



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**FARKLI YAŞ GRUPLARINDA STANDART VE GENİŞ BANT
TİMPANOMETRİ BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hatice KAVRUK

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Mayıs 2022**

FARKLI YAŞ GRUPLARINDA STANDART VE GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ
BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hatice KAVRUK

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Odyoloji Anabilim Dalı
Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK

Konya
Mayıs 2022

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans/Doktora tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

13 Mayıs 2022

Hatice KAVRUK

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

13 Mayıs 2022

Hatice KAVRUK

TEŞEKKÜR

Çalıőmamda bana yol gösteren, destek ve katkılarını esirgemeyen, eğitimim boyunca benimle değerli bilgi ve deneyimlerini paylaőan danıőman hocam Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK'e,

Eğitimim boyunca her konuda yardımcı ve destekleyici olan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi İclal ŞAN'a,

Jüri üyesi olarak katkıları için Doç. Dr. M. Didem TÜRKYILMAZ'a,

Yüksek lisans sürecimdeki destekleri için sevgili arkadaşım ve meslektaşım Arő. Gör. Aőşenur AYKUL'a,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi tez aşamasında da yardım ve desteklerini esirgemeyen, kızları olmaktan her zaman büyük mutluluk ve gurur duyduğum annem Emine Selma ve babam Osman Nail KAVRUK'a,

Tüm zorluklarda yanımda olan biricik kardeşim Reyyan KAVRUK'a,

Çalıőmama katılmayı kabul eden ve değerli vakitlerini ayıran tüm katılımcılara sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

13 Mayıs 2022

Hatice KAVRUK

ÖZET

Hatice KAVRUK

Farklı Yaş Gruplarında Standart ve Geniş Bant Timpanometri Bulgularının

Değerlendirilmesi

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2022

Timpanometri, kulak kanalındaki değişen hava basıncına bağlı olarak kulağın akustik admittansını ölçen objektif bir test yöntemidir. Standart timpanometri ölçümü sıklıkla 226 Hz prob ton kullanılarak yapılır. Geniş bant timpanometri ise geniş bir frekans aralığını değerlendirmek için klik uyaran kullanarak çoklu basınç noktalarında absorbans ölçümü yapabilen bir yöntemdir. Yaşlanmayla orta kulakta bazı anatomik ve fizyolojik değişiklikler meydana geldiği düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı orta kulaktaki yaş etkisinin genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerden oluşan üç farklı yaş grubunda standart ve geniş bant timpanometri ölçüm sonuçlarına etkisini incelemektir. Çalışmaya 20-39 yaş arası 32 genç yetişkin, 41-60 yaş arası 31 orta-yaşlı yetişkin ve 65-82 yaş arası 32 yaşlı yetişkin olmak üzere toplam 95 birey dahil edilmiştir. Normal orta kulak fonksiyonuna sahip tüm katılımcıların sırasıyla standart 226 Hz timpanometri ve 226-8000 Hz aralığında geniş bant timpanometri ölçümleri yapılmıştır. Standart timpanometri ölçümünde timpanometrik tepe basıncı dışındaki parametrelerde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Geniş bant timpanometri ölçümünde rezonans frekansı değerinde, belirli alçak ve yüksek frekanslarda tepe basıncında absorbans değerlerinde ve belirli yüksek frekanslarda ortam basıncında absorbans değerlerinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Grupların ikili karşılaştırmalarına göre tüm değerlerde anlamlı farklılığın yalnızca genç ve yaşlı yetişkinler arasında olduğu görülmüştür. Bu çalışmada geniş bant timpanometri ölçümünün orta kulaktaki yaşa bağlı değişimlerden etkilendiği ortaya konulmuştur. Bu nedenle, farklı yaş gruplarında geniş bant timpanometri sonuçlarını değerlendiren daha fazla çalışma yapılması ve yetişkinlerde yaşa özgü normatif değerlerin oluşturulması faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler

Timpanometri, geniş bant timpanometri, absorbans, orta kulak, yaş etkisi

ABSTRACT

Hatice KAVRUK

Evaluation of Standard and Wideband Tympanometry Findings in Different

Age Groups

Master's Thesis

Konya, 2022

Tympanometry is an objective test that measures the acoustic admittance of the ear depending on the changing air pressure in the ear canal. A 226 Hz probe tone is usually used in standard tympanometry. Wideband tympanometry (WBT) is a test that measures absorbance at multiple pressure points using a click stimulus to evaluate a wide range of frequencies. Some anatomical and physiological changes may occur in the middle ear with aging. The aim of this study is to examine the effect of age-related changes in the middle ear on standard and wideband tympanometry in young, middle-aged and older adults. Thirty-two young adults (aged 20-39 years), 31 middle-aged adults (aged 41–60 years), and 32 older adults (65-82 years) were included in the study. Standard 226 Hz tympanometry and WBT measurements in the range of 226-8000 Hz were performed for participants with normal middle ear function, respectively. In the standard tympanometry, there was no significant difference between the groups in other parameters except for the tympanometric peak pressure ($p>0.05$). In the WBT, significant differences were found between the groups in the resonance frequency value, the absorbance values at peak pressure at certain low and high frequencies, and the absorbance values at ambient pressure at certain high frequencies ($p<0.05$). Significant difference in all values is only between young and older adults. In this study, it was revealed that WBT is affected by age-related changes in the middle ear. It would be useful to conduct more studies evaluating WBT results in different age groups and to establish age-specific WBT norms for adults.

Keywords

Tympanometry, wideband tympanometry, absorbance, middle ear, age effect

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Dış Kulak Anatomi ve Fizyolojisi	4
2.2. Orta Kulak Anatomisi	5
2.2.1. Orta Kulağın Duvarları	6
2.2.2. Timpanik Membran	8
2.2.3. Kemikçikler	9
2.2.4. Orta Kulak Kasları	10
2.3. Orta Kulak Fizyolojisi	10
2.4. Akustik İmmitans	12
2.4.1. Akustik İmpedans	12
2.4.2. Akustik Admittans	15
2.5. Timpanometri	16
2.6. Geniş Bant Timpanometri	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. Bireyler	26
3.2. Yöntem	27
3.3. İstatiksel Analiz	30
4. BULGULAR	31
4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri	31

4.2. Standart 226 Hz Timpanometri Bulguları	31
4.3. Geniş Bant Timpanometri Bulguları	34
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	70
EK 1. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	71
ETİK KURUL İZİNİ.....	74

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Katılımcıların yaş ve cinsiyet dağılımı.....	31
Tablo 2. Yaş gruplarına göre timpanometrik parametrelerin değerlendirmesi.....	32
Tablo 3. Genç grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirmesi.....	33
Tablo 4. Orta-yaşlı grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirmesi	33
Tablo 5. Yaşlı grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirmesi.....	34
Tablo 6. Yaş gruplarına göre rezonans frekansı değerleri ve karşılaştırma sonuçları	34
Tablo 7. Yaş gruplarına göre 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	35
Tablo 8. Yaş gruplarına göre 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	37
Tablo 9. Genç grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	40
Tablo 10. Orta-yaşlı grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	40
Tablo 11. Yaşlı grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	40
Tablo 12. Genç grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	42
Tablo 13. Orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları.....	43
Tablo 14. Yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	44
Tablo 15. Genç grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	46
Tablo 16. Orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları.....	47
Tablo 17. Yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Orta kulak boşluğunun sınırlarını ve içindeki yapıları gösteren şematik diyagram.....	5
Şekil 2. Orta kulak boşluğunun bir oda olarak kavramsallaştırılmış gösterimi	7
Şekil 3. Kulağın otoskopik muayenesi sırasında dış kulak kanalından bakıldığında timpanik membranın görünümü (A) ve timpanik membranın bir diyagramı (B)	8
Şekil 4. Orta kulakta bulunan kemikçik zincir.....	10
Şekil 5. Timpanik membran üzerine uygulanan kuvvetin oval pencerenin daha küçük alanına yoğunlaştırılmasının gösterimi	11
Şekil 6. Dönme eksenini ve kemikçik zincirinin daha uzun (malleus) ve daha kısa (incus) bacaklarının göreceli uzunlukları	12
Şekil 7. İmpedansın bileşenlerini (1) blok ile temsil edilen kütle reaktansı (X_m), (2) yay ile temsil edilen sertlik reaktansı (X_s) ve (3) bloğun altındaki pürüzlü yüzey ile temsil edilen rezistans (R) oluşturmaktadır	13
Şekil 8. Sinüzoidal olarak uygulanan bir kuvvet ile kütle, sertlik ve rezistans arasındaki ilişki gösterilmiştir. Rezistans, uygulanan kuvvetle (F) eş fazlıdır. Kütle ve sertlik, kuvvetle 90° faz dışı ve birbiriyle 180° faz dışıdır	14
Şekil 9. İmpedans, rezistansın karekökü artı toplam reaktansın (kütle reaktansı eksi sertlik reaktansı) karesine eşittir.....	15
Şekil 10. Kütle ve sertlik suseptansların vektörel gösterimi (B_m kütle suseptansı; B_s sertlik suseptansı; B_a toplam suseptansı simgeler).....	16
Şekil 11. Değişen hava basıncının dış kulak kanalı ve timpanik membran üzerindeki etkileri	17
Şekil 12. Normal orta kulak fonksiyonunu temsil eden Tip A timpanogram	18
Şekil 13. Dört anormal timpanogram tipi	19
Şekil 14. Timpanometrik gradyanın hesaplanması	21
Şekil 15. Timpanometrik genişliğin hesaplanması	21
Şekil 16. Üç boyutlu timpanogram	23
Şekil 17. Geniş bant timpanometri ölçüm çıktıları	24
Şekil 18. Absorbans grafiği.....	25
Şekil 19. Orvision video otoskop cihazı	28
Şekil 20. Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre cihazı.....	29
Şekil 21. Genç grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbans grafiği	38
Şekil 22. Orta-yaşlı grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbans grafiği	38

Şekil 23. Yaşlı grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbands grafiği
..... 39

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
°	Derece
±	Artı eksi
>	Büyük
<	Küçük
≤	Küçük eşit

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
IAC	Industrial Acoustics Company
B _a	Akustik Suseptans
B _s	Sertlik Suseptans
B _m	Kütle Suseptans
cm ³	Santimetreküp
daPa	DekaPaskal
dB	Desibel
EA	Enerji Absorbans
ER	Enerji Reflektans
GBA	Geniş Bant Absorbans
GBT	Geniş Bant Timpanometri
G _a	Akustik Kondüktans
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
mm	Milimetre
mmho	Millimho
R _a	Akustik Rezistans
RF	Rezonans Frekansı
sn	Saniye
SPL	Ses Basınç Seviyesi
TPP	Timpanometrik Tepe Basıncı
teSPL	Tepe Eşdeğer Ses Basınç Seviyesi
TW	Timpanometrik Genişlik
V _{ea}	Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi
X _a	Akustik Reaktans
X _m	Kütle Reaktansı
X _s	Sertlik Reaktansı
Y _a	Akustik Admittans
Y _{tm}	Statik Akustik Admittans
Z _a	Akustik İmpedans

1. GİRİŞ

Timpanometri, kulak kanalındaki değişen hava basıncına bağlı olarak kulağın akustik admittansını ölçen ve orta kulak fonksiyonunu değerlendiren objektif bir test yöntemidir (Gelfand, 2016; Hunter ve Sanford, 2015). Timpanometri ölçümünün grafiksel görüntülerine timpanogram adı verilir. Çeşitli orta kulak patolojileri timpanogram şeklinde değişikliklere neden olur (Hunter ve Sanford, 2015). Bunun yanı sıra timpanogramların analizinde eşdeğer kulak kanalı hacmi, timpanometrik tepe basıncı, kompanze edilmiş statik akustik admittans ve timpanometrik genişlik parametreleri kullanılır (Shanks ve Shohet, 2009). Timpanometri çeşitli orta kulak patolojilerinin belirlenmesinde hızlı ve güvenilir bir test yöntemi olmasına rağmen, sıklıkla 226 Hz gibi alçak frekans bir prob ton kullanılarak yapılan ölçümlerin özellikle orta kulak kemikçiklerini etkileyen patolojileri ayırt etmede yetersiz olduğu bildirilmiştir (Browning, Swan ve Gatehouse, 1985; Shahnaz ve Polka, 1997; Shahnaz, Bork, Polka, Longridge, Bell ve Westerberg, 2009).

Nispeten yakın zamanda, dış ve orta kulağın mekanik özelliklerini geniş bir frekans aralığında değerlendirmek için geniş bant akustik immitansmetri ölçümleri geliştirilmiştir (Keefe, Bulen, Arehart ve Burns, 1993; Voss ve Allen, 1994; Keefe ve Levi, 1996). Standart timpanometriyle karşılaştırıldığında, geniş bant akustik immitansmetri ölçümlerinin orta kulak patolojilerine karşı daha hassas olduğu bildirilmiştir (Feeney, Grant ve Marryott, 2003; Shahnaz vd., 2009; Voss, Merchant ve Horton, 2012; Merchant, Al-Salim, Tempero, Fitzpatrick ve Neely, 2021). Geniş bant akustik immitansmetri ölçümlerinde enerji reflektans (ER) ve enerji absorbans (EA) olmak üzere iki ölçüm yöntemi bulunmaktadır. ER, orta kulaktan geri yansıyan enerjinin kulak kanalına verilen enerjiye oranı olarak tanımlanır. EA, ER'nin tersi bir ifadedir ve orta kulak ile kulak kanalı tarafından absorbe edilen enerjinin kulak kanalına verilen enerjiye oranını gösterir (Liu, Sanford, Ellison, Fitzpatrick, Gorga ve Keefe, 2008; Rosowski, Stenfelt ve Lilly, 2013).

Geniş bant timpanometri (GBT), 226-8000 Hz gibi geniş bir frekans aralığını değerlendirmek için klik uyaran kullanarak çoklu basınç noktalarında absorbans ölçümü yapabilen bir ölçüm yöntemidir (Shahnaz, 2021). Titan GBT sisteminde tek bir ölçümle üç boyutlu timpanogram, 226 Hz timpanogram, 1000 Hz timpanogram, orta kulak

rezonans frekansı, rezonans frekansında elde edilen timpanogram, ortam basıncında ya da tepe basıncında absorban grafikleri ve averajlanmış geniş bant timpanogramlar elde edilebilmektedir (Interacoustic, 2017).

Literatürde yaşlanmanın orta kulağa etkisini değerlendiren anatomik ve histolojik çalışmalar yaşlanmayla orta kulakta sertlik etkisinin arttığını bildirmesine rağmen (Ruah, Schachern, Zelterman, Paparella ve Yoon, 1991; Gaihede ve Koefoed-Nielsen, 2000), bu etkinin sesin mekanik iletimine ve timpanometrik ölçüm sonuçlarına etkisi kesin olarak bilinmemektedir. Orta kulakta yaş etkisi sıklıkla standart timpanometri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar tutarsız sonuçlar göstermekle birlikte, yaşa bağlı değişimlerin timpanometri sonuçlarını etkileyebileceği ortaya konulmuştur (Jerger, Jerger ve Mauldin, 1972; Beattie ve Leamy, 1975; Blood ve Greenberg, 1977; Wiley, Cruickshanks, Nondahl, Tweed, Klein ve Klein, 1996; Nondahl, Cruickshanks, Wiley, Tweed ve Dalton, 2013).

Geniş bant akustik immitansmetri ölçümleri, geniş bir frekans aralığını değerlendirmesi nedeniyle, standart timpanometriyle karşılaştırıldığında orta kulağın daha detaylı bir analizini sağlar. Bu nedenle geniş bant akustik immitansmetri ölçümlerinin orta kulaktaki yaşa bağlı değişimler hakkında daha fazla bilgi sağlayacağı düşünülmektedir. Yapılan sınırlı sayıda çalışmanın sonucunda, orta kulaktaki yaşa bağlı değişimlerin geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarını etkileyebileceği ortaya konulmuştur (Feeney ve Sanford, 2004; Mazlan, Kei, Ya, Yusof, Saim ve Zhao, 2015). Yaşın yanı sıra cinsiyet ve etnisitenin de geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarını etkileyebileceği bildirilmiştir (Margolis, Saly ve Keefe, 1999; Shahnaz ve Bork, 2006).

Literatür incelendiğinde, geniş bant akustik immitansmetri çalışmalarının sıklıkla ortam basıncında değerlendirildiği görülmektedir. Bununla birlikte, GBT ölçümünün ortam basıncında yapılan geniş bant akustik immitansmetri ölçümlerine göre orta kulak patolojilerine ve orta kulak gelişiminin etkilerine daha duyarlı olabileceği bildirilmiştir (Keefe ve Simmons, 2003; Sanford ve Feeney, 2008). Bu nedenle çalışmamızda farklı yaş gruplarında elde edilen GBT sonuçlarının incelenmesinin, orta kulaktaki yaşa bağlı değişimlerin daha duyarlı bir ölçümünü sağlayacağı düşünülmektedir.

Yaşlanmayla orta kulakta meydana gelen değişimlerin geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarına etkisi genellikle genç ve yaşlı yetişkinlerde incelenmiştir (Feeney ve

Sanford, 2004; Williams, 2016; Tekin Dal, 2019). Orta-yaşlı yetişkinlerde geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarını değerlendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Mazlan vd., 2015). Çalışmamızda orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimlerin genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerden oluşan üç farklı yaş grubunda standart timpanometri ve GBT ölçüm sonuçlarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde cinsiyetin standart timpanometri ve GBT ölçüm sonuçlarına etkisi de değerlendirilecektir. Çalışmanın amaçları doğrultusunda aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

1-H₀: Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimler farklı yaş gruplarında standart timpanometri ölçüm sonuçlarını etkilememektedir.

1-H₁: Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimler farklı yaş gruplarında standart timpanometri ölçüm sonuçlarını etkilemektedir.

2-H₀: Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimler farklı yaş gruplarında GBT ölçüm sonuçlarını etkilememektedir.

2-H₁: Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimler farklı yaş gruplarında GBT ölçüm sonuçlarını etkilemektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dış Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

Dış kulak, kulak kepçesi (auricula, pinna) ve dış kulak kanalından (external işitsel kanal) oluşmaktadır. Dış kulak, dışarıdan gelen sesin toplanmasını ve timpanik membrana iletilmesini sağlar. Ayrıca dış kulak, daha önemli ve hassas olan orta ve iç kulak yapılarının zarar verici olaylardan ve yabancı cisimlerden korunmasında önemlidir (Kramer ve Brown, 2019).

Yağlı dokudan oluşan kulak memesi hariç, kulak kepçesinin tamamı fibroelastik kıkırdaktan oluşmaktadır. Kulak kepçesi, doğrudan başın arkasından gelen yüksek frekanslı ses dalgalarını kısmen engelleyerek, sesin ön-arka düzlemdeki lokalizasyonunda rol oynar (Kramer ve Brown, 2019).

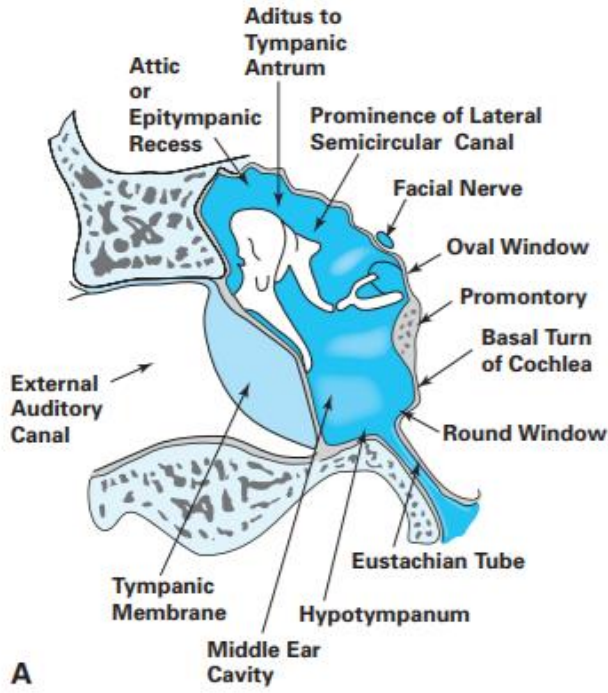
Dış kulak kanalı, timpanik membrana kadar uzanan, yetişkinlerde yaklaşık 6 ile 8 mm çapında ve 25 ile 35 mm uzunluğunda olan, kısmen "S" şeklinde hafif eğri bir yoldur. Dış kulak kanalının dış 1/3'lük kısmı kulak kepçesinin devamı şeklinde kıkırdaktan ve iç 2/3'lük kısmı kemikten oluşmuştur. Kulak kanalının kıkırdak kısmında küçük tüyler ve cerumen salgılayan bezler bulunur. Dış kulak kanalı ve timpanik membranın dış kısmı deri ile kaplıdır (Bess ve Humes, 2009; Hamill ve Price, 2017).

Kulak kepçesi ve dış kulak kanalı, şekil ve boyutuna bağlı olarak bazı orta ve yüksek frekanslı seslerin şiddetini artırır (Hamill ve Price, 2017). Yapısal özelliklere bağlı olarak şiddeti artırılan bu frekanslara rezonans frekansı adı verilir. Dış kulakta bulunan konka ve dış kulak kanalı gibi çeşitli hava dolu boşluklar rezonans frekansına sahiptir. Yetişkinlerde konkanın rezonans frekansı yaklaşık 5000 Hz iken, dış kulak kanalının rezonans frekansı yaklaşık olarak 2500 Hz'dir (Bess ve Humes, 2009). Bununla birlikte dış kulak kanalının uzunluğu bireyler arasında farklılık gösterdiğinden, maksimum amplifikasyona uğrayan frekans da bireyler arasında değişkenlik gösterir. Genel olarak tüm dış kulak yapıları 1500-7000 Hz frekans aralığında 15-20 dB'lik kazanç sağlar ve bu kazanç impedans uyumsuzluğu nedeniyle oluşacak enerji kaybının azaltılmasına katkıda bulunur (Bess ve Humes, 2009; Hall, 2014; Kramer ve Brown, 2019).

2.2. Orta Kulak Anatomisi

Orta kulak, temporal kemik içinde yer alan, lateralde timpanik membran ve medialde koklea tarafından sınırlandırılan hava dolu bir boşluktur. Orta kulak boşluğu timpanik kavite ya da tympanum olarak da adlandırılır. Orta kulak boşluğu düzensiz şekillidir ve yüzeyi mukoza ile kaplıdır. Ana timpanik kavitenin üzeri olan orta kulak boşluğunun arka üst kısmı epitympanic girinti olarak adlandırılır (Şekil 1) (Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2017).

Orta kulak boşluğunda, sesi timpanik membrandan iç kulağa ileten üç küçük kemikçik olan malleus, incus ve stapes yer alır. Kemikçikler orta kulak boşluğunda çok sayıda bağ ile asılı kalırlar. Orta kulakta ayrıca stapedius kası ve tensor tympani kası bulunur. Ek olarak, fasial sinirin bir dalı orta kulak boşluğundan geçer (Mansour, Magnan, Haidar, Nicolas ve Louryan, 2013; Hamill ve Price, 2017).



Şekil 1. Orta kulak boşluğunun sınırlarını ve içindeki yapıları gösteren şematik diyagram

Kaynak: Hall (2014, ss. 57)

2.2.1. Orta Kulağın Duvarları

2.2.1.1. Lateral Duvar (Pariet Membranaceus)

Orta kulağın lateral duvarı, timpanik membran, timpanik membranın yerleştiği timpanik anulus ve epitympanic girintinin dış duvarından oluşur (Mansour vd., 2013).

2.2.1.2. Medial Duvar (Pariet Labyrinthicus)

Orta kulağı iç kulaktan ayıran kemikli sınırdır. Bu duvarda kokleanın bazal kısmının meydana getirdiği promontorium adı verilen belirgin bir çıkıntı bulunur. Bu yapının arka üst tarafında fenestra vestibuli adı verilen oval pencere ve arka alt tarafında fenestra cochlea adı verilen yuvarlak pencere yer alır. Kemikli duvarda yer alan bu pencereler zar ile örtülüdür. Stapes tabanı oval pencereye halka şeklindeki ligament ile bağlıdır. Ayrıca medial duvarda fasial siniri barındıran bir kanal ve lateral semisirküler kanalın yaptığı bir çıkıntı da bulunur (Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2017).

2.2.1.3. Superior Duvar (Pariet Tegmantalis)

Orta kulağın superior duvarı, timpanik kaviteyi beyin boşluğundan ayıran ince kemikli bir plaka olan tegmen timpaniden oluşur (Gelfand, 2016).

2.2.1.4. İnfirior Duvar (Pariet Jugularis)

Orta kulağın inferior duvarı, timpanik kaviteyi juguler bulb'dan ayıran ince bir duvardır (Gelfand, 2016).

2.2.1.5. Anterior Duvar (Pariet Caroticus)

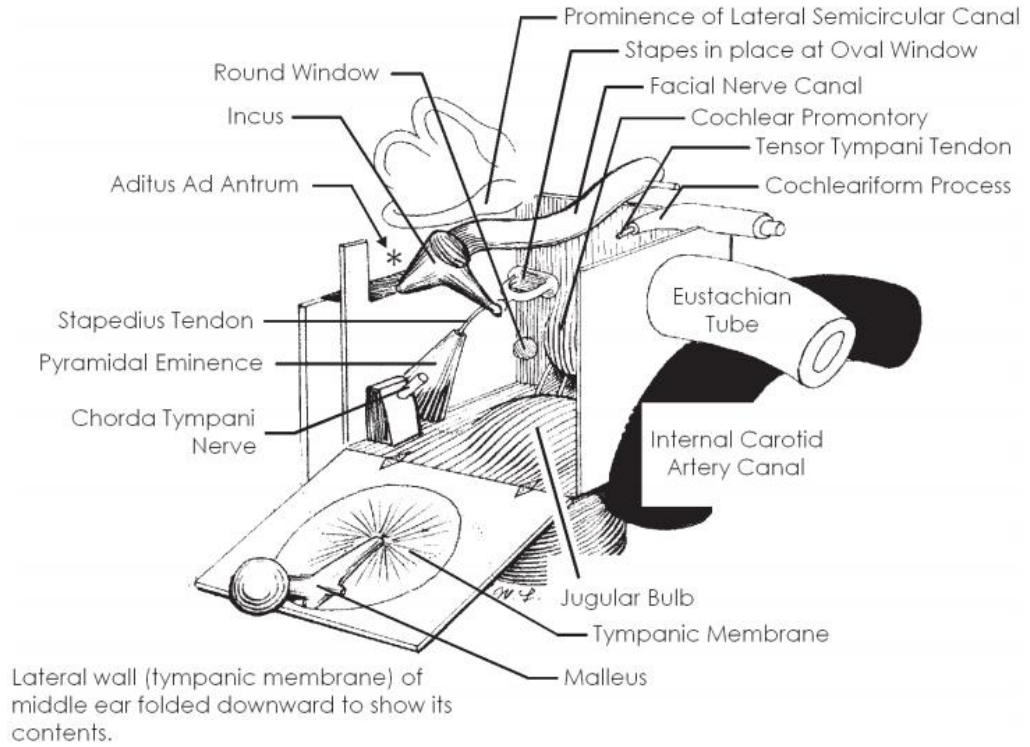
Östaki tüpü orta kulağın anterior duvarında bulunur. Östaki tüpü orta kulağı nasopharynx'e bağlar. Normalde kapalı olan östaki tüpü yutkunma ya da esneme gibi durumlarda açılır. Östaki tüpü vasıtasıyla orta kulak boşluğundaki hava atmosferik basınçta tutulur ve kulak zarının her iki tarafındaki basıncın eşit olması sağlanır. Östaki tüpü ayrıca sıvıların orta kulak boşluğundan nazofarinkse drenajına olanak tanır (Bess ve Humes, 2009)

İnternal carotis arter, anterior duvarın diğer tarafında, östaki tüpünün hemen altında yer alır. Östaki tüpünün hemen üzerinde, tensor timpani kasını içeren semicanal tensör

timpani bulunur. Östaki tüpü ile semicanal tensör timpani kemikli bir bölme ile ayrılırlar (Gelfand, 2016).

2.2.1.6. Posterior Duvar (Pariet Mastoideus)

Posterior duvar timpanik kaviteyi mastoidden ayırır. Bu duvarın üstünde, orta kulak boşluğunun epitympanic girintisi ile mastoid hava hücrelerinin antrumu arasındaki bağlantıyı sağlayan aditus ad antrum adı verilen bir açıklık bulunur. Ayrıca, stapedius kasının bulunduğu piramit-şekilli bir yapı olan pyramidal eminence de bu duvarda yer alır. Stapedial tendon pyramidal eminence'den çıkar ve stapese doğru ilerler. Posterior duvardaki bir girinti olan ve incusun kısa kolunun yer aldığı fossa incudis bu duvardaki bir başka oluşumdur. Posterior duvarda bulunan bir diğer yapı, fasial sinirin chorda timpani dalının geçtiği küçük bir açıklıktır (Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2017). Orta kulağın duvarları ve bu duvarlarda yer alan oluşumlar Şekil 2'de gösterilmiştir.



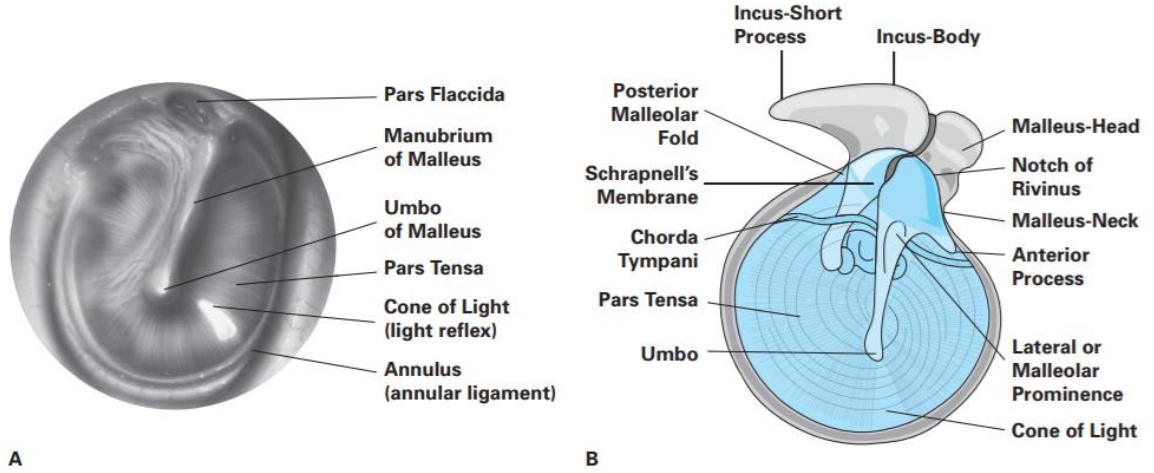
Şekil 2. Orta kulak boşluğunun bir oda olarak kavramsallaştırılmış gösterimi

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 36)

2.2.2. Timpanik Membran

Timpanik membran, orta kulak boşluğunu dış kulak kanalından ayıran, hafif koni-şekilli bir yapıdır. Normal timpanik membran parlak, yarı saydam ve inci grisi renklidir. Şekil 3A'da timpanik membranın otoskopik muayene sırasındaki görünümünü verilmiştir. Orta kulak yapılarından bazıları timpanik membrandan görülebilir. Bu yapılardan biri timpanik membranın merkezinden yukarı doğru uzanan malleusun manubriumudur. Timpanik membranın ortasındaki manubriumun alt bağlantı noktasına umbo adı verilir. Ek olarak, malleusun lateral çıkıntısı, timpanik membranın üst kısmından rahatlıkla görülebilir. Otoskopik muayenede, otoskop ışığının timpanik membrandan yansıması ile ışık konisi oluşur (Hall, 2014; Kramer ve Brown, 2019).

Timpanik membran kanala 55°'lik bir açıyla yerleşmiştir ve anulus adı verilen fibrokartilaj bağ dokusundan oluşan bir halka tarafından, kanal duvarındaki bir oluk olan sulcusa sıkıca bağlanmıştır. Timpanik membranın üstünde Rivinus çentiği adı verilen sulcusun bulunmadığı bir kısım vardır (Gelfand, 2016).



Şekil 3. Kulağın otoskopik muayenesi sırasında dış kulak kanalından bakıldığında timpanik membranın görünümü (A) ve timpanik membranın bir diyagramı (B)

Kaynak: Hall (2014, ss. 60)

Timpanik membran yapısal olarak üç katmandan meydana gelir. Lateral duvarı dış kulak kanalının devamı şeklinde skuamöz epitel tabakadan ve medial duvarı orta kulağın devamı şeklinde mukoz tabakadan oluşur. Skuamöz epitel ve mukoz tabakanın arasında radial ve sirküler olmak üzere iki ayrı liften oluşan fibröz tabaka bulunur.

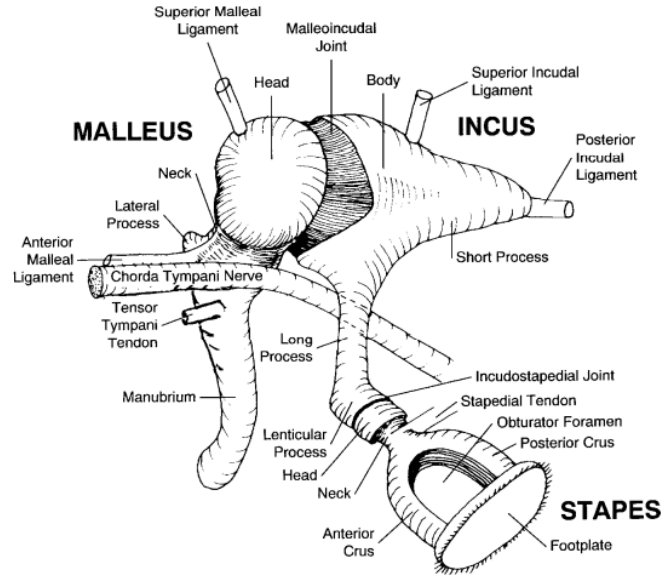
Timpanik membranın büyük bir kısmı üç katmanın tümünü içeren, pars tensa olarak adlandırılan gergin ve elastik tabakadan oluşur. Pars tensaya elastikiyet özelliğini veren fibröz tabakadır. Timpanik membranın ön kısmında, malleusun lateral processinin hemen üzerinde ise pars flaccida adı verilen gevşek ve küçük bir alan bulunur. Pars flaccida fibröz tabaka içermez. Buna bağlı olarak sesin iletiminden membranın elastik kısmı olan pars tensa sorumludur (Menner, 2003; Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2017).

2.2.3. Kemikçikler

Orta kulakta malleus, incus ve stapes olmak üzere üç küçük kemikçik bulunur. Bu kemikçikler birbirine eklemler ile bağlanarak kemikçik zinciri oluştururlar (Şekil 4). Kemikçik zincir, orta kulak boşluğunda bağlar ve tendonlar sayesinde ve timpanik membran ile oval pencereye bağlanarak asılı kalırlar. Kemikçikler, timpanik membranın iç kulak ile bağlantısını sağlar ve timpanik membranda meydana gelen ses kaynaklı titreşimlerin oval pencereye iletiminden sorumludur (Mansour vd., 2013; Gelfand, 2016).

Malleus, orta kulak kemikçiklerinin en büyüğüdür. Malleusun manubriumu (sapı), timpanik membranın fibröz ve mukoz tabakaları arasına sıkıca yerleşmiştir ve kemikçik zincirin lateral bağlantısını oluşturur. Malleusun boynu, manubriumu ile başı arasındaki dar yapıdır. Malleusun lateral ve anterior olmak üzere iki çıkıntısı bulunur. Malleusun başı, incudomalleolar eklemlerle incusun gövdesine bağlanır (Gelfand, 2016).

İncus, yamuk şeklinde bir gövdeden; kısa, uzun ve lenticular olmak üzere üç çıkıntıdan oluşur. İncusun lentiküler çıkıntısı ile stapesin başı incudostapedial eklemlerle birbirine bağlanmıştır. Stapes, insan vücudundaki en küçük kemiktir. Stapesin başı, anterior ve posterior crura adı verilen iki dikme-benzeri yapı ile stapesin tabanına bağlanır. Stapesin tabanı oval pencereye oturur (Mansour vd., 2013; Gelfand, 2016).



Şekil 4. Orta kulakta bulunan kemikçik zincir

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 37)

2.2.4. Orta Kulak Kasları

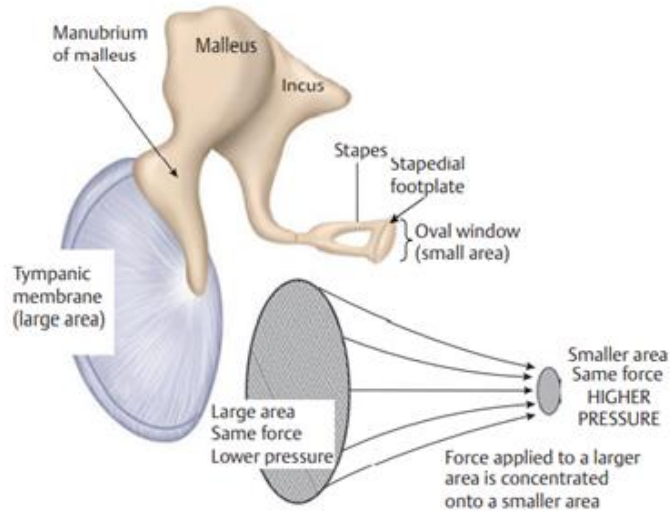
Orta kulakta tensör timpani ve stapedius olmak üzere iki kas bulunur. Tensör timpani kası, anterior duvardaki semicanal tensör timpaniden çıkar ve malleusun manubriumuna bağlanır. Tensör timpani kası, trigeminal (V. kranial) sinir tarafından innerve edilir. Stapedial tendon, posterior duvardaki pyramidal eminence'den çıkar ve stapesin boynuna bağlanır. Stapes kası, fasial (VII. kranial) sinir tarafından innerve edilir. Bu kaslar kasıldığında, kemikçik zinciri zıt yönlere çekerler; tensör timpani malleusu timpanik zardan çeker ve stapedius stapesi iç kulaktan çeker (Hall, 2014; Hamill ve Price, 2017).

2.3. Orta Kulak Fizyolojisi

Kulağa hava titreşimleri şeklinde ulaşan ses sinyali, sıvı dolu bir sistem olan kokleaya iletilmelidir. Ancak koklear sıvıların impedansı havanın impedansından çok daha büyüktür. Buna bağlı olarak, havadaki ses enerjisinin doğrudan koklear sıvılara çarpması durumunda bir impedans uyumsuzluğu ortaya çıkar ve ses enerjisinin çok küçük bir kısmı kokleaya iletilirken, çoğu geri yansır. Orta kulak sistemi, impedans

uyuşmazlığından kaynaklanabilecek bu enerji kaybını ortadan kaldırır ve ses enerjisinin kokleaya daha verimli bir şekilde iletilmesini sağlar (Gelfand, 2016).

Oval pencereye ulaşan ses enerjisini artıran üç mekanizma bulunur: (1) timpanik membran ile oval pencerenin alan oranı, (2) timpanik membranın şekil etkisi ve (3) kemikçik zincirin kaldıraç etkisi. Orta kulaktaki en büyük amplifikasyon, timpanik membran ile oval pencere arasındaki alan farkının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Timpanik membranın etkili alanı yaklaşık 55 mm² iken, oval pencerenin alanı yaklaşık 3.2 mm²'dir. Timpanik membranın daha geniş alanı üzerine uygulanan kuvvet, kemikçik zincir tarafından daha küçük olan oval pencereye aktarıldığı için oval pencerede basınç artışı meydana gelir (Şekil 5). Bu 17:1'lik alan oranı, yaklaşık 25 dB'lik bir kazanç sağlar (Gelfand, 2016; Kramer ve Brown, 2019).

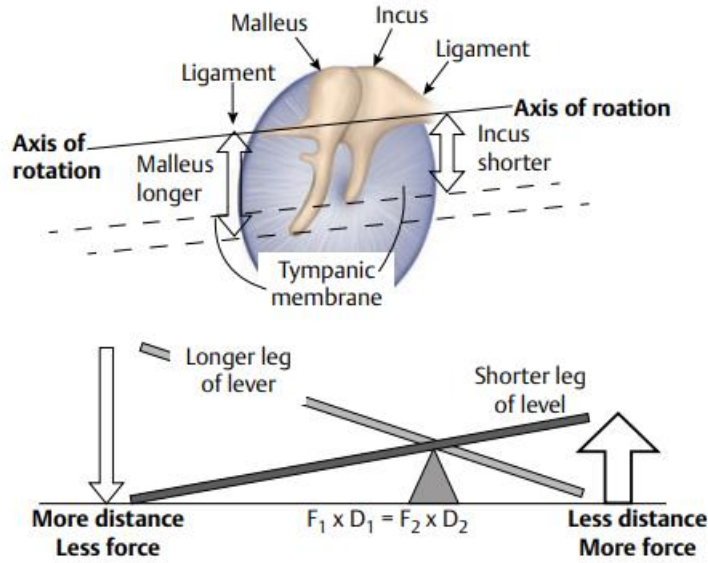


Şekil 5. Timpanik membran üzerine uygulanan kuvvetin oval pencerenin daha küçük alanına yoğunlaştırılmasının gösterimi

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 44)

Orta kulağın ikinci mekanizması, mallueusun daha kuvvetli hareket etmesine neden olan timpanik membranın koni-şeklinden kaynaklanır. Buna bağlı olarak, oval pencerede yaklaşık 6 dB'lik bir basınç artışı meydana gelir (Kramer ve Brown, 2019).

Orta kulağın üçüncü ve en küçük amplifikasyon mekanizması kemikçik zincirin kaldıraç etkisidir. Kemikçik zincirin kaldıraç avantajı, malleusun manubrium parçasının, incusun uzun çıkıntısına göre yaklaşık 1.3 kat daha uzun olması nedeniyle ortaya çıkar. Bu iki yapı bir dayanak noktası etrafında hareket eden basit bir kaldıraç olarak ele alınırsa, malleusa uygulanan kuvvetin incusta daha büyük bir kuvvete neden olacağı görülür (Şekil 6). Buna bağlı olarak, yaklaşık 2.3 dB'lik bir kazanç sağlanacaktır (Hamill ve Price, 2017).



Şekil 6. Dönme eksenini ve kemikçik zincirin daha uzun (malleus) ve daha kısa (incus) bacaklarının göreceli uzunlukları

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 45)

2.4. Akustik İmmitans

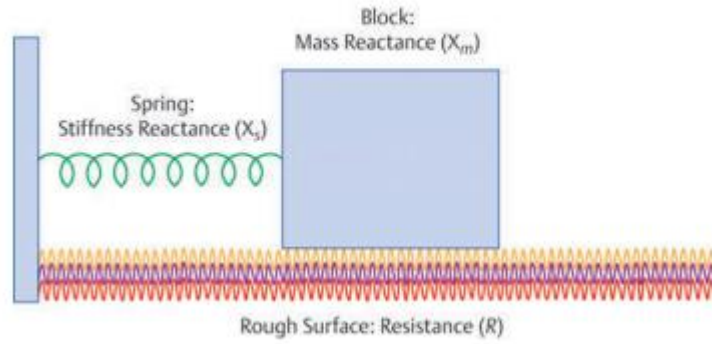
Akustik immitans; akustik impedans, akustik admittans ve bunların tüm bileşenlerini ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir (Hunter ve Shahnaz, 2014).

2.4.1. Akustik İmpedans

Akustik impedans (Z_a), sistemin ses enerjisinin akışına toplam karşıtlığını gösterir ve birimi ohm'dur. Orta kulakta bulunan zarlar, sıvılar, kemikler, kaslar ve bağların tümü orta kulağın impedansına katkıda bulunur. İmpedans rezistans ve reaktanstan oluşur. İmpedansın bileşenlerinin temsili gösterimi Şekil 7'de verilmiştir. Moleküllerin

birbirine veya temas ettikleri yüzeylere sürtünmesi ile üretilen akustik rezistans (R_a), moleküllerin hızına karşı gösterilen bir direnç çeşididir. Sürtünme ile sisteme giren enerjinin bir kısmını ısıya dönüştürerek dağıtır. Orta kulağın ana rezistans bileşeni, iç kulak sıvısının stapedial tabanın hareketine karşı direncidir. Orta kulağın hareketli kısımlarının neden olduğu sürtünme de, daha az oranda olmakla birlikte, akustik rezistansa katkıda bulunur (Yost, 2000; Hamill ve Price, 2017).

Ortamın kütlesi (yoğunluğu) ve sertliği (esnekliği) tarafından üretilen direnç türüne ise akustik reaktans (X_a) denir. Enerji akışının kütle kaynaklı karşıtlığı kütle reaktansı (X_m) olarak adlandırılır ve eylemsizlikle ilgilidir. Bir sistemin sertliğinden kaynaklanan karşıtlık, sertlik reaktans (X_s) olarak adlandırılır ve bağların ve kasların yay benzeri özelliği ile ilgilidir (Yost, 2000; Gelfand, 2016).

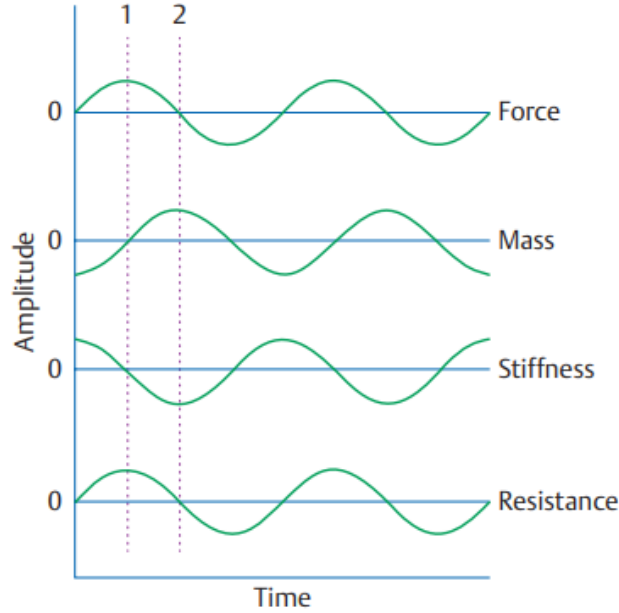


Şekil 7. İmpedansın bileşenlerini (1) blok ile temsil edilen kütle reaktansı (X_m), (2) yay ile temsil edilen sertlik reaktansı (X_s) ve (3) bloğun altındaki pürüzlü yüzey ile temsil edilen rezistans (R) oluşturmaktadır

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 20)

Akustik rezistans tüm frekansları eşit olarak etkiler. 100 Hz'lik bir ses, 1000 Hz'lik ya da 10.000 Hz'lik bir sesle aynı sürtünmeyle karşılaşır. Bununla birlikte, akustik reaktans bileşenleri, sesin frekansına bağlı olarak değişir. Kütle reaktansı (X_m), yüksek frekansları alçak frekanslardan daha fazla etkiler, bu nedenle kütle reaktansına bağlı impedans uyaran frekansıyla artar. Sertlik reaktansı (X_s) ise alçak frekansları etkiler. Diğer bir deyişle, kütle reaktansı frekansla orantılıdır ($X_m = 2\pi fm$); sertlik reaktansı frekansla ters orantılıdır ($X_s = s/2\pi f$) (Yost, 2000; Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2017).

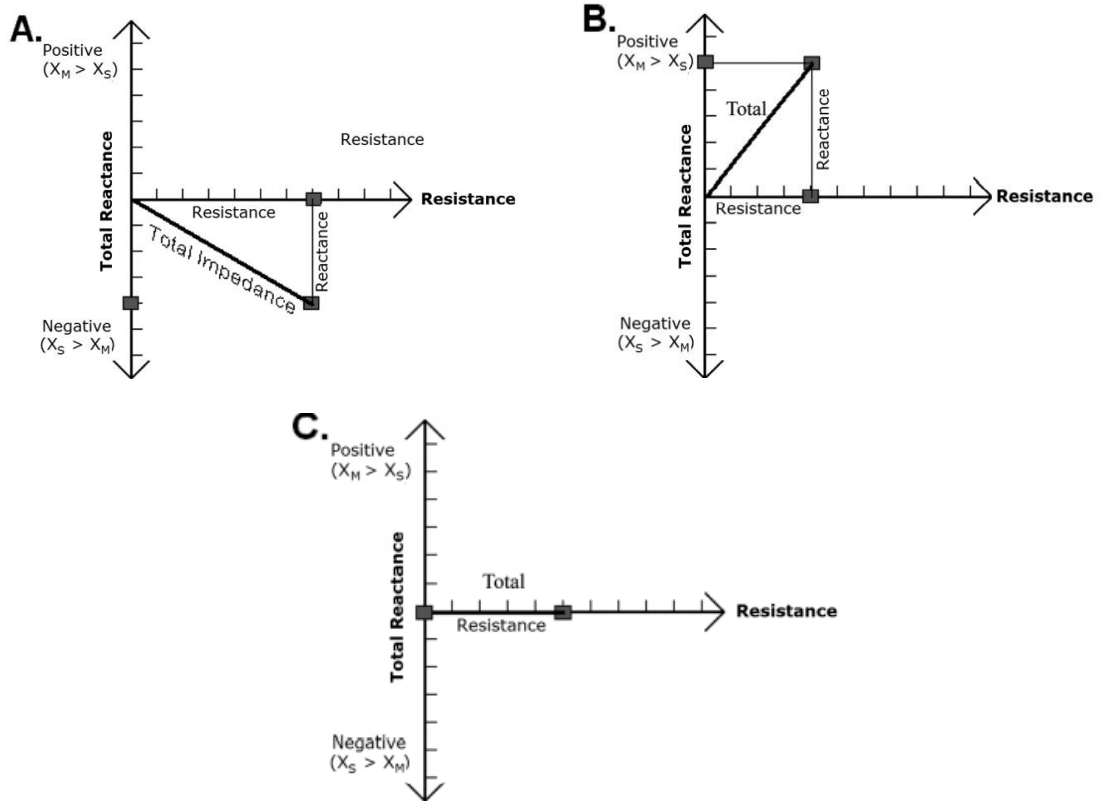
Kütle ve sertlik reaktansları birbiriyle 180° faz dışıdır ve etkileri birbirine zıttır (Şekil 8). Sistemin toplam impedansı kütle ve sertlik reaktansın farkları alınarak hesaplanır. Genel impedans ise rezistans ve toplam reaktans birleştirilerek elde edilir (Şekil 9) (Hamill ve Price, 2017).



Şekil 8. Sinüzoidal olarak uygulanan bir kuvvet ile kütle, sertlik ve rezistans arasındaki ilişki gösterilmiştir. Rezistans, uygulanan kuvvetle (F) eş fazlıdır. Kütle ve sertlik, kuvvetle 90° faz dışı ve birbiriyle 180° faz dışıdır

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 21)

Belirli bir frekansta sertlik reaktansı kütle reaktansından daha büyükse ($X_s > X_m$), sistemde sertliğin baskın olduğu söylenir (Şekil 9A); sertlik sistemin bu frekansta en iyi şekilde titreşmesini engelleyen faktördür. Tersine kütle baskınsa, mevcut frekansın kütleyle sertlikten daha fazla karşıt olduğu anlamına gelir (Şekil 9B). Kütle ve sertlik reaktanslarının eşit olduğu durumda ise reaktans faktörü bulunmayacak ve impedans yalnızca rezistanstan oluşacaktır (Şekil 9C). Kütle ve sertlik reaktanslarının birbirine eşit olduğu ve birbirini kısmen iptal ettiği frekans rezonans frekansını verir. Rezonans frekansı sistemin en iyi şekilde titreştiği frekanstır (Hamill ve Price, 2017).



Şekil 9. İmpedans, rezistansın karekökü artı toplam reaktansın (kütle reaktansı eksi sertlik reaktansı) karesine eşittir

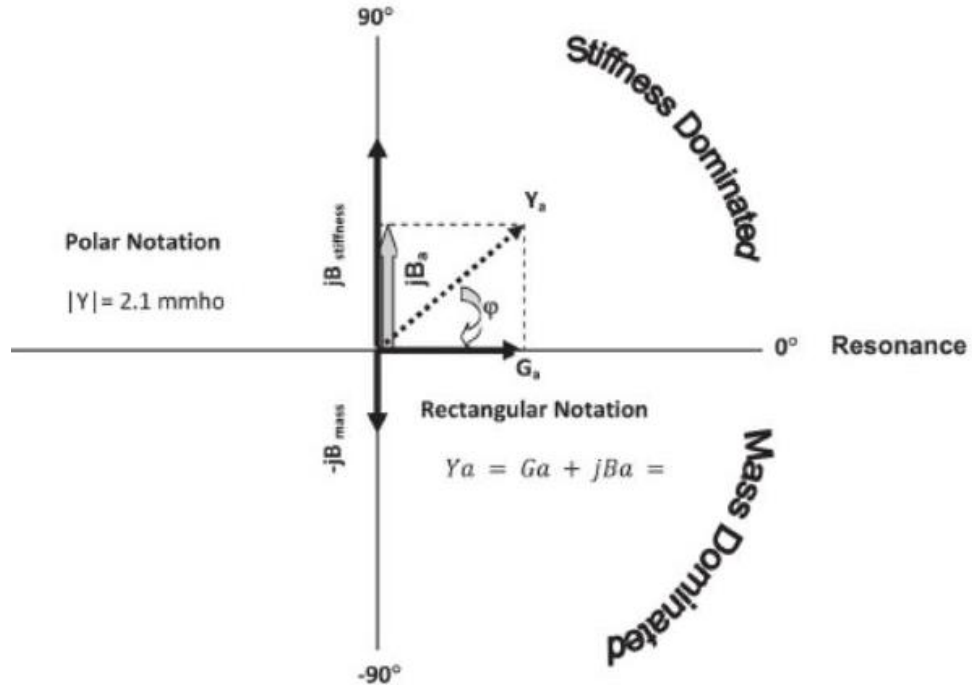
Kaynak: Hamill ve Price (2017, ss. 71)

2.4.2. Akustik Admittans

Akustik admittans (Y_a) enerji akışının kolaylığını ifade eder ve birimi mmho 'dur. Akustik impedans ve akustik admittans birbirinin karşıtı ifadelerdir ve $Z_a=1/Y_a$ ya da $Y_a=1/Z_a$ şeklinde gösterilir. Akustik admittans, kondüktans ve suseptanstan oluşur. Akustik kondüktans (G_a), sistemdeki sürtünmeden kaynaklı oluşan admittansı gösterir ve akustik rezistansın karşıtıdır. Akustik suseptans (B_a), sistemin sertliği ve külesinden kaynaklanan admittans bileşenidir. Sertlik suseptans (B_s) sertlik reaktansın karşıtıdır ve kütle suseptans (B_m) kütle reaktansın karşıtıdır. Sertlik suseptans frekansla doğru orantı iken, kütle suseptans frekansla ters orantılıdır (Hunter ve Shahnaz, 2014; Gelfand, 2016).

Kütle ve sertlik suseptans vektörel olarak aynı doğrultuda ancak zıt yönlerdedir (Şekil 10). Bu bileşenlerin cebirsel toplamı toplam suseptansı verir. Sertlik suseptansın kütle

suseptanstan büyük olduğu durumlarda ($B_m > B_s$) toplam suseptans pozitifdir ve sertlik sistemin titreşmesine izin verirken kütle engel olmaktadır. Sertlik ve kütle suseptansın eşit olduğu ve sistemde yalnızca kondüstanın bulunduğu frekans rezonans frekansını gösterir (Hunter ve Shahnaz, 2014; Hamill ve Price, 2017).



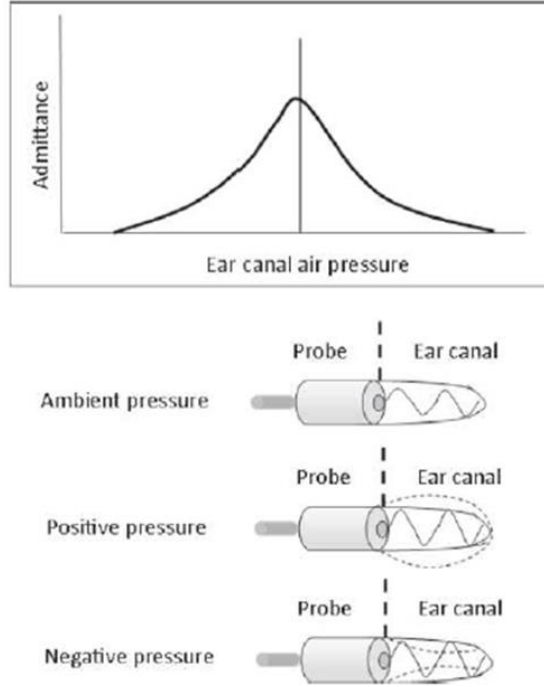
Şekil 10. Kütle ve sertlik suseptanslarının vektörel gösterimi (B_m kütle suseptansı; B_s sertlik suseptansı; B_a toplam suseptansı simgeleri)

Kaynak: Hunter ve Shahnaz (2014, ss. 30)

2.5. Timpanometri

Timpanometri, kapalı bir kulak kanalındaki değişen hava basıncına bağlı olarak orta kulağın akustik admittansının nesnel ve fizyolojik bir ölçümünü sağlayan ve orta kulağın değerlendirilmesinde rutin olarak kullanılan hızlı ve güvenilir bir test yöntemidir (Shahnaz ve Davies, 2006; Hunter ve Sanford, 2015). Timpanometri testinde impedans yerine admittans ölçümü yapılmasının en önemli nedenlerinden biri, admittans ölçümünün prob ile timpanik membran arasında kalan havanın hacminden etkilenmemesidir (Shanks, 1984). Standart timpanometri ölçümünde 226 Hz prob ton kullanılır (Clark, Roeser ve Mendrygal, 2007). Ancak özellikle küçük çocuklarda 1000 Hz prob ton kullanılarak yapılan ölçümlerin daha güvenilir olduğu bildirilmiştir (Alaerts, Luts ve Wouters, 2007).

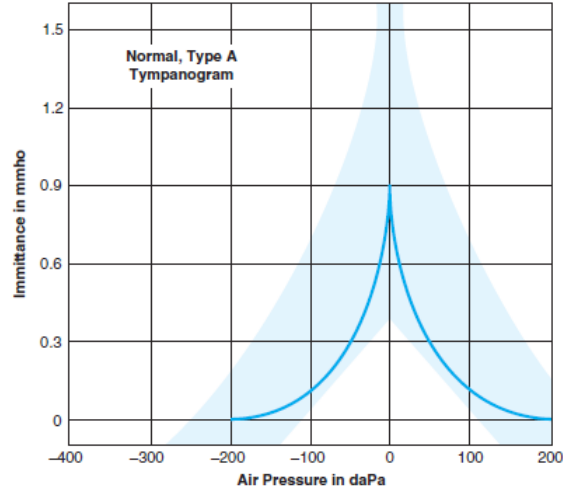
Kapalı bir kulak kanalındaki basıncı pozitif ile negatif aralığında değiştirmenin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkan timpanik membran hareketliliğinin grafiksel görüntüleri timpanogram olarak adlandırılır (Şekil 11). Normal bir timpanogram atmosfer basıncı yakınında keskin bir tepe noktasına sahiptir. Orta kulakta meydana gelen problemler timpanogram şeklinde değişikliklere neden olur (Clark vd., 2007; Hunter ve Sanford, 2015).



Şekil 11. Değişen hava basıncının dış kulak kanalı ve timpanik membran üzerindeki etkileri

Kaynak: Hunter ve Sanford (2015, ss. 138)

Timpanogramları sınıflandırmak için en yaygın kullanılan yöntem Jerger (1970) tarafından tanımlanmıştır. Buna göre, Şekil 12'deki gibi 0 mm veya yakınında belirgin bir tepe noktasına sahip normal timpanogramlar Tip A olarak sınıflandırılmıştır (Jerger, 1970; Gelfand, 2016). Tip A timpanogramın tepe noktasının daha düşük admittans değerinde oluşması, genellikle otoskleroz ile ilişkili olan ancak otitis media ile de ortaya çıkabilen Tip A_s olarak ve Tip A timpanogramın tepe noktasının daha yüksek admittans değerinde elde edilmesi Tip A_d olarak belirlenmiştir (Gelfand, 2016).

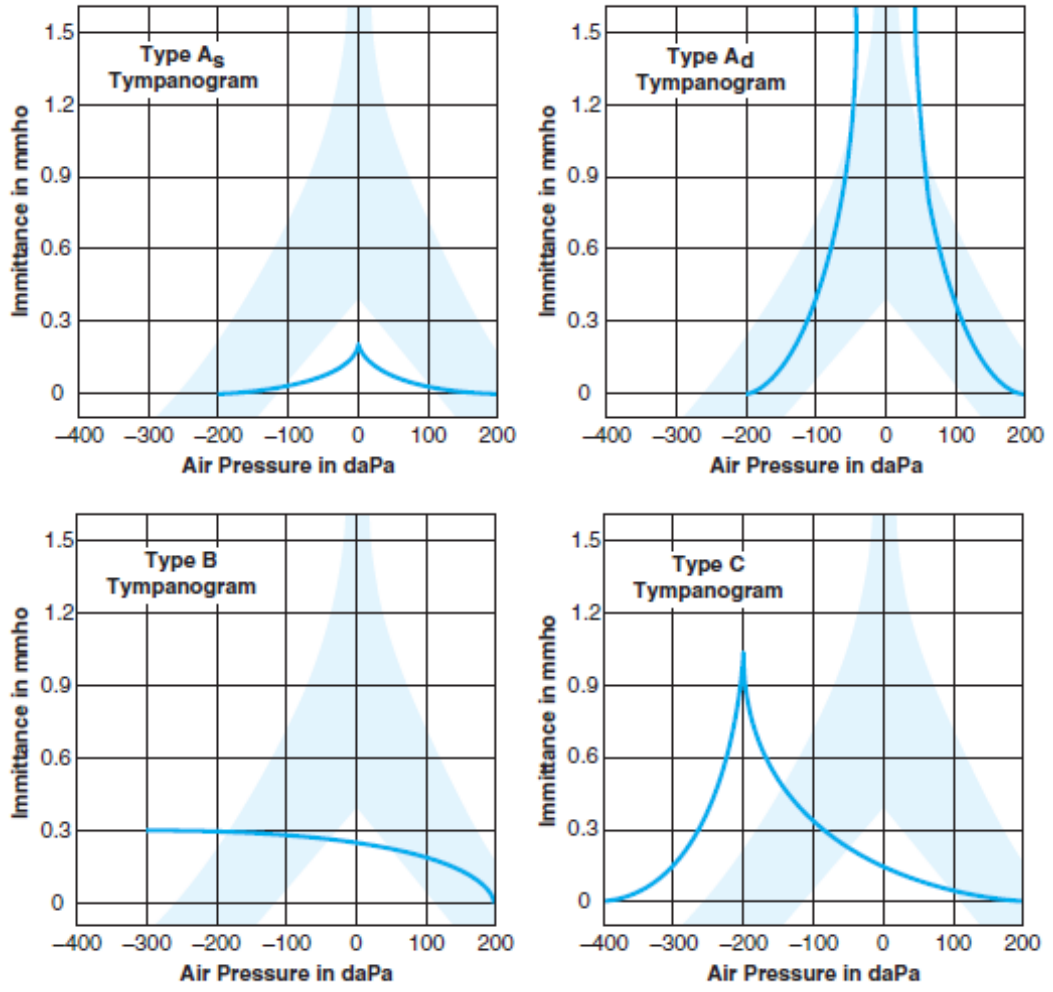


Şekil 12. Normal orta kulak fonksiyonunu temsil eden Tip A timpanogram

Kaynak: Stach (2010, ss. 320)

Belirgin bir tepe noktasına sahip olmayan ve geniş bir basınç aralığı boyunca düz elde edilen timpanogramlar Tip B olarak sınıflandırılmıştır. Tip B timpanogramlar orta kulakta sıvı varlığını gösteren karakteristik timpanogram tipi olmakla birlikte, kulak zarı perforasyonu veya cerumen varlığında da görülebilir. -100 daPa'dan daha negatif basınçta oluşan tepe noktasına sahip timpanogramlar Tip C olarak sınıflandırılmıştır. Bu timpanogramlar östaki tüpü disfonksiyonuyla ilişkilidir ve orta kulakta önemli bir negatif basınç olduğunu gösterir (Jerger, 1970; Gelfand, 2016). Anormal timpanogram tipleri Şekil 13'te verilmiştir.

Timpanogram şekli orta kulak patolojilerinin belirlenmesinde faydalı olmakla birlikte eşdeğer kulak kanalı hacmi, kompanze edilmiş statik akustik admittans, timpanometrik tepe basıncı ve timpanometrik genişlik ya da gradyan orta kulak fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan temel ölçümlerdir (Wan ve Wong, 2002; Hunter ve Shahnaz, 2014).



Şekil 13. Dört anormal timpanogram tipi

Kaynak: Stach (2010, ss. 324)

a. Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi

Aşırı pozitif basınç altında orta kulak admittansının sifıra yakın olduğu varsayılır. +200 daPa'da prob ucunda ölçülen admittansın yalnızca dış kulak kanalında sıkışan havaya ait olduğu kabul edilir. 226 Hz'lik bir prob tonu kullanılan standart referans koşulları altında, sert duvarlı bir boşlukta sıkışan havanın hacmi, aynı boşluğun akustik hacmine eşit olduğundan bu ölçüm eşdeğer kulak kanalı hacmi olarak adlandırılır (Hunter ve Shahnaz, 2014; Hunter ve Sanford, 2015).

+200 daPa'da elde edilen admittans değerinden tahmin edilen eşdeğer kulak kanalı hacmi, timpanik membranın veya dış kulak kanalının durumu hakkında bazı tanısal bilgiler sağlayabilir. Örneğin, Tip B timpanogramda elde edilen hacim çok büyükse bu durum kulak zarı perforasyonunu gösterebilir. Bununla birlikte, elde edilen hacim çok küçükse bu durum tıkanmış bir prob ucunu ya da kulak kanalında birikmiş cerumen varlığını gösterir (Gelfand, 2016; Kramer ve Brown, 2019).

b. Kompanze Edilmiş Statik Akustik Admittans

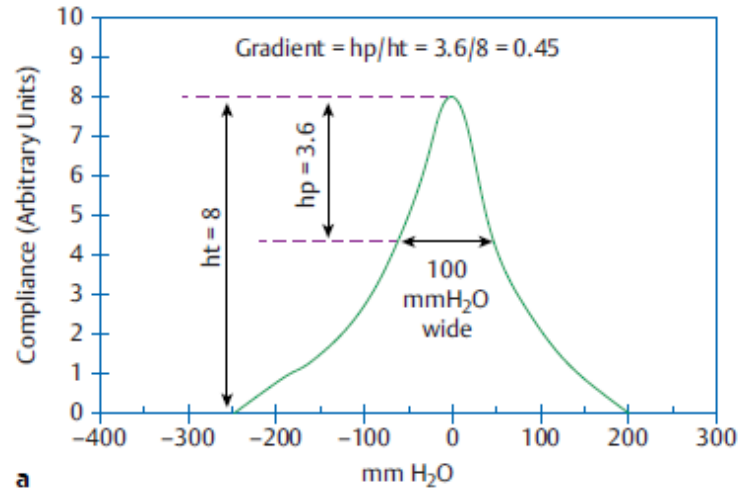
Statik admittans, orta kulak sistemi tarafından absorbe edilen en büyük akustik enerji miktarıdır (Onusko, 2004). Atmosfer basıncında elde edilen dış ve orta kulağın toplam admittans değerinden +200 daPa'da elde edilen eşdeğer kulak kanalı hacmi çıkarılarak hesaplanır (Shanks ve Shohet, 2009). 226 Hz timpanogramın en sık ölçülen özelliğidir ve otitis media, kolesteatom, kemikçik adezyonları gibi orta kulağın katılığını değiştiren lezyonlara karşı en duyarlı ölçümdür (Hunter ve Shahnaz, 2014).

c. Timpanometrik Tepe Basıncı

Timpanometrik tepe basıncı (TPP), timpanogramın tepe noktasının olduğu kulak kanalı basıncıdır. Bu değer orta kulak boşluğundaki basıncın bir tahminidir. Negatif TPP östaki tüpü disfonksiyonunun ya da pozitif TPP akut otitis medianın ilk evrelerinin bir göstergesi olabilir. Ancak diğer orta kulak anomalilerinin yokluğunda anormal TPP orta kulak fonksiyonundaki önemli değişiklikleri yansıtmaz (Clark vd., 2007; Hunter ve Sanford, 2015).

d. Timpanometrik Gradyan ve Genişlik

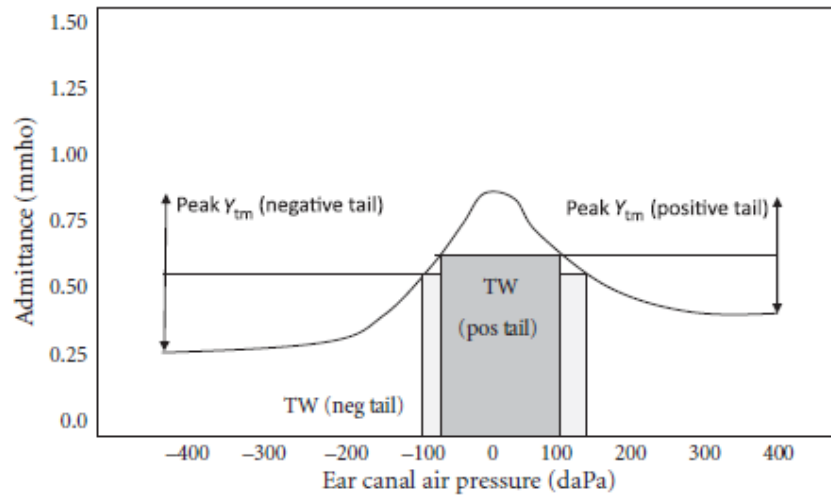
Timpanometrik gradyan, tepe noktasının her iki tarafındaki eğimlerin yüksekliğinin oran olarak ölçümüdür. Şekil 14'te gösterildiği gibi tepe noktasındaki akustik admittans ile +50 ve -50 daPa'daki akustik admittansın ortalaması alınarak hesaplanır (Hunter ve Shahnaz, 2014). Timpanometrik gradyanın anormal düşük olması orta kulakta sıvı varlığıyla ilişkilendirilmiştir (Nozza, Bluestone, Kardatzke ve Bachman, 1992).



Şekil 14. Timpanometrik gradyanın hesaplanması

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 190)

Timpanometrik genişlik, statik akustik admittansın yarısında ölçülen daPa cinsinden timpananogramın genişliğini belirtir (Gelfand, 2016). Timpanometrik genişliği belirleme yöntemi Şekil 15’de gösterilmiştir. Orta kulakta sıvı varlığında timpanometrik genişlik artmaktadır (Nozza vd., 1992; Nozza, Bluestone, Kardatzke ve Bachman,1994). Timpanometrik gradyan ve genişliğin, orta kulak efüzyonlarını belirlemede faydalı ölçümler olduğu düşünülmektedir (Smith vd., 2006; Duzer, Sakallioğlu, Akyigit, Polat, Cetiner ve Susaman, 2017; Zakaria, Romli, Mohamad, Awang ve Wahab, 2020).



Şekil 15. Timpanometrik genişliğin hesaplanması

Kaynak: Hunter ve Sanford (2015, ss. 143)

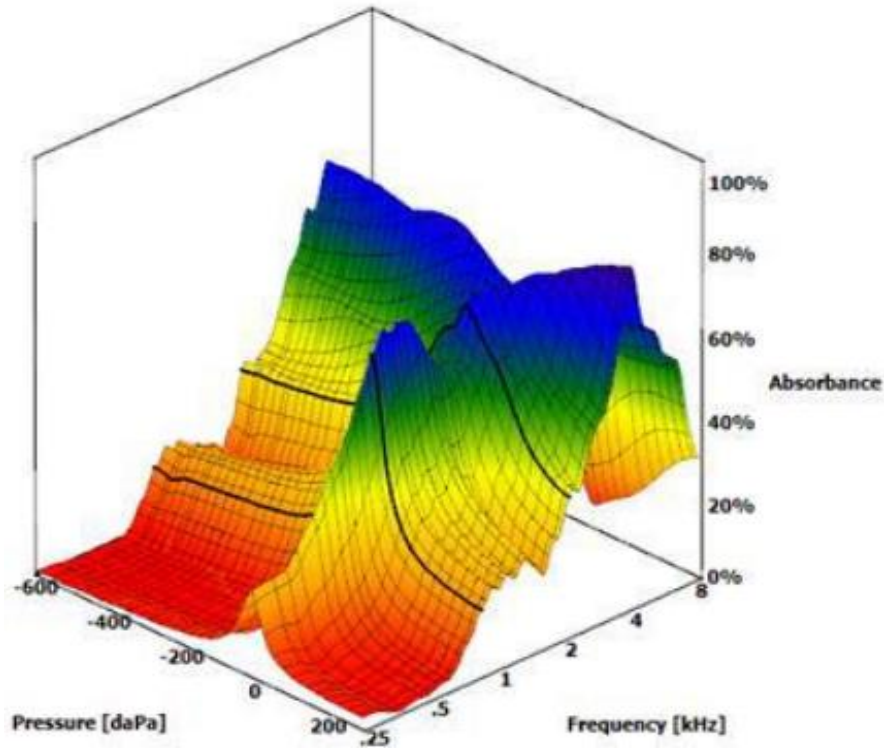
2.6. Geniş Bant Timpanometri

Geniş bant akustik immitansmetride orta kulağı değerlendirmek için geniş frekans spektrumlu uyaranlar kullanılarak dış kulak kanalından yansıyan veya absorbe edilen ses enerjisinin geniş bir frekans aralığında (226-8000 Hz) ölçümü sağlanır. Geniş bir frekans aralığının değerlendirilmesi, orta kulağın işitme için önemli olan frekans aralığında çalışma sistemiyle ilgili önemli bilgiler sağlar (Hunter ve Sanford, 2015; Hein, Hatzopoulos, Skarzynski ve Colella-Santos, 2017). Geniş bant akustik immitansmetri ölçümünün standart timpanometriye kıyasla daha detaylı bir orta kulak analizi sağladığı ve orta kulak patolojilerinin değerlendirilmesinde daha hassas bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Feeney, Grant ve Marryott, 2003; Shahnaz vd., 2009; Voss vd., 2012; Merchant vd., 2021). Geniş bant akustik immitansmetri ölçümünün bir diğer avantajı, standart timpanometriden farklı olarak, probun kulak kanalındaki konumundan nispeten bağımsız olmasıdır (Stinson, Shaw ve Lawton, 1982; Huang, Rosowski, Puria ve Peake, 2000).

Geniş bant akustik immitansmetride enerji reflektans ve enerji absorbans olmak üzere iki ölçüm yöntemi bulunmaktadır. Enerji reflektans (ER), geri yansıyan akustik enerjinin kulak kanalına verilen akustik enerjiye oranı olarak tanımlanır. ER değeri, akustik enerjinin tamamının sistem tarafından absorbe edildiğini gösteren 0 ile verilen enerjinin tamamının geri yansıdığını gösteren 1 arasında değişir. Enerji absorbans (EA) ise orta kulak ve kulak kanalı tarafından absorbe edilen akustik enerjinin kulak kanalına verilen akustik enerjiye oranını verir. ER ve EA birbirinin tersi ifadelerdir ve $EA = 1 - ER$ şeklinde gösterilebilir (Liu vd., 2008; Rosowski vd., 2013; Feeney vd., 2013).

Geniş bant timpanometri (GBT), Douglas Keefe tarafından geliştirilmiş ve Interacoustics tarafından Titan sistemi ile ticarileştirilmiştir. Bu sistem hem ortam basıncında (basınçsız) hem de çoklu basınç noktalarında geniş bant absorbans (GBA) ölçümü yapabilmektedir (Shahnaz, 2021). Basıncılı absorbans ölçümlerinin orta kulak patolojilerine karşı daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Keefe & Simmons, 2003). Basınçsız GBA ölçümü, özellikle dış kulak yoluna basınç uygulanmasının zararlı olabileceği cerrahi sonrası durumlarda ya da timpanik membran perforasyonu gibi basınç altında ölçüm alınamayan durumlarda avantajlıdır (Hein vd., 2017; Interacoustic, 2020).

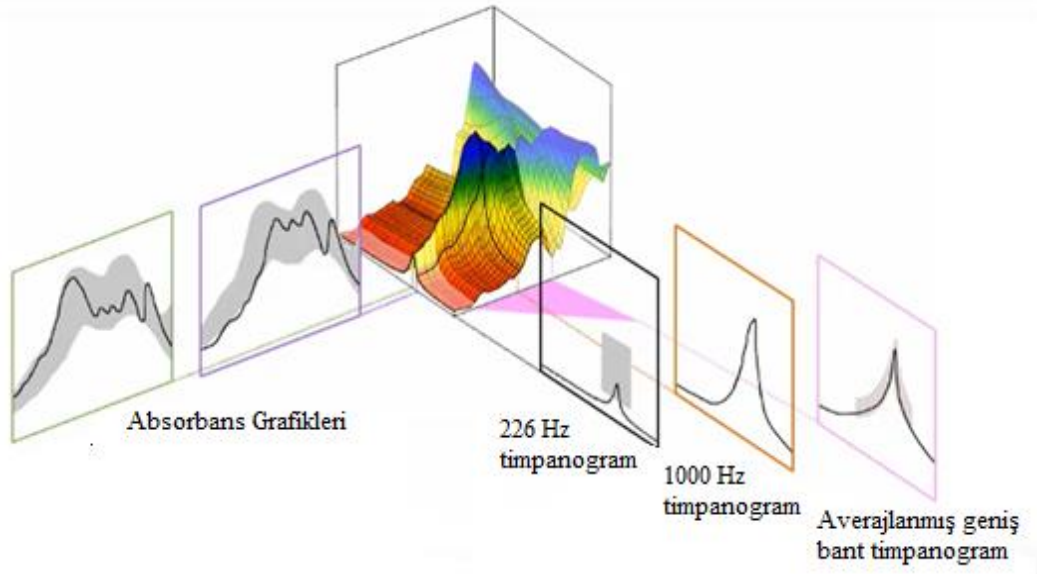
Titan GBT sistemi, belirli frekans ve basınç aralığında üç boyutlu bir enerji absorbanans grafiği oluşturur (Şekil 16). Üç boyutlu timpanogram üzerinde yüksek absorbanans değerleri mavi ile ve düşük absorbanans değerleri kırmızı ile gösterilmektedir. Ancak üç boyutlu timpanogramların yorumlanması zordur ve çok sayıda veri içerir. Bu nedenle, GBT ölçüm sonuçları üç boyutlu timpanogramdan elde edilen çeşitli iki boyutlu timpanogramlarla yorumlanır (Hein vd., 2017).



Şekil 16. Üç boyutlu timpanogram

Kaynak: Interacoustic (2017)

GBT'nin çalışma prensibi geleneksel timpanometriye benzer olduğundan, tek bir ölçümden 226 Hz timpanogram, 1000 Hz timpanogram, orta kulak rezonans frekansı, rezonans frekansında elde edilen timpanogram, ortam basıncında ya da tepe basıncında absorbanans grafikleri ve ortalanan geniş bant timpanogramlar çıkarılabilmektedir (Interacoustic, 2017; Biswas ve Dutta, 2018). Geniş bant ölçüm çıktıları Şekil 17'de verilmiştir.

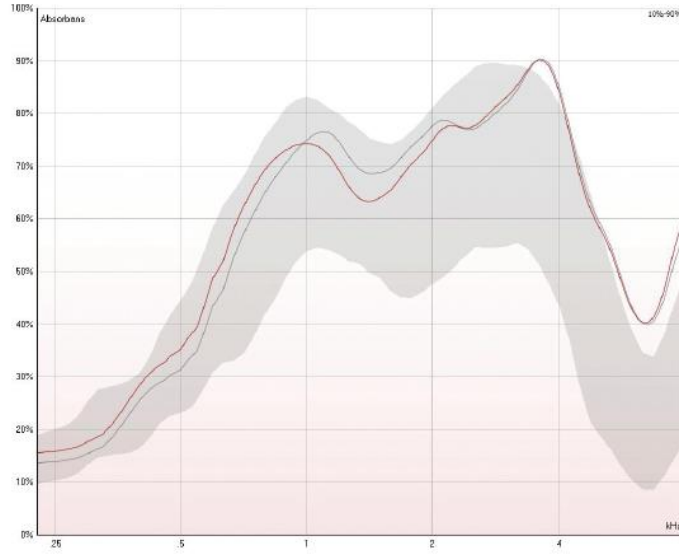


Şekil 17. Geniş bant timpanometri ölçüm çıktıları

Kaynak: Interacoustic (2017)

Ortam basıncında ve tepe basıncında absorban grafikleri 226-8000 Hz frekans aralığındaki absorban miktarını gösteren iki boyutlu grafiklerdir (Şekil 18). Ortam basıncında absorban grafiği üç boyutlu timpanogramda 0 daPa basınçtaki absorban değerlerini gösterirken, tepe basıncında absorban grafiği üç boyutlu timpanogramda tepe basıncında elde edilen absorban değerlerini gösterir. Hem ortam basıncında hem de tepe basıncında elde edilen absorban değerleri frekansa özgü değişiklik gösterir. Sağlıklı yetişkinlerde absorban değerleri frekans yükseldikçe artar, 2 ile 4 kHz arasında maksimum değerleri ulaşır, daha yüksek frekanslara doğru düşer ve 6-7 kHz'de minimum değerlere ulaşır (Liu vd., 2008).

Averajlanmış geniş bant timpanogram, yetişkinlerde 375-2000 Hz, çocuklarda 800-2000 Hz frekans aralığında elde edilen absorban değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen iki boyutlu grafikdir (Biswas ve Dutta, 2018; Śliwa, Kochanek, Jdrzejczak, Mrugała ve Skarżyński, 2020). Bu aralıktaki frekansların seçilme nedeni, bu aralıktaki absorbanın orta kulak patolojisine duyarlı olması ve değişkenliğinin yüksek frekanslara göre daha düşük olmasıdır (Śliwa vd., 2020).



Şekil 18. Absorbans grafiği

Kaynak: Gümüş ve Torun Topçu (2018)

GBT ölçümü ile orta kulağın rezonans frekansı değeri de elde edilir. Rezonans frekansı, sistemde sertlik ve kütle bileşenlerinin birbirine eşit olduğu ve orta kulak admittansının en yüksek olduğu değerdir. Çeşitli orta kulak patolojilerinde orta kulak rezonans frekansı değişir. Orta kulakta kütle varlığında ya da kemikçik zincir süreksizliğinde rezonans frekansı azalırken; otoskleroz gibi orta kulakta sertliği artıran patolojilerde rezonans frekansı daha yüksek frekanslara kayar (Lai, Li, Xian ve Liu, 2008; Wada, Koike ve Kobayashi, 1998; Shahnaz ve Polka, 1997; Vanaja ve Manjula, 2003).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programına bağlı olarak yürütülmüştür. Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimlerin genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerden oluşan üç farklı yaş grubunda standart ve geniş bant timpanometri ölçüm sonuçlarına etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışma, KTO Karatay Üniversitesi Şehit Yunus Mermer Odyoloji Kliniğinde gönüllü katılımcılar ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için KTO Karatay Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komisyonu tarafından 15.12.2020 tarihli 2020/035 no'lu karar ile izin alınmıştır.

3.1. Bireyler

Çalışmaya farklı yaşlarda 95 kişi (184 kulak) dâhil edilmiştir. Katılımcılar farklı yaş aralıklarına göre üç gruba ayrılmıştır. Gruplar; I. grup 20-40 yaş arası, II. grup 40-65 yaş arası ve III. grup 65 yaş ve üstü bireylerden oluşacak şekilde belirlenmiştir. Grupların yaş aralıkları belirlenirken farklı yetişkinlik dönemleri dikkate alınmıştır. 20-40 yaş arası genç yetişkinlik, 40-65 yaş arası orta-yaşlı yetişkinlik, 65 yaş ve üstü yaşlı yetişkinlik dönemi olarak kabul edilmiştir (Erikson, 1963; Mazlan vd., 2015).

Çalışmamızda I. grup 20-39 yaş arası (ort. 26,37 ± 6,00) 16 kadın ve 16 erkek olmak üzere toplam 32 bireyden (64 kulak), II. grup 41-60 yaş arası (ort. 47,93 ± 5,95) 16 kadın ve 15 erkek olmak üzere toplam 31 bireyden (60 kulak) ve III. grup 65-82 yaş arası (ort. 68,66 ± 4,56) 16 kadın ve 16 erkek olmak üzere toplam 32 bireyden (60 kulak) oluşmaktadır.

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- 20 yaşında veya daha büyük olmak
- Türk kökenli olmak
- Normal otoskopik muayene sonucuna sahip olmak
- Otolojik cerrahi geçirmemiş olmak
- 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında ≤ 10 dB hava-kemik aralığına sahip olmak
- En az bir kulakta Tip A timpanograma sahip olmak

- Çalışmaya katılmayı kabul etmek

Dışlanma Kriterleri

- Her iki kulağında Tip A timpanograma sahip olmamak
- Gerekli timpanometrik ölçümleri yapılamamak

3.2. Yöntem

Çalışmaya katılmayı kabul eden bireyler çalışmanın amacı ve uygulanacak testlerle ilgili bilgilendirilmiştir ve imzalı onamları alınmıştır. Tüm katılımcılardan demografik bilgileri (yaş, cinsiyet, etnik köken vb.) ve ayrıntılı tıbbi hikayeleri alınmıştır.

Tüm katılımcıların otoskopik muayeneleri yapılmıştır. Otoskopik muayene için Orlvision video otoskop cihazı kullanılmıştır (Şekil 19). Otoskopik muayene sonucu patolojik dış kulak kanalı ve/veya timpanik membrana sahip olan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca, dış kulak kanalında buşona bağlı olarak timpanik membran görünümü tamamen ya da kısmen engellenen bireyler çalışma dışı bırakılmıştır. Otoskopik muayenesi normal olan bireylerin saf ses odyometri ve timpanometrik ölçümleri yapılmıştır.

Saf ses odyometri ölçümünde katılımcıların 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 ve 8000 Hz'de hava yolu eşikleri ile 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'de kemik yolu eşikleri belirlenmiştir. Saf ses odyometri testi Industrial Acoustics Company (IAC) standardındaki sessiz odada, Interacoustics marka AC40 Klinik Odyometre Cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hava yolu eşikleri Telephonics marka TDH-39 supra-aural kulaklık, kemik yolu eşikleri ise Radiear marka B71 kemik iletim vibratörü ile belirlenmiştir. İşitme eşiklerinin belirlenmesinde Modifiye Hughson-Westlake yöntemi kullanılmıştır. Saf ses odyometri sonucu 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslarında ≤ 10 dB hava-kemik aralığına sahip olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.



Şekil 19. Orlvision video otoskop cihazı

Kaynak: <https://www.biyomediks.com/ox1> (Erişim Tarihi: 11.02.2022)

Timpanometrik ölçümler Interacoustics TITAN Geniş Bant Timpanometre cihazı ile yapılmıştır (Şekil 20). Ölçüm protokolü aynı oturumda sırasıyla standart timpanometri ve GBT ölçümü yapılacak şekilde oluşturulmuştur. Standart timpanometri ölçümü 85 dB SPL şiddetinde 226 Hz prob ton kullanılarak yapılmıştır. Basınç pozitiften negatife doğru +200 ile -400 daPa aralığında olacak şekilde ayarlanmıştır. Timpanometri ölçümü sonucunda Jerger (1970) sınıflandırılmasına göre Tip A timpanogram elde edilen kulaklar çalışmaya dahil edilirken, Tip A timpanograma sahip olmayan kulaklar çalışma dışı bırakılmıştır. Tepe noktası basınç değeri -100 ile +50 daPa arasında ve tepe noktası admittans değeri 0.3-1.6 mmho arasında olan timpanogramlar tip A timpanogram kabul edilmiştir (Roup vd., 1998). Bu ölçüm sonucunda çalışmaya dahil edilen kulaklardan elde edilen statik akustik admittans, timpanometrik tepe basıncı, eşdeğer kulak kanalı hacmi ve timpanometrik genişlik değerleri SPSS programında analiz edilmek üzere Microsoft Office Excel dosyasına aktarılmıştır.



Şekil 20. Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre cihazı

Kaynak: <https://www.interacoustics.com/tympometry/clinical-diagnostic/titan>

(Erişim tarihi: 06.11.2021)

GBT ölçümü 226-8000 Hz frekans aralığında, 100 dB teSPL şiddetinde ve 21.5 Hz oranında klik uyarı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GBT ölçümlerinde basınç pozitiften negatife doğru +200 ile -400 daPa aralığında ve basınç pompa hızı 200 daPa/sn olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu ölçüm sonucunda tüm gruplardan elde edilen rezonans frekansı değerleri ile tepe basıncında ve ortam basıncında absorban değerleri SPSS programında analiz edilmek üzere Interacoustics firması tarafından oluşturulan ve verilerin grafiksel görünümünü sağlayan özel bir Microsoft Office Excel dosyasına aktarılmıştır.

3.3. İstatiksel Analiz

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 25 (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma, medyan, birinci ve üçüncü çeyreklik değerleri ile sunulmuştur. Parametrik testlerin ön şartlarından varyansların homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. Normallik varsayımına ise Kolmogorov Smirnov testi ile bakılmıştır. İki değişkenli ilişkiler normallik şartının sağlandığı durumlarda Bağımsız Gruplar Student t testi, sağlanmadığı durumlarda Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edilmiştir. Üç ve daha fazla grup karşılaştırması için normallik şartının sağlandığı durumlarda Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), sağlanmadığında ise Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Gruplar arasında anlamlı fark elde edilmesi durumunda, grupların birbiriyle ikişerli olarak karşılaştırılması çoklu karşılaştırma testlerinden Bonferroni testi kullanılarak yapılmıştır. $p < 0,05$ düzeyi istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmanın bulguları sırasıyla katılımcıların demografik özellikleri, standart 226 Hz timpanometri bulguları ve geniş bant timpanometri bulguları başlıkları altında sunulmuştur. Tablolarda I. grup genç, II. grup orta-yaşlı ve III. grup yaşlı olarak isimlendirilmiştir.

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Bu çalışma kapsamında, I. grupta 20-39 yaş arası 32 bireyin, II. grupta 41-60 yaş arası 35 bireyin ve III. grupta 65-82 yaş arası 39 bireyin değerlendirmeleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda I. grupta 32 birey, II. grupta 31 birey ve III. grupta 32 birey çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş ve cinsiyete göre dağılımları Tablo 1’de verilmiştir. II. grupta Tip A_d timpanogram elde edilen iki kulak ile III. grupta Tip A_d timpanogram elde edilen iki kulak, Tip A_s timpanogram elde edilen bir kulak ve Tip C timpanogram elde edilen bir kulak dışlanma kriterlerine uygun olarak çalışma dışı bırakılmıştır. Toplamda I. grupta 64 kulaktan, II. grupta 60 kulaktan ve III. grupta 60 kulaktan elde edilen veriler istatistiksel analize dahil edilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların yaş ve cinsiyet dağılımı

Grup	Cinsiyet				Toplam	
	Kadın		Erkek			
	n	Yaş (Ort. ± SS)	n	Yaş (Ort. ± SS)	n	Yaş (Ort. ± SS)
Genç	16	26,31 ± 5,66	16	26,43 ± 6,50	32	26,37 ± 6,00
Orta-yaşlı	16	47,18 ± 4,35	15	48,73 ± 7,37	31	47,93 ± 5,95
Yaşlı	16	69,06 ± 4,01	16	68,25 ± 5,14	32	68,66 ± 4,56

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma

4.2. Standart 226 Hz Timpanometri Bulguları

Çalışmada standart 226 Hz timpanometri ölçümünde; kompanse edilmiş statik akustik admittans, eşdeğer kulak kanalı hacmi, timpanometrik tepe basıncı ve timpanometrik genişlik parametreleri analiz edilmiştir.

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplardan elde edilen timpanometri sonuçlarına göre statik akustik admittans (Y_{tm}), eşdeğer kulak kanalı hacmi (V_{ea}), timpanometrik tepe basıncı (TPP) ve timpanometrik genişlik (TW) değerlerinin tanımlayıcı istatistik ve karşılaştırma sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2’de verilen statik akustik admittans, eşdeğer kulak kanalı hacmi ve timpanometrik genişlik değerlerinin gruplar arası karşılaştırmaları incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmemiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte, timpanometrik tepe basıncı değeri yaşlı grupta genç gruba kıyasla anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 2. Yaş gruplarına göre timpanometrik parametrelerin değerlendirilmesi

	Genç (n=64)	Orta-yaşlı (n=60)	Yaşlı (n=60)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
Y_{tm} (mmhos)	0,79 ± 0,33 0,72 (0,57;0,91)	0,83 ± 0,339 0,78 (0,55;1,04)	0,81 ± 0,457 0,68 (0,44;0,94)	1,648	0,439 ²
V_{ea} (cm ³)	1,3 ± 0,269 1,3 (1,13;1,45)	1,37 ± 0,32 1,41 (1,12;1,61)	1,32 ± 0,338 1,31 (1,04;1,52)	0,725	0,486 ¹
TW (daPa)	83,72 ± 20,591 83 (72,25;97)	85,82 ± 26,629 85 (69,25;102)	83,43 ± 27,644 86 (63;106,75)	0,163	0,850 ¹
TPP (daPa)	-5,11 ± 11,143 -4 (-9,75;1) ^a	-8,95 ± 13,998 -7 (-16,75;-2,25) ^{ab}	-13,33 ± 23,133 -9,5 (-21;-2) ^b	17,691	0,000²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q₁:1. Çeyreklik; Q₃:3. Çeyreklik; ¹: ANOVA (F); ²: Kruskal Wallis Testi (H); a, b, c: Aynı satırdaki farklı harf veya harf kombinasyonları istatistiksel açıdan anlamlı farklılığı ifade eder ($p<0.05$)

Çalışmamızda standart timpanometri ölçüm sonuçlarının cinsiyete göre karşılaştırmaları da verilmiştir. Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplarda statik akustik admittans (Y_{tm}), eşdeğer kulak kanalı hacmi (V_{ea}), timpanometrik tepe basıncı (TPP) ve timpanometrik genişlik (TW) değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları sırasıyla Tablo 3, 4 ve 5’de sunulmuştur.

Tablo 3, 4 ve 5'te verilen timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; tüm gruplarda statik admittans, timpanometrik genişlik ve timpanometrik tepe basıncı değerleri kadın ve erkekler arasında anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Ancak tüm gruplarda eşdeğer kulak kanalı hacmi erkeklerde kadınlara göre anlamlı derecede büyük elde edilmiştir ($p<0.05$).

Tablo 3. Genç grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirilmesi

	Erkek	Kadın	F	p
	(n=32)	(n=32)		
	Ort. \pm SS	Ort. \pm SS		
	M (Q ₁ ;Q ₃)	M (Q ₁ ;Q ₃)		
Y _{tm} (mmhos)	0,76 \pm 0,304 0,66 (0,58;0,87)	0,82 \pm 0,357 0,76 (0,56;0,95)	-0,591	0,554 ²
V _{ea} (cm ³)	1,42 \pm 0,276 1,4 (1,24;1,56)	1,19 \pm 0,206 1,17 (1,02;1,32)	3,858	0,001¹
TW (daPa)	86,53 \pm 19,896 87 (73,25;104,5)	80,91 \pm 21,2 82,5 (69;92)	1,094	0,278 ¹
TPP (daPa)	-4,78 \pm 13,288 -2 (-8,75;1,75)	-3,56 \pm 7,157 -4 (-7,75;0,75)	-0,578	0,563 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 4. Orta-yaşlı grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirilmesi

	Erkek	Kadın	F	p
	(n=28)	(n=32)		
	Ort. \pm SS	Ort. \pm SS		
	M (Q ₁ ;Q ₃)	M (Q ₁ ;Q ₃)		
Y _{tm} (mmhos)	0,92 \pm 0,384 0,84 (0,6;1,18)	0,74 \pm 0,275 0,69 (0,53;0,97)	-1,763	0,078 ²
V _{ea} (cm ³)	1,52 \pm 0,318 1,53 (1,37;1,74)	1,24 \pm 0,264 1,22 (0,96;1,46)	3,679	0,001¹
TW (daPa)	85,18 \pm 32,015 83,5 (66,25;105,75)	86,38 \pm 21,358 86 (77;102)	-0,172	0,864 ¹
TPP (daPa)	-11,07 \pm 10,534 -13 (-19,75;-3,25)	-8,03 \pm 19,122 -5 (-14;-1,25)	-1,372	0,170 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 5. Yaşlı grupta timpanometrik parametrelerin cinsiyete göre değerlendirilmesi

	Erkek (n=30)	Kadın (n=30)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
Y _{tm} (mmhos)	0,83 ± 0,524 0,66 (0,41;1,01)	0,79 ± 0,386 0,73 (0,49;0,92)	-0,266	0,790 ²
V _{ea} (cm ³)	1,47 ± 0,341 1,45 (1,17;1,75)	1,18 ± 0,269 1,17 (0,95;1,34)	3,644	0,001¹
TW (daPa)	80 ± 28,084 81 (56;107)	86,87 ± 27,234 86 (66,25;104,5)	-0,747	0,455 ²
TPP (daPa)	-18,07 ± 30,19 -5 (-33,5;0)	-13,37 ± 16,264 -12 (-16;-7)	-0,732	0,464 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q₁:1. Çeyreklik; Q₃:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

4.3. Geniş Bant Timpanometri Bulguları

Çalışmada GBT ölçümünde; rezonans frekansı değerleri, 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbans değerleri ve 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbans değerleri analiz edilmiştir.

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplara ait rezonans frekansı (RF) değerlerinin tanımlayıcı istatistik ve karşılaştırma sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur. Tablo 6’da verilen RF değerlerinin farklı yaş gruplarında karşılaştırmaları incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık elde edilmiştir (p<0.05). Grupların ikili karşılaştırmalarına bakıldığında, yaşlı grupta RF değeri genç gruba kıyasla anlamlı derecede düşük bulunmuştur (p<0.05).

Tablo 6. Yaş gruplarına göre rezonans frekansı değerleri ve karşılaştırma sonuçları

	Genç (n=64)	Orta-yaşlı (n=60)	Yaşlı (n=60)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
RF (Hz)	974,52 ± 204,43 954,5 (843,25;1036,75) ^a	907,25 ± 217,56 891,5 (752,25;1032,5) ^{ab}	839,15 ± 216,68 841 (709,25;963,5) ^b	12,917	0,002²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q₁: 1. Çeyreklik; Q₃: 3. Çeyreklik; ¹: ANOVA (F); ²: Kruskal Wallis Testi (H); a, b, c: Aynı satırdaki farklı harf veya harf kombinasyonları istatistiksel açıdan anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05)

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplara ait 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin tanımlayıcı istatistik ve karşılaştırma sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Yaş gruplarına göre 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans	Genç (n=64)	Orta-yaşlı (n=60)	Yaşlı (n=60)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,15 ± 0,038 0,14 (0,12;0,17)	0,17 ± 0,052 0,17 (0,12;0,19)	0,17 ± 0,08 0,15 (0,11;0,2)	3,502	0,174 ²
324 Hz	0,19 ± 0,05 0,18 (0,15;0,22)	0,21 ± 0,067 0,22 (0,15;0,25)	0,21 ± 0,1 0,19 (0,14;0,25)	3,520	0,172 ²
408 Hz	0,25 ± 0,065 0,24 (0,21;0,29)	0,28 ± 0,085 0,29 (0,2;0,33)	0,29 ± 0,123 0,26 (0,21;0,33)	3,935	0,140 ²
500 Hz	0,32 ± 0,076 0,3 (0,26;0,36)	0,35 ± 0,107 0,36 (0,26;0,42)	0,37 ± 0,145 0,33 (0,27;0,44)	4,566	0,102 ²
630 Hz	0,42 ± 0,094 0,42 (0,35;0,48)	0,46 ± 0,132 0,46 (0,35;0,58)	0,49 ± 0,171 0,45 (0,35;0,6)	4,123	0,127 ²
794 Hz	0,55 ± 0,104 0,55 (0,47;0,62) ^a	0,58 ± 0,132 0,6 (0,46;0,68) ^{ab}	0,62 ± 0,163 0,62 (0,49;0,73) ^b	3,546	0,031 ¹
1000 Hz	0,65 ± 0,11 0,66 (0,58;0,74)	0,66 ± 0,117 0,66 (0,58;0,76)	0,69 ± 0,118 0,72 (0,62;0,78)	2,033	0,134 ¹
1260 Hz	0,69 ± 0,109 0,68 (0,6;0,77)	0,69 ± 0,11 0,7 (0,62;0,77)	0,7 ± 0,068 0,71 (0,66;0,74)	0,635	0,531 ¹
1587 Hz	0,71 ± 0,11 0,71 (0,64;0,79) ^a	0,68 ± 0,103 0,67 (0,62;0,76) ^{ab}	0,64 ± 0,105 0,64 (0,56;0,73) ^b	6,366	0,002 ¹
2000 Hz	0,72 ± 0,111 0,73 (0,63;0,81) ^a	0,69 ± 0,113 0,68 (0,61;0,76) ^{ab}	0,63 ± 0,157 0,65 (0,52;0,75) ^b	11,696	0,003 ²
2520 Hz	0,76 ± 0,132 0,78 (0,65;0,86) ^a	0,72 ± 0,125 0,72 (0,63;0,8) ^{ab}	0,67 ± 0,157 0,67 (0,59;0,78) ^b	9,093	0,011 ²
3175 Hz	0,71 ± 0,149 0,68 (0,6;0,82) ^a	0,69 ± 0,155 0,69 (0,56;0,81) ^{ab}	0,62 ± 0,19 0,63 (0,44;0,76) ^b	7,987	0,018 ²
4000 Hz	0,5 ± 0,199 0,51 (0,38;0,64)	0,49 ± 0,217 0,49 (0,33;0,62)	0,47 ± 0,22 0,46 (0,32;0,6)	0,330	0,720 ¹
5040 Hz	0,44 ± 0,122 0,44 (0,38;0,5) ^a	0,49 ± 0,16 0,5 (0,36;0,62) ^{ab}	0,53 ± 0,102 0,54 (0,48;0,6) ^b	8,241	0,001 ¹
6350 Hz	0,36 ± 0,1 0,34 (0,3;0,4) ^a	0,42 ± 0,155 0,39 (0,3;0,53) ^{ab}	0,44 ± 0,127 0,42 (0,36;0,54) ^b	15,090	0,001 ²
8000 Hz	0,37 ± 0,141 0,36 (0,25;0,46)	0,35 ± 0,177 0,33 (0,26;0,43)	0,34 ± 0,159 0,31 (0,21;0,45)	1,359	0,507 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q₁:1. Çeyreklik; Q₃:3. Çeyreklik; ¹: ANOVA (F); ²: Kruskal Wallis Testi (H); a, b, c: Aynı satırdaki farklı harf veya harf kombinasyonları istatistiksel açıdan anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05)

Tablo 7’de verilen farklı yaş gruplarında 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorban değerleri incelendiğinde; 1260 Hz’in altındaki ve 4000 Hz’in üstündeki frekanslarda yaş arttıkça absorban değerlerinin sayısal olarak arttığı, 1260 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda ise yaş arttıkça absorban değerlerinin sayısal olarak azaldığı görülmektedir. Farklı yaş gruplarında 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorban değerleri karşılaştırıldığında; 794, 1587, 2000, 2520, 3175, 5040 ve 6350 Hz olmak üzere 7 frekansta gruplar arasında anlamlı farklılık elde edilmiştir ($p<0.05$). Grupların ikili karşılaştırmalarına bakıldığında genç gruba kıyasla yaşlı grupta 794 Hz’de absorban değeri anlamlı derecede yüksek iken, 1587 ile 3175 Hz arasındaki frekanslarda absorban değerleri anlamlı derecede düşük elde edilmiştir ($p<0.05$). 5040 ve 6350 Hz’de ise absorban değerleri yine yaşlı grupta genç gruba kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Genç ve orta-yaşlı gruplar ile orta-yaşlı ve yaşlı gruplar arasında hiçbir frekansta anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplara ait 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorban değerlerinin tanımlayıcı istatistik ve karşılaştırma sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

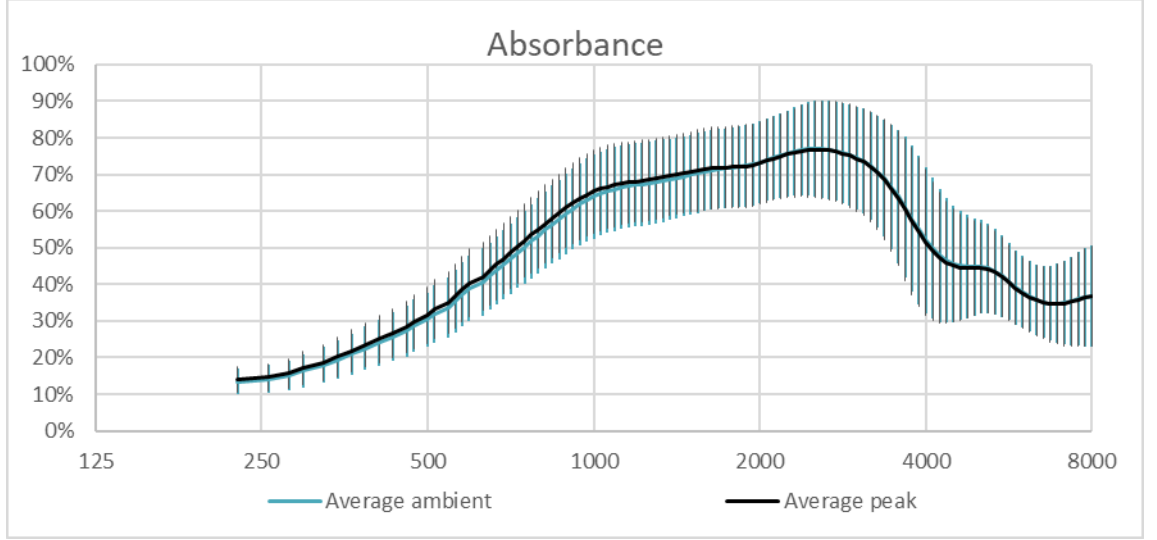
Tablo 8’de verilen farklı yaş gruplarında 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorban değerleri karşılaştırıldığında; 1587, 2000, 2520, 3175, 5040 ve 6350 Hz olmak üzere 6 frekansta gruplar arasında anlamlı farklılık elde edilmiştir ($p<0.05$). Grupların ikili karşılaştırmalarına bakıldığında genç gruba kıyasla yaşlı grupta 1587 ile 3175 Hz arasında absorban değerleri anlamlı derecede düşük iken, 5040 ve 6350 Hz’de absorban değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Genç ve orta-yaşlı gruplar ile orta-yaşlı ve yaşlı gruplar arasında hiçbir frekansta anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 8. Yaş gruplarına göre 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbans değerleri ve karşılaştırma sonuçları

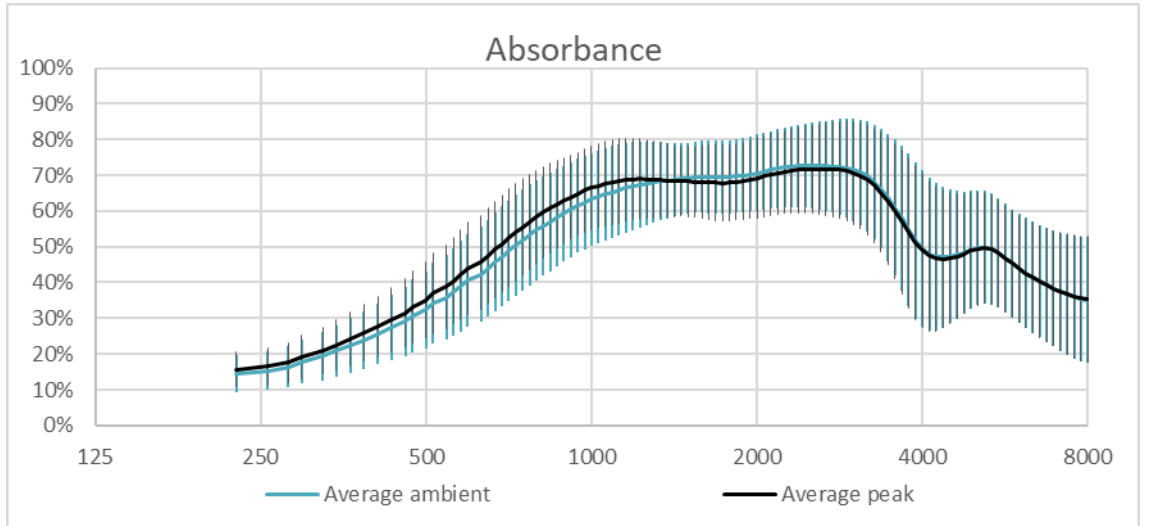
Frekans	Genç (n=64)	Orta-yaşlı (n=60)	Yaşlı (n=60)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,14 ± 0,038 0,13 (0,11;0,17)	0,15 ± 0,054 0,15 (0,11;0,19)	0,15 ± 0,08 0,14 (0,1;0,18)	2,024	0,363 ²
324 Hz	0,18 ± 0,049 0,17 (0,14;0,22)	0,19 ± 0,068 0,19 (0,14;0,24)	0,19 ± 0,101 0,17 (0,13;0,23)	1,759	0,415 ²
408 Hz	0,24 ± 0,062 0,23 (0,2;0,29)	0,26 ± 0,087 0,25 (0,19;0,31)	0,26 ± 0,125 0,23 (0,17;0,31)	1,174	0,556 ²
500 Hz	0,3 ± 0,073 0,3 (0,25;0,35)	0,32 ± 0,109 0,32 (0,25;0,41)	0,33 ± 0,147 0,3 (0,23;0,37)	1,211	0,546 ²
630 Hz	0,41 ± 0,09 0,41 (0,34;0,47)	0,42 ± 0,134 0,41 (0,33;0,53)	0,44 ± 0,175 0,4 (0,32;0,52)	0,367	0,832 ²
794 Hz	0,53 ± 0,103 0,53 (0,45;0,61)	0,55 ± 0,142 0,55 (0,45;0,65)	0,56 ± 0,184 0,56 (0,41;0,7)	0,678	0,509 ¹
1000 Hz	0,64 ± 0,111 0,64 (0,54;0,73)	0,63 ± 0,131 0,62 (0,55;0,71)	0,65 ± 0,165 0,69 (0,53;0,78)	1,866	0,393 ²
1260 Hz	0,68 ± 0,113 0,66 (0,59;0,77)	0,68 ± 0,118 0,69 (0,61;0,75)	0,68 ± 0,121 0,69 (0,63;0,76)	0,587	0,746 ²
1587 Hz	0,71 ± 0,107 0,71 (0,63;0,79) ^a	0,7 ± 0,101 0,69 (0,63;0,78) ^{ab}	0,65 ± 0,104 0,66 (0,57;0,73) ^b	4,929	0,008¹
2000 Hz	0,73 ± 0,112 0,73 (0,64;0,82) ^a	0,68 ± 0,094 0,69 (0,62;0,76) ^{ab}	0,64 ± 0,149 0,65 (0,54;0,75) ^b	8,300	0,000¹
2520 Hz	0,76 ± 0,132 0,77 (0,65;0,86) ^a	0,73 ± 0,122 0,73 (0,64;0,8) ^{ab}	0,68 ± 0,153 0,68 (0,57;0,79) ^b	8,273	0,016²
3175 Hz	0,71 ± 0,146 0,68 (0,61;0,83) ^a	0,68 ± 0,146 0,68 (0,56;0,80) ^{ab}	0,63 ± 0,193 0,63 (0,47;0,78) ^b	6,093	0,048²
4000 Hz	0,51 ± 0,2 0,53 (0,38;0,64)	0,49 ± 0,221 0,49 (0,33;0,63)	0,48 ± 0,22 0,48 (0,33;0,61)	0,333	0,717 ¹
5040 Hz	0,44 ± 0,125 0,44 (0,38;0,5) ^a	0,5 ± 0,163 0,5 (0,36;0,63) ^{ab}	0,53 ± 0,103 0,54 (0,47;0,6) ^b	7,493	0,001¹
6350 Hz	0,36 ± 0,1 0,35 (0,3;0,4) ^a	0,42 ± 0,157 0,38 (0,3;0,54) ^{ab}	0,44 ± 0,124 0,42 (0,36;0,53) ^b	13,976	0,001²
8000 Hz	0,37 ± 0,141 0,37 (0,26;0,46)	0,35 ± 0,178 0,33 (0,24;0,43)	0,33 ± 0,155 0,3 (0,21;0,45)	1,792	0,408 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q₁:1. Çeyreklik; Q₃:3. Çeyreklik; ¹: ANOVA (F); ²: Kruskal Wallis Testi (H); a, b, c: Aynı satırdaki farklı harf veya harf kombinasyonları istatistiksel açıdan anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05)

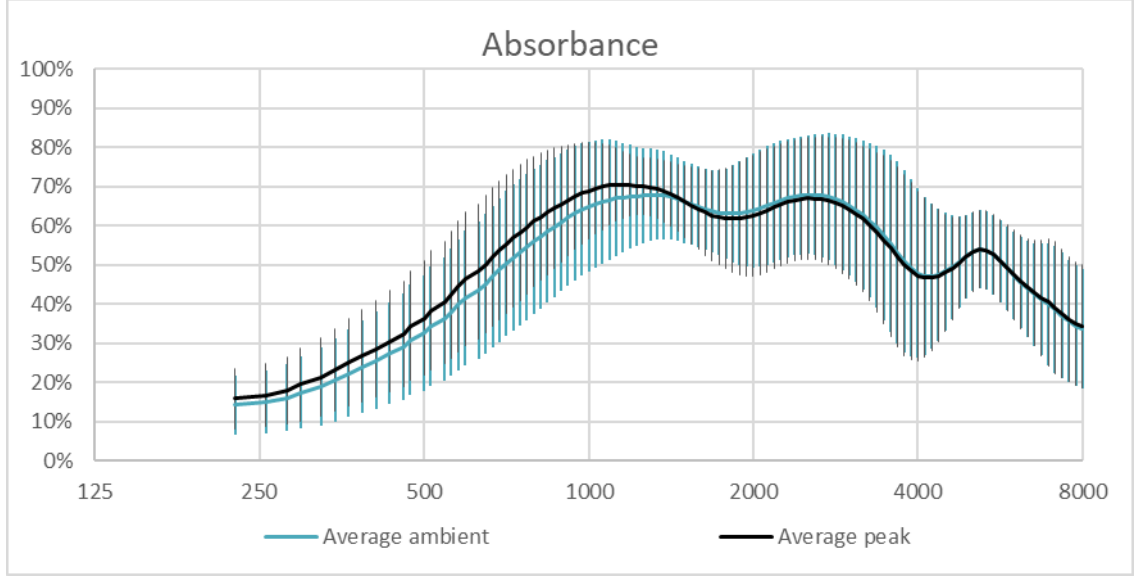
Genç, orta-yaşlı ve yaşlı grupların 226-8000 Hz arasında toplam 107 frekans noktasında elde edilen tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands grafikleri Şekil 21, 22 ve 23'te sunulmuştur. Grafiklerde siyah eğri 226-8000 Hz aralığında 107 frekansta ölçülen tepe basıncında absorbands değerlerini, mavi eğri 226- 8000 Hz aralığında 107 frekansta ölçülen ortam basıncında absorbands değerlerini, taralı alanlar ise 107 frekansta elde edilen absorbands değerlerinin aralığını göstermektedir.



Şekil 21. Genç grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbands grafiği



Şekil 22. Orta-yaşlı grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbands grafiği



Şekil 23. Yaşlı grupta tepe basıncında ve ortam basıncında elde edilen absorbanans grafiği

Grafikler incelendiğinde yaştan bağımsız olarak tüm gruplarda tepe basıncında ve ortam basıncında absorbanans değerlerinin alçak frekanslarda düşük olduğu, 1000-3000 Hz'de maksimum değerlere ulaştığı, daha yüksek frekanslara doğru azaldığı ve yaklaşık 5040 Hz'de minimal bir tepe oluşturduğu görülmektedir.

Absorbanans grafiklerine göre, genç grupta tepe basıncında ve ortam basıncında grafik eğrileri neredeyse tüm frekanslarda birbirine çakışık ilerlerken; orta-yaşlı ve yaşlı gruplarda yaklaşık 1300 Hz'e kadarki frekanslarda ortam basıncında grafik eğrisi tepe basıncında grafik eğrisinin kısmen altında seyretmektedir. Bununla birlikte, yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki grupta da tepe basıncında ve ortam basıncında absorbanans değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çalışmamızda GBT ölçüm sonuçlarının cinsiyetlere göre karşılaştırmaları da verilmiştir. Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplarda RF değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları sırasıyla Tablo 9, 10 ve 11'de sunulmuştur.

Tablo 9. Genç grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

	Erkek (n=32)	Kadın (n=32)		
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	F	p
RF	928,06 ± 171,471	1020,97 ± 225,988	-1,497	0,134 ²
(Hz)	920,5 (804,5;996)	969,5 (850,75;1101,75)		

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 10. Orta-yaşlı grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

	Erkek (n=28)	Kadın (n=32)		
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	F	p
RF	842,21 ± 200,793	964,16 ± 218,648	-2,393	0,017²
(Hz)	818,5 (705,75;901,25)	947 (789;1082,75)		

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 11. Yaşlı grupta rezonans frekansı değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

	Erkek (n=30)	Kadın (n=30)		
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	F	p
RF	793,07 ± 215,349	885,23 ± 211,542	-1,672	0,100 ¹
(Hz)	803 (576,75;944,75)	846 (758,75;1026,5)		

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 9, 10 ve 11’de verilen cinsiyete göre RF değerleri incelendiğinde; tüm gruplarda erkeklerde rezonans frekansı değerinin kadınlara kıyasla sayısal olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Tüm gruplarda rezonans frekansı değerleri cinsiyete göre karşılaştırıldığında; genç ve yaşlı gruplarda RF değerleri kadın ve erkekler arasında anlamlı farklılık göstermezken (p>0.05), orta-yaşlı grupta RF değerleri erkeklerde kadınlara kıyasla anlamlı derecede düşük elde edilmiştir (p<0.05).

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplarda 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları sırasıyla Tablo 12, 13 ve 14'te sunulmuştur.

Cinsiyete göre 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerleri incelendiğinde; tüm yaş gruplarında erkeklerde 1000 Hz'in altındaki frekanslarda absorbanans değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu, 1000 Hz'in üstündeki frekanslarda ise genellikle daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 12'de verilen genç grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 257 ile 500 Hz arasında erkeklerde absorbanans değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 13'te verilen orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 257 ile 408 Hz arasında erkeklerde absorbanans değerleri anlamlı derecede yüksek iken, 2000 ve 3175 Hz'de ise kadınlarda absorbanans değerleri anlamlı derecede yüksek elde edilmiştir ($p<0.05$).

Tablo 14'de verilen yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 3175 ile 5040 Hz arasında kadınlarda absorbanans değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 12. Genç grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=32)	Kadın (n=32)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,16 ± 0,037 0,15 (0,13;0,18)	0,14 ± 0,037 0,13 (0,12;0,16)	2,051	0,044 ¹
324 Hz	0,2 ± 0,05 0,19 (0,17;0,23)	0,17 ± 0,046 0,16 (0,14;0,2)	-2,236	0,025 ²
408 Hz	0,27 ± 0,064 0,25 (0,22;0,3)	0,24 ± 0,062 0,23 (0,19;0,28)	-2,209	0,027 ²
500 Hz	0,33 ± 0,073 0,32 (0,28;0,37)	0,3 ± 0,076 0,28 (0,24;0,35)	-2,108	0,035 ²
630 Hz	0,44 ± 0,09 0,43 (0,38;0,5)	0,4 ± 0,094 0,39 (0,33;0,48)	1,776	0,081 ¹
794 Hz	0,56 ± 0,093 0,56 (0,49;0,63)	0,54 ± 0,116 0,55 (0,43;0,62)	0,538	0,592 ¹
1000 Hz	0,65 ± 0,094 0,64 (0,58;0,73)	0,66 ± 0,126 0,67 (0,56;0,78)	-0,300	0,765 ¹
1260 Hz	0,68 ± 0,084 0,67 (0,63;0,76)	0,69 ± 0,13 0,69 (0,59;0,8)	-0,289	0,773 ¹
1587 Hz	0,72 ± 0,107 0,72 (0,64;0,79)	0,71 ± 0,114 0,7 (0,64;0,8)	0,372	0,711 ¹
2000 Hz	0,72 ± 0,1 0,73 (0,63;0,8)	0,73 ± 0,122 0,72 (0,64;0,85)	-0,541	0,590 ¹
2520 Hz	0,74 ± 0,114 0,7 (0,65;0,85)	0,78 ± 0,146 0,79 (0,64;0,95)	-1,135	0,257 ²
3175 Hz	0,68 ± 0,132 0,66 (0,59;0,8)	0,74 ± 0,163 0,75 (0,61;0,89)	-1,405	0,165 ¹
4000 Hz	0,47 ± 0,186 0,44 (0,36;0,59)	0,54 ± 0,207 0,54 (0,42;0,71)	-1,552	0,126 ¹
5040 Hz	0,44 ± 0,12 0,42 (0,37;0,48)	0,44 ± 0,125 0,46 (0,38;0,53)	-1,021	0,307 ²
6350 Hz	0,38 ± 0,104 0,37 (0,31;0,45)	0,33 ± 0,082 0,33 (0,3;0,37)	-1,813	0,070 ²
8000 Hz	0,4 ± 0,148 0,39 (0,3;0,49)	0,33 ± 0,127 0,33 (0,23;0,45)	1,934	0,058 ¹

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 13. Orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=28)	Kadın (n=32)	F	p
	Ort. ± SS M (Q1;Q3)	Ort. ± SS M (Q1;Q3)		
257 Hz	0,18 ± 0,054 0,19 (0,14;0,23)	0,15 ± 0,045 0,15 (0,11;0,18)	2,683	0,010 ¹
324 Hz	0,23 ± 0,068 0,24 (0,17;0,27)	0,19 ± 0,059 0,19 (0,14;0,24)	2,558	0,013 ¹
408 Hz	0,3 ± 0,088 0,31 (0,23;0,34)	0,26 ± 0,078 0,25 (0,18;0,32)	2,103	0,040 ¹
500 Hz	0,38 ± 0,112 0,4 (0,29;0,45)	0,33 ± 0,099 0,33 (0,22;0,41)	1,972	0,053 ¹
630 Hz	0,48 ± 0,135 0,48 (0,38;0,6)	0,43 ± 0,128 0,42 (0,31;0,55)	-1,408	0,159 ²
794 Hz	0,61 ± 0,127 0,61 (0,51;0,7)	0,56 ± 0,132 0,54 (0,44;0,66)	1,721	0,091 ¹
1000 Hz	0,66 ± 0,115 0,67 (0,58;0,76)	0,66 ± 0,121 0,65 (0,58;0,76)	0,029	0,977 ¹
1260 Hz	0,68 ± 0,116 0,71 (0,61;0,76)	0,7 ± 0,106 0,68 (0,63;0,79)	-0,503	0,617 ¹
1587 Hz	0,67 ± 0,119 0,65 (0,57;0,76)	0,69 ± 0,087 0,68 (0,63;0,77)	-0,956	0,343 ¹
2000 Hz	0,66 ± 0,13 0,65 (0,56;0,75)	0,72 ± 0,09 0,71 (0,67;0,77)	-2,006	0,049 ¹
2520 Hz	0,69 ± 0,132 0,69 (0,57;0,8)	0,74 ± 0,114 0,74 (0,64;0,79)	-1,656	0,103 ¹
3175 Hz	0,64 ± 0,145 0,63 (0,56;0,71)	0,73 ± 0,155 0,74 (0,61;0,85)	-2,168	0,034 ¹
4000 Hz	0,42 ± 0,185 0,41 (0,28;0,56)	0,54 ± 0,23 0,51 (0,33;0,77)	-1,867	0,062 ²
5040 Hz	0,51 ± 0,14 0,53 (0,41;0,62)	0,48 ± 0,176 0,43 (0,34;0,61)	0,646	0,521 ¹
6350 Hz	0,45 ± 0,164 0,49 (0,32;0,60)	0,39 ± 0,115 0,37 (0,31;0,47)	1,793	0,078 ¹
8000 Hz	0,39 ± 0,184 0,34 (0,27;0,49)	0,32 ± 0,134 0,31 (0,25;0,38)	-1,534	0,125 ²

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 14. Yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında tepe basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=30)	Kadın (n=30)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,18 ± 0,09 0,17 (0,1;0,22)	0,15 ± 0,067 0,14 (0,11;0,19)	-1,301	0,193 ²
324 Hz	0,24 ± 0,111 0,22 (0,14;0,27)	0,19 ± 0,085 0,17 (0,14;0,24)	-1,523	0,128 ²
408 Hz	0,32±0,134 0,3 (0,22;0,37)	0,26 ± 0,105 0,23 (0,2;0,32)	-1,878	0,060 ²
500 Hz	0,4 ± 0,151 0,37 (0,28;0,46)	0,33 ± 0,134 0,3 (0,25;0,41)	-1,737	0,082 ²
630 Hz	0,52 ± 0,171 0,49 (0,38;0,64)	0,46 ± 0,169 0,44 (0,34;0,58)	1,347	0,183 ¹
794 Hz	0,64 ± 0,149 0,63 (0,53;0,76)	0,59 ± 0,176 0,6 (0,44;0,73)	1,148	0,256 ¹
1000 Hz	0,72 ± 0,101 0,73 (0,65;0,79)	0,67 ± 0,128 0,68 (0,57;0,78)	-1,286	0,198 ²
1260 Hz	0,72 ± 0,073 0,71 (0,67;0,76)	0,69 ± 0,062 0,69 (0,63;0,74)	1,460	0,150 ¹
1587 Hz	0,65 ± 0,123 0,67 (0,57;0,74)	0,64 ± 0,083 0,63 (0,56;0,69)	0,501	0,619 ¹
2000 Hz	0,62 ± 0,182 0,64 (0,5;0,78)	0,64 ± 0,13 0,66 (0,57;0,74)	-0,498	0,620 ¹
2520 Hz	0,65 ± 0,162 0,65 (0,51;0,76)	0,7 ± 0,15 0,68 (0,64;0,82)	-1,295	0,201 ¹
3175 Hz	0,53 ± 0,159 0,55 (0,39;0,68)	0,7 ± 0,185 0,69 (0,53;0,85)	-3,738	0,001 ¹
4000 Hz	0,36 ± 0,142 0,34 (0,25;0,49)	0,59 ± 0,224 0,57 (0,45;0,77)	-4,844	0,001 ¹
5040 Hz	0,5 ± 0,101 0,52 (0,44;0,57)	0,56 ± 0,096 0,57 (0,49;0,63)	-2,346	0,022 ¹
6350 Hz	0,45 ± 0,126 0,44 (0,36;0,54)	0,43 ± 0,13 0,41 (0,36;0,54)	0,667	0,507 ¹
8000 Hz	0,37 ± 0,18 0,32 (0,22;0,51)	0,31 ± 0,132 0,29 (0,2;0,43)	1,542	0,128 ¹

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Genç, orta-yaşlı ve yaşlı gruplarda 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları sırasıyla Tablo 15, 16 ve 17’de verilmiştir.

Cinsiyete göre 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerleri incelendiğinde; tüm yaş gruplarında erkeklerde 1000 Hz’in altındaki frekanslarda absorbands değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu, 1000 Hz’in üstündeki frekanslarda ise genellikle daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 15’de verilen genç grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 324 Hz’de erkeklerde absorbands değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 16’da verilen orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 257, 324, 408 ve 794 Hz’de erkeklerde absorbands değerleri anlamlı derecede yüksek iken, 2000 ve 3175 Hz’de kadınlarda absorbands değerleri anlamlı derecede yüksek elde edilmiştir ($p<0.05$).

Tablo 17’de verilen yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırmaları incelendiğinde; 3175, 4000 ve 5040 Hz’de kadınlarda absorbands değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 15. Genç grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=32)	Kadın (n=32)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,15 ± 0,036 0,14 (0,12;0,18)	0,13 ± 0,038 0,13 (0,11;0,15)	1,803	0,076 ¹
324 Hz	0,19 ± 0,048 0,18 (0,15;0,23)	0,17 ± 0,048 0,16 (0,14;0,18)	2,012	0,049 ¹
408 Hz	0,26 ± 0,057 0,24 (0,22;0,3)	0,23 ± 0,065 0,22 (0,18;0,24)	1,856	0,068 ¹
500 Hz	0,32 ± 0,064 0,31 (0,27;0,36)	0,29 ± 0,079 0,27 (0,23;0,33)	1,715	0,091 ¹
630 Hz	0,42 ± 0,078 0,42 (0,36;0,48)	0,39 ± 0,099 0,38 (0,31;0,47)	1,537	0,129 ¹
794 Hz	0,54 ± 0,082 0,53 (0,47;0,61)	0,53 ± 0,121 0,53 (0,42;0,62)	0,481	0,632 ¹
1000 Hz	0,64 ± 0,094 0,62 (0,55;0,72)	0,64 ± 0,127 0,65 (0,54;0,74)	-0,127	0,899 ¹
1260 Hz	0,67 ± 0,089 0,66 (0,59;0,73)	0,68 ± 0,133 0,66 (0,58;0,8)	-0,491	0,625 ¹
1587 Hz	0,71 ± 0,096 0,72 (0,64;0,76)	0,7 ± 0,119 0,7 (0,62;0,81)	0,082	0,935 ¹
2000 Hz	0,72 ± 0,104 0,73 (0,64;0,8)	0,73 ± 0,122 0,73 (0,64;0,85)	-0,418	0,678 ¹
2520 Hz	0,74 ± 0,115 0,71 (0,65;0,86)	0,79 ± 0,145 0,79 (0,65;0,95)	-1,215	0,224 ²
3175 Hz	0,69 ± 0,131 0,66 (0,59;0,8)	0,74 ± 0,157 0,75 (0,61;0,89)	-1,563	0,123 ¹
4000 Hz	0,47 ± 0,189 0,44 (0,37;0,6)	0,55 ± 0,207 0,56 (0,43;0,71)	-1,546	0,127 ¹
5040 Hz	0,44 ± 0,124 0,42 (0,37;0,48)	0,44 ± 0,128 0,46 (0,39;0,52)	-0,940	0,347 ²
6350 Hz	0,39 ± 0,105 0,36 (0,31;0,46)	0,33 ± 0,067 0,33 (0,3;0,37)	-1,887	0,059 ²
8000 Hz	0,4 ± 0,142 0,39 (0,3;0,47)	0,34 ± 0,121 0,33 (0,23;0,45)	1,685	0,097 ¹

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 16. Orta-yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=28)	Kadın (n=32)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,17 ± 0,053 0,17 (0,12;0,22)	0,14 ± 0,05 0,13 (0,11;0,17)	2,437	0,018 ¹
324 Hz	0,21 ± 0,066 0,22 (0,16;0,26)	0,17 ± 0,065 0,17 (0,13;0,22)	2,371	0,021 ¹
408 Hz	0,28 ± 0,085 0,28 (0,22;0,34)	0,24 ± 0,084 0,24 (0,17;0,3)	2,002	0,049 ¹
500 Hz	0,35 ± 0,107 0,34 (0,28;0,42)	0,3 ± 0,105 0,3 (0,22;0,39)	1,976	0,053 ¹
630 Hz	0,45 ± 0,126 0,43 (0,37;0,55)	0,4 ± 0,137 0,4 (0,28;0,5)	1,667	0,101 ¹
794 Hz	0,58 ± 0,124 0,59 (0,47;0,68)	0,51 ± 0,15 0,51 (0,42;0,62)	2,037	0,046 ¹
1000 Hz	0,65 ± 0,114 0,63 (0,55;0,73)	0,62 ± 0,145 0,62 (0,53;0,71)	0,913	0,365 ¹
1260 Hz	0,68 ± 0,12 0,71 (0,61;0,76)	0,67 ± 0,118 0,66 (0,59;0,75)	0,311	0,757 ¹
1587 Hz	0,68 ± 0,117 0,68 (0,58;0,77)	0,71 ± 0,085 0,7 (0,64;0,78)	-0,917	0,363 ¹
2000 Hz	0,68 ± 0,125 0,67 (0,56;0,77)	0,73 ± 0,084 0,72 (0,67;0,78)	-2,090	0,041 ¹
2520 Hz	0,7 ± 0,13 0,7 (0,59;0,81)	0,75 ± 0,112 0,75 (0,65;0,8)	-1,575	0,121 ¹
3175 Hz	0,65 ± 0,143 0,65 (0,56;0,76)	0,73 ± 0,158 0,76 (0,62;0,87)	-2,043	0,046 ¹
4000 Hz	0,43 ± 0,184 0,42 (0,32;0,56)	0,55 ± 0,237 0,51 (0,34;0,78)	-1,874	0,061 ²
5040 Hz	0,51 ± 0,14 0,53 (0,41;0,62)	0,49 ± 0,181 0,43 (0,34;0,63)	0,512	0,611 ¹
6350 Hz	0,45 ± 0,176 0,43 (0,32;0,62)	0,39 ± 0,121 0,38 (0,28;0,47)	1,674	0,099 ¹
8000 Hz	0,38 ± 0,194 0,34 (0,26;0,46)	0,32 ± 0,145 0,31 (0,23;0,39)	1,502	0,139 ¹

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

Tablo 17. Yaşlı grupta 1/3 oktav frekanslarında ortam basıncında absorbanans değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları

Frekans	Erkek (n=30)	Kadın (n=30)	F	p
	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)	Ort. ± SS M (Q ₁ ;Q ₃)		
257 Hz	0,17 ± 0,097 0,15 (0,1;0,2)	0,14 ± 0,056 0,14 (0,09;0,16)	-0,872	0,383 ²
324 Hz	0,21 ± 0,121 0,19 (0,13;0,25)	0,17 ± 0,072 0,17 (0,13;0,2)	-0,983	0,325 ²
408 Hz	0,29 ± 0,147 0,25 (0,17;0,33)	0,23 ± 0,091 0,21 (0,17;0,27)	-1,331	0,183 ²
500 Hz	0,36 ± 0,169 0,32 (0,23;0,44)	0,3 ± 0,116 0,27 (0,23;0,35)	-1,405	0,160 ²
630 Hz	0,47 ± 0,193 0,43 (0,34;0,56)	0,41 ± 0,155 0,4 (0,3;0,5)	-0,954	0,340 ²
794 Hz	0,58 ± 0,192 0,58 (0,43;0,73)	0,55 ± 0,178 0,56 (0,37;0,67)	0,529	0,599 ¹
1000 Hz	0,66 ± 0,183 0,7 (0,56;0,79)	0,65 ± 0,147 0,68 (0,52;0,78)	-0,488	0,626 ²
1260 Hz	0,68 ± 0,15 0,69 (0,62;0,78)	0,69 ± 0,085 0,69 (0,62;0,76)	-0,155	0,877 ²
1587 Hz	0,66 ± 0,114 0,69 (0,57;0,74)	0,64 ± 0,096 0,65 (0,56;0,71)	0,622	0,536 ¹
2000 Hz	0,64 ± 0,162 0,67 (0,52;0,77)	0,64 ± 0,137 0,65 (0,58;0,75)	0,069	0,945 ¹
2520 Hz	0,65 ± 0,155 0,66 (0,51;0,77)	0,71 ± 0,149 0,69 (0,64;0,82)	-1,457	0,151 ¹
3175 Hz	0,54 ± 0,17 0,55 (0,4;0,68)	0,71 ± 0,18 0,7 (0,56;0,86)	-3,696	0,001¹
4000 Hz	0,37 ± 0,145 0,34 (0,25;0,51)	0,59 ± 0,225 0,58 (0,43;0,79)	-4,602	0,001¹
5040 Hz	0,5 ± 0,101 0,52 (0,44;0,58)	0,56 ± 0,097 0,57 (0,48;0,63)	-2,018	0,044²
6350 Hz	0,45 ± 0,12 0,44 (0,36;0,53)	0,43 ± 0,129 0,4 (0,37;0,54)	0,525	0,602 ¹
8000 Hz	0,36 ± 0,174 0,3 (0,22;0,51)	0,31 ± 0,131 0,29 (0,2;0,43)	1,410	0,164 ¹

Ort.: Ortalama; SS: Standart Sapma; M: Medyan; Q1:1. Çeyreklik; Q3:3. Çeyreklik; ¹: Bağımsız t testi (t); ²: Man Whitney U testi (z)

5. TARTIŞMA

Yaşlanmayla iç kulak anatomi ve fizyolojisinde meydana gelen değişiklikler birçok çalışmayla ortaya konulmuştur. Yapılan histopatolojik çalışmalarla, yaşlı bireylerde corti organında sensör hücre dejenerasyonu ve destek hücrelerinin kaybı, spiral ganglion hücrelerinin ilerleyici kaybı ve dejenerasyonu, spiral laminadaki sinir liflerinin kaybı ve internal işitsel arterin iç elastik laminasının hipertrofisi bildirilmiştir (Jayakody vd., 2018). Bunun yanı sıra, daha az sayıda olmakla birlikte, yaşın orta kulak üzerine etkisini inceleyen çalışmalar da yapılmıştır. Orta kulak yapılarındaki yaşa bağlı değişimleri inceleyen anatomik çalışmalar yaşlanmayla birlikte orta kulak sertliğinin arttığını öne sürmüştür. Işık ve elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde yaş arttıkça timpanik membranın hücreliliği ve vaskülaritesinin azaldığı; buna bağlı olarak da elastikiyetinin azaldığı ve sertliğinin arttığı bildirilmiştir (Ruah vd., 1991). Başka bir çalışmada histerezis ile orta kulağın viskoelastik özelliği değerlendirilmiştir ve histerezisin yaşla birlikte azaldığı öne sürülmüştür (Gaihede ve Koefoed-Nielsen, 2000). Bu durum orta kulak sertliğinin arttığı görüşünü desteklemektedir. Yapılan histolojik bir çalışmada orta kulakta bulunan incudomalleal ve inkudostapedial eklemlerde yaşlanmayla birlikte orta kulakta sertlik etkisini artıran artritik değişiklikler görüldüğü bildirilmiştir ancak bu artritik değişikliklerin orta kulak sisteminin iletim mekanizmasını bozmadığı öne sürülmüştür (Etholm ve Belal, 1974). Yapılan anatomik ve histolojik çalışmalar artan yaşla birlikte orta kulakta sertleşme etkisinin meydana geldiğini göstermekle birlikte, bu anatomik değişikliklerin yaşlı bireylerde sesin mekanik iletimine ve buna bağlı olarak da timpanometrik ölçüm sonuçları üzerine etkisi kesin olarak bilinmemektedir.

Orta kulaktaki yaş etkisini inceleyen çalışmaların çoğu, tek frekans timpanometri ile yapılmıştır. Bu çalışmalar tutarsız sonuçlar göstermekle birlikte, yaşın timpanometrik ölçüm sonuçları üzerine bir etkisi olabileceği gözlemlenmiştir. Literatürde, orta kulaktaki sertliğin artmasıyla tutarlı olarak yaşlı yetişkinlerde statik admittansın azaldığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Jerger vd., 1972; Blood ve Greenberg, 1977). Yaşlanmanın timpanometri sonuçlarına etkisini değerlendiren bir çalışmada, yaşlanmayla birlikte statik admittansın ve eşdeğer kulak kanalı hacminin azalma eğiliminde olduğu bulunmuştur (Wiley vd., 1996). Benzer şekilde başka bir çalışmada artan yaşla statik admittans değerinde küçük bir düşüş görüldüğü bildirilmiştir (Nondahl

vd., 2013). Ancak yaşlı yetişkinlerde timpanometri sonuçlarını inceleyen diğer bir çalışmada, yaşla birlikte statik admittansın arttığı ortaya konulmuştur (Beattie ve Leamy, 1975). Bunu destekler şekilde, yaşlı yetişkinlerde yürütülen bir takip çalışmasında artan yaşla statik admittans değerinde ve eşdeğer kulak kanalı hacminde artış olduğu tespit edilmiştir (Wiley, Nondahl, Cruickshanks ve Tweed, 2005). Bu çalışmaların sonuçları yaşlanmayla orta kulak sisteminde sertliğin arttığı görüşüyle çelişmektedir. Ek olarak, timpanometri sonuçlarının yaşa bağlı değişimlerden etkilenmediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Nerbonne, Bliss ve Schow, 1978; Thompson, Sills, Recke ve Bui, 1979; Uchida vd., 2000; Stenklev, Vik ve Laukli, 2004).

Çalışmamızda üç farklı yaş grubundan elde edilen standart 226 Hz timpanometri sonuçları incelendiğinde; gruplar arasında statik admittans, eşdeğer kulak kanalı hacmi ve timpanometrik genişlik parametreleri arasında anlamlı farklılık elde edilmemiştir. Timpanometrik tepe basıncı değeri ise yaşlı grupta, genç gruba kıyasla anlamlı derecede düşük elde edilmiştir. Artan yaşa bağlı olarak tepe basıncının negatife kaydığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu farklılığın orta kulağın iletim mekanizmasını etkileyecek kadar büyük olmadığı düşünülmektedir. Çalışmamız standart timpanometri ölçümünde statik admittans ve timpanometrik genişlik değerlerinin yaştan etkilenmediğini bildiren çalışmalarla tutarlıdır (Holte, 1996; Uchida vd., 2000; Feeney ve Sanford, 2004; Williams, 2016).

Yaşlanmayla orta kulak sertliğinde bir değişiklik meydana geliyorsa, artan yaş ile birlikte standart 226 Hz timpanometri ölçüm sonuçlarının etkilenmesi beklenir. Bununla birlikte, orta kulak sertliğini etkileyen otoskleroz gibi patolojilerde normal timpanometri değerleri elde edilebileceği bildirilmiştir (Browning vd., 1985). Bu nedenle, standart 226 Hz timpanometri ölçümünün orta kulaktaki yaş etkisini belirlemede yeterli duyarlılığa sahip bir yöntem olmayacağı düşünülmektedir.

Nispeten yeni bir ölçüm tekniği olan geniş bant akustik immitansmetri, geniş bir frekans aralığını değerlendirmesi nedeniyle standart timpanometriyle karşılaştırıldığında orta kulaktaki yaş etkileri hakkında daha fazla bilgi sağlar. Yapılan sınırlı sayıda çalışmanın sonucunda, yaşa bağlı değişimlerin geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarını etkileyebileceği ortaya konulmuştur (Feeney ve Sanford, 2004; Mazlan vd., 2015). Bu

çalışmada orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimlerin üç farklı yaş grubunda GBT ölçüm sonuçlarına etkisi incelenmiştir.

Rezonans frekansı (RF), orta kulağı kontrol eden kütle ve sertlik bileşenlerinin eşit olması ve birbirlerini nötrlemesi nedeniyle suseptansın 0 olduğu prob frekansdır (André, Sanches ve Carvallo, 2012). Literatürde sağlıklı yetişkinlerde RF değerleri farklılık göstermektedir. Bu farklılığın nedeni yaş, cinsiyet ve etnik kökene bağlı olarak dış ve orta kulak yapısının değişkenlik göstermesidir (Shahnaz ve Bork, 2006; Park, 2017). İnsan orta kulak sisteminin rezonansının 800-1200 Hz arasında olduğu bildirilmiştir (Shanks, 1984). Yapılan bir çalışmada ortalama RF değeri 1049 ± 261 Hz olarak bulunmuştur (Valvik, Johnsen ve Laukli, 1994). Diğer bir çalışmada 21-46 yaş arası sağlıklı yetişkinlerde RF değeri 999.6 ± 134.9 Hz olarak belirlenmiştir (Sezin, Hızal, Erbek ve Özlüoğlu, 2013). Benzer bir çalışmada, sağlıklı genç yetişkinlerde ortalama RF değeri 964.6 Hz olarak bulunmuştur (Polat, Baş, Hayır, Bulut ve Ataş, 2015). Başka bir çalışmada 20-49 yaş arası bireyin ortalama RF değeri 912 Hz olarak elde edilmiştir (Şahin ve Aksoy, 2021). Çalışmamızda farklı yaş gruplarında ortalama RF değerleri genç yetişkinlerde 974.5 ± 204.43 Hz, orta-yaşlı yetişkinlerde 907.2 ± 217.56 Hz ve yaşlı yetişkinlerde 839.1 ± 216.68 Hz olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar benzer yaş gruplarında ve aynı toplumda yapılan diğer çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Sezin vd., 2013; Polat vd., 2015; Şahin ve Aksoy, 2021).

Yaşın RF değerine etkisi incelendiğinde literatürde farklı sonuçlar mevcuttur. Holte (1996), yaşları 20 ile 80 arasında değişen yetişkinlerde RF değerini belirlemiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir yaş etkisi bulamamıştır. Başka bir çalışmada, yaşları 48 ile 90 arasında değişen bireylerde RF değerinde yaşa bağlı anlamlı bir farklılık bildirilmemiştir (Wiley vd., 1999). Benzer şekilde, yaşları 40 ile 70 arasında değişen yetişkinlerde RF değerinde yaşa bağlı anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Uchida vd., 2000). Genç ve yaşlı yetişkinlerde RF değerini karşılaştıran çalışmalar ise yaşlı yetişkinlerde daha düşük sonuçlar elde etmiştir (Williams, 2016; Tekin Dal, 2019). Buna benzer şekilde, bizim çalışmamızda da yaşlı yetişkinlerde elde edilen RF değeri genç yetişkinlere kıyasla anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda orta-yaşlı yetişkinlerde elde edilen RF değeri anlamlı olmamakla birlikte genç yetişkinlerden düşük, yaşlı yetişkinlerden yüksek elde edilmiştir. Orta-yaşlı ve yaşlı

yetişkinlerin RF değerlerinde anlamlı farklılık elde edilmemesi, çalışmamıza benzer yaş aralıklarında RF değerlerini karşılaştıran ve anlamlı bir yaş etkisi bulamayan diğer çalışmaları kısmen desteklemektedir (Wiley vd., 1999; Uchida vd., 2000).

Elde ettiğimiz sonuçlara göre, RF değeri artan yaşa bağlı olarak düşmektedir. Literatürde orta kulakta sertliğin arttığı durumlarda normalden yüksek RF değerleri (Shahnaz ve Polka, 1997; Miani vd., 2000; Ogut vd., 2008); sertliğin azaldığı durumlarda ise normalden düşük RF değerleri bildirilmiştir (Lai vd., 2008; Wada vd., 1998). Buna göre, yaşın artmasıyla birlikte RF değerinin azalması yaşlanmayla orta kulakta sertliğin azaldığını destekleyen bir bulgudur. Bu bulgular orta kulakta sertlik etkisinin azaldığını gösteren diğer çalışmalarla desteklenmektedir (Beattie ve Leamy, 1975; Feeney ve Sanford, 2004; Wiley vd., 2005). Ancak yaşlanmayla orta kulakta sertliğin arttığını gösteren anatomik ve histolojik çalışmalarla desteklenmemektedir (Ruah vd., 1991; Gaihede ve Koefoed-Nielsen, 2000).

Literatürde geniş bant akustik immitansmetri ölçümlerinde sıklıkla orta kulaktan geri yansıyan enerjinin kulak kanalından verilen akustik enerjiye oranını ifade eden enerji reflektans (ER) değerlendirilmiştir (Margolis vd., 1999; Feeney ve Sanford, 2004; Shahnaz ve Bork, 2006). ER, akustik enerjinin tamamının orta kulak tarafından absorbe edildiğini gösteren 0 ile tüm enerjinin geri yansıtıldığını gösteren 1 arasında değişmektedir (Stinson, 1990). Sağlıklı yetişkinlerde ortam basıncında ER'yi değerlendiren normalizasyon çalışmalarında alçak frekanslarda reflektansın yüksek olduğu, yaklaşık 1000 Hz'e kadar giderek düştüğü, 2000 ile 4000 Hz arasında en düşük değerlere ulaştığı ve 4000 Hz'in üzerinde giderek arttığı bildirilmiştir (Keefe vd., 1993; Margolis vd., 1999; Shahnaz ve Bork, 2006). Orta kulak ile kulak kanalı tarafından absorbe edilen enerjinin kulak kanalına verilen enerjiye oranını gösteren enerji absorbansı (EA) değerlendiren çalışmalar da yapılmıştır. Normal yetişkinlerde hem tepe basıncında hem de ortam basıncında absorbans değerleri alçak frekanslarda düşükken 1500 Hz'e kadar giderek yükselmiştir, 1500 ile 3000 Hz arasında hafif bir düşüş göstermiştir ve 3000 Hz'den 5000-6000 Hz'e kadar giderek azalmıştır (Burdiek ve Sun, 2014). Bunu destekler şekilde sağlıklı yetişkinlerde yapılan GBT normalizasyon çalışmalarında, tepe basıncında absorbans değerlerinin alçak frekanslarda düşük olduğu, yaklaşık 1000 Hz'e kadar giderek yükseldiği, 1000 ile 3200 Hz arasında nispeten sabit olduğu ve 3200 Hz'in üzerinde giderek azaldığı gösterilmiştir (Polat vd., 2015;

Hougaard vd., 2020). Bizim çalışmamızda da, yaştan bağımsız olarak tüm yetişkin gruplarında tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerlerinin alçak frekanslarda düşük olduğu, yaklaşık 1000 Hz'e kadar giderek yükseldiği, 1000-3000 Hz'de maksimum değerlere ulaştığı ve daha yüksek frekanslara doğru azaldığı tespit edilmiştir.

Yetişkinlerde geniş bant akustik immitansmetri normatif değerleri bildirilmiş olmasına rağmen, yaşın ölçüm sonuçlarına etkisini inceleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır. Literatürde sıklıkla genç yetişkinlere ait geniş bant akustik immitansmetri değerlerinin incelendiği görülmektedir (Voss ve Allen, 1994; Shahnaz ve Bork, 2006). Yaşlı yetişkinlerde geniş bant akustik immitansmetri değerleri ilk kez Feeney ve Sanford (2004) tarafından belirlenmiştir. Genç ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında ER değerlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada, gençlere kıyasla yaşlılarda 794 ile 2000 Hz arasında reflektans anlamlı derecede düşük (absorbans yüksek), 4000 Hz'de ise reflektans anlamlı derecede yüksek (absorbans düşük) elde edilmiştir (Feeney ve Sanford, 2004). Bir başka çalışmada, genç ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında ER değerleri karşılaştırılmıştır ve 1007 ile 5039 Hz arasında gençlerde önemli ölçüde daha düşük reflektans (daha yüksek absorbans) elde edilmiştir (Carpenter vd., 2012). Genç ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında EA değerlerini karşılaştıran çalışmalarda, yaşlılarda alçak frekanslarda absorbands değerleri anlamlı olarak yüksek bulunurken yüksek frekanslarda absorbands değerleri anlamlı olarak düşük elde edilmiştir (Williams, 2016; Tekin Dal, 2019). Genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında EA değerlerini karşılaştıran bir çalışmada; diğer iki gruba kıyasla genç yetişkinlerin 2000 ile 5040 Hz arasında daha yüksek absorbansa sahip olduğu ayrıca orta-yaşlı yetişkinlerin genç yetişkinlere kıyasla 280 ile 500 Hz arasında daha yüksek absorbans gösterdiği bildirilmiştir (Mazlan vd., 2015). Bizim çalışmamızda üç farklı yaş grubunda ortam basıncında absorbands değerlerinin karşılaştırma sonuçlarına göre; 1587 ile 3175 Hz arasındaki frekanslarda artan yaşla birlikte absorbands değerleri anlamlı olarak azalmıştır. İkili karşılaştırma sonuçları incelendiğinde; genç ve yaşlı yetişkinler arasında 1587 ile 3175 Hz arasındaki frekanslarda anlamlı farklılık bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar diğer çalışmaları destekler şekilde, yaşlanmayla orta kulakta meydana gelen değişimlere bağlı olarak ortam basıncında absorbands değerlerinin etkilendiğini göstermektedir (Feeney ve Sanford, 2004; Mazlan vd., 2015; Williams,

2016; Tekin Dal, 2019). Elde ettiğimiz bulgulara ve diğer çalışmaların sonuçlarına göre hem alçak hem de daha yüksek frekanslarda ortam basıncında absorbands değerleri yaşa bağlı değişiklik göstermesine rağmen, yüksek frekansların yaşa bağlı değişimlerden daha fazla etkilendiği düşünülmektedir.

Literatür incelendiğinde, farklı yaş gruplarında geniş bant akustik immitansmetri bulgularını değerlendiren çalışmaların sıklıkla ortam basıncında reflektans ya da absorbands değerlerini inceledikleri görülmektedir (Feeney ve Sanford, 2004; Mazlan vd., 2015). Yaşlanmanın tepe basıncında absorbands değerlerine etkisini inceleyen bizim çalışmamız da dahil olmak üzere birkaç çalışma bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda elde edilen bulgular incelendiğinde; 1000 Hz'in altındaki alçak frekanslarda yaşla birlikte absorbands değerlerinin sayısal olarak arttığı ancak bu artışın yalnızca genç ve yaşlı yetişkinler arasında 794 Hz'de anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışmamızda elde edilen bir diğer bulguya göre; 1587 ile 3175 Hz arasındaki daha yüksek frekanslarda absorbands değerleri artan yaşla birlikte azalmıştır ve bu farklılık genç ve yaşlı yetişkinler arasında anlamlı bulunmuştur. Literatür incelendiğinde, genç ve yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerlerinin incelendiği bir çalışmada; yaşlı yetişkinlerde 226 ile 1260 Hz arasında absorbands değerlerinin anlamlı derecede yüksek elde edildiği, 4000 ve 5040 Hz'de ise anlamlı olarak düştüğü görülmüştür (Williams, 2016). Benzer bir diğer çalışmada gençlere kıyasla yaşlı yetişkinlerde 226 ile 2000 Hz arasında absorbands değerleri anlamlı olarak yüksekken, 3175 ile 6350 Hz arasında anlamlı olarak düşük bulunmuştur (Tekin Dal, 2019). Bu çalışmalardan elde edilen bulgular ile bizim çalışmamızın bulguları birlikte incelendiğinde; sonuçların birbiriyle tutarlı olduğu ve alçak frekanslarda tepe basıncında absorbands değerlerinin yaşla birlikte arttığı, daha yüksek frekanslarda ise tepe basıncında absorbands değerlerinin yaşla birlikte azaldığı görülmüştür. Buna göre, yaşlanmayla orta kulakta meydana gelen değişimlere bağlı olarak GBT ölçüm sonuçlarının etkilendiği görülmektedir. Literatürde orta-yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerlerini inceleyen başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Literatürü destekler şekilde, elde ettiğimiz bulgulara göre artan yaşla alçak frekanslarda absorbands değerlerinin arttığı, daha yüksek frekanslarda absorbands değerlerinin ise azaldığı görülmektedir. Yaşlı yetişkinlerde absorbands değerlerindeki bu farklılığın yaşlanmayla orta kulak sertliğindeki azalmadan kaynaklandığı öne sürülmüştür (Feeney

ve Sanford, 2004; Mazlan vd., 2015). Ayrıca yaşlı yetişkinlerde yüksek frekanslarda absorbands değerlerinin düşük elde edilmesinin de orta kulakta sertliğin azalmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Mazlan vd., 2015; Tekin Dal, 2019). Literatürde sertliğin arttığı durumlarda 1000 Hz'in altındaki frekanslarda reflektansın arttığını (absorbansın azaldığını), sertliğin azaldığı durumlarda ise 1000 Hz'in altındaki frekanslarda reflektansın azaldığını (absorbansın arttığını) bildiren çalışmalar bu görüşü desteklemektedir (Feeney vd., 2003; Shahnaz vd., 2009).

Bizim çalışmamızda, literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak yaşlı grupta 5040 ve 6350 Hz frekanslarında tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerleri genç gruba kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Absorbans grafikleri incelendiğinde, tüm yaş gruplarında yaklaşık 5400 Hz'de minimal bir tepe oluşturacak şekilde 4350 Hz'den itibaren absorbands değerlerinde küçük bir artış görüldüğü ancak bu artışın diğer gruplara kıyasla yaşlı yetişkinlerde daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışmamızdaki absorbands grafikleri incelendiğinde; yaklaşık 4350 Hz'den itibaren absorbands değerlerinde bir artışla minimal bir çentik oluşması aynı cihazla ve aynı toplumda yapılan diğer çalışmalarda da bildirilmiştir (Polat vd., 2015; Tekin Dal, 2019; Şahin ve Aksoy, 2021). Bu farklılığın cihaz farklılığı ve etnisite özelliklerinden kaynaklanabileceği öne sürülmekle birlikte (Şahin ve Aksoy, 2021), literatürde bu farklılığı açıklayan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Mazlan vd. (2015), çalışmamızdaki yaş gruplarına benzer şekilde genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında absorbands değerlerini incelediği çalışmasında; orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinler arasında absorbands değerlerinde anlamlı farklılık bulamamasına rağmen, genç yetişkinlerin absorbands değerlerinde diğer gruplara kıyasla anlamlı farklılık elde etmiştir. Bu bulgular yaşlanmanın dış ve orta kulak üzerindeki etkisinin orta yaştan başlayabileceğini göstermektedir. Bizim çalışmamızda orta-yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerlerinin hem genç hem de yaşlı yetişkinlere kıyasla anlamlı farklılık göstermemesi ancak artan yaşla sayısal olarak değişmesi bu bulguları kısmen desteklemektedir. Bizim çalışmamızda Mazlan vd. (2015)'nin çalışmasından farklı olarak genç ve orta-yaşlı yetişkinlerin absorbands değerlerinde anlamlı farklılık bulunmaması, çalışmamızdaki orta-yaşlı grubun yaş ortalamasının daha düşük olmasından kaynaklanabileceği gibi etnisite farklılığının da

bu duruma etkisi olabileceği düşünülmektedir. Orta-yaşlı yetişkinlerde yaşlanmanın orta kulağa etkisini araştırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Ortam basıncında absorbands değerleri kulak kanalındaki basınç değiştirilmeden (0 daPa basınçta) elde edilirken, tepe basıncında absorbands değerleri kulak zarının her iki tarafındaki basınçın eşit olduğu noktada ölçülür. Farklı yaş gruplarında elde edilen tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerleri karşılaştırıldığında; orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde alçak frekanslarda (yaklaşık 1300 Hz'e kadar) tepe basıncında absorbands değerlerinin ortam basıncında absorbands değerlerinden kısmen yüksek olduğu ancak bu farklılığın anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu bulgu, alçak frekanslarda ortam basıncında daha düşük absorbands değerleri kaydeden başka bir çalışma ile tutarlıdır (Kenny, 2011). Ek olarak, literatürde basınçın daha negatif olduğu durumlarda özellikle alçak ve orta frekanslarda absorbands değerlerinin etkilendiğini bildiren çalışmalar da bu bulgumuzu desteklemektedir (Shaver ve Sun, 2013). Ayrıca çalışmamızda farklı yaş gruplarında elde edilen tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerleri karşılaştırıldığında; özellikle alçak frekanslarda, tepe basıncında absorbands değerleri yaşa bağlı farklılık gösterirken ortam basıncında absorbands değerleri yaşa bağlı değişikliklerden daha az etkilenmiştir. Buna göre, tepe basıncında absorbands değerlerinin yaşa bağlı değişiklikleri incelemede daha duyarlı olduğu düşünülmektedir. Bu bulgumuzu destekler şekilde literatürde ortam basıncında absorbands değerlerine kıyasla tepe basıncında absorbands değerlerinin orta kulak patolojilerine ve orta kulak gelişiminin etkilerine daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Keefe ve Simmons, 2003; Sanford ve Feeney, 2008). Bu nedenle yaşa bağlı değişikliklerin belirlenmesinde GBT ölçümünün kullanıldığı daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Yaşın yanı sıra cinsiyet ve etnisitenin de geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçları üzerine etkileri bildirilmiştir (Margolis vd., 1999; Shahnaz ve Bork, 2006). Örneğin, Shahnaz ve Bork (2006) ile Shaw (2009) tarafından yapılan çalışmalarda etnisitenin ER değerlerine etkisi Çinli ve Kafkasyalı gruplarda incelenmiştir. Bu çalışmalarda, Kafkasyalı gruba kıyasla Çinli grupta alçak frekanslarda reflektans değerleri daha düşük elde edilirken yüksek frekanslarda reflektans değerleri daha yüksek elde edilmiştir. Ayrıca bu iki grupta RF değerlerini karşılaştıran bir çalışmada, Çinli grupta RF değerleri anlamlı olarak yüksek elde edilmiştir (Shahnaz ve Davies,

2006). Bu çalışmaların sonuçları Çinlilerde orta kulak iletim sistemindeki artan sertliği göstermektedir. Çinli ve Kafkasyalı bireylerin ölçüm sonuçları arasındaki bu farklılığın vücut büyüklüğünden kaynaklandığı düşünülmüştür (Shahnaz ve Bork, 2006; Shaw, 2009). Yapılan çalışmalarda Kafkasyalıların vücut büyüklüğünün Çinlilerden daha fazla elde edilmesi bu bulguları desteklemektedir (Shahnaz ve Bork, 2006). Bununla birlikte, farklı etnik kökenden bireylerin geniş bant akustik immitansmetri sonuçlarını etkileyebilecek farklı orta kulak özelliklerine sahip olabileceği unutulmamalıdır.

Cinsiyetin orta kulağa etkisini tek frekans timpanometri ölçümü ile inceleyen çalışmalar farklı sonuçlar göstermiştir. Bazı çalışmalar kadınlara kıyasla erkeklerde daha yüksek statik admittans değerleri elde ederken (Wiley vd., 1996; Wiley vd., 1999; Roup vd., 1998; Shahnaz ve Davies, 2006); diğer çalışmalar kadın ve erkekler arasında statik admittans değerlerinde anlamlı farklılık bulamamıştır (Margolis ve Heller, 1987; Margolis ve Goycoolea, 1993; Wan ve Wong, 2002; Stenklev vd., 2004; Polat vd., 2015). Bununla birlikte, kadınlara kıyasla erkeklerde eşdeğer kulak kanalı hacmi anlamlı derecede büyük elde edilmiştir (Margolis ve Heller, 1987; Wiley vd., 1996; Roup vd., 1998; Wan ve Wong, 2002; Stenklev vd., 2004; Shahnaz ve Davies, 2006; Polat vd., 2015). Bizim çalışmamızda da standart 226 Hz timpanometri sonuçlarına göre; tüm yaş gruplarında statik admittans, timpanometrik tepe basıncı ve timpanometrik genişlik değerleri cinsiyete göre farklılık göstermemekle birlikte, eşdeğer kulak kanalı hacmi erkeklerde kadınlara kıyasla anlamlı derecede büyük elde edilmiştir. Erkeklerde eşdeğer kulak kanalı hacminin daha büyük elde edilmesi, erkeklerin genel olarak kadınlara kıyasla daha büyük vücut boyutuna sahip olmalarıyla ilişkilendirilmiştir (Shahnaz ve Davies, 2006).

Cinsiyetin geniş bant akustik immitansmetri ölçüm sonuçlarına etkisini inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Margolis vd. (1999), cinsiyetin geniş bant reflektans ile ilişkili akustik impedans üzerine etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışmada erkeklerin 1000 Hz'in altındaki frekanslarda daha fazla ve 2000 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda daha az rezistansa sahip oldukları bulunmuştur (Margolis vd., 1999). Shahnaz ve Bork (2006), ortam basıncında geniş bant reflektans ölçümünde cinsiyete bağlı farklılık bildirmemiştir. Bununla birlikte, Shahnaz ve Bork (2006) ile Shaw (2009) tarafından yapılan benzer çalışmalardan elde edilen havuzlanmış verilere göre, 4000 ve 5000 Hz'de ortam basıncında reflektans değerlerinin kadınlarda erkeklere göre daha düşük

(absorbans değerlerinin daha yüksek) elde edildiği bildirilmiştir (Shahnaz vd., 2013). Feeney ve Sanford (2004) tarafından geç ve yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında ER değerleri incelendiğinde; erkeklere göre kadınların alçak ve orta frekanslarda daha yüksek reflektansa (daha düşük absorbans) ve yüksek frekanslarda daha düşük reflektansa (daha yüksek absorbans) sahip oldukları bulunmuştur. Bu çalışmada geç yetişkinlerde 794, 1000 ve 5040 Hz’de bu farklılık anlamlı bulunurken, yaşlı yetişkinlerde hiçbir frekansta anlamlı farklılık elde edilmemiştir (Feeney ve Sanford, 2004). Mazlan vd. (2015), cinsiyetin ortam basıncında EA değerleri üzerine etkisini değerlendirdiği çalışmasında erkeklere kıyasla kadınların 1000 Hz’in altındaki frekanslarda daha düşük ve 2830 ile 4490 Hz arasındaki frekanslarda daha yüksek absorbansa sahip olduklarını bildirmiştir. Bu çalışmada geç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde cinsiyet farklılıkları incelendiğinde, yalnızca orta-yaşlı grupta alçak frekanslarda anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Mazlan vd., 2015). Bizim alışmamızda da benzer şekilde ortam basıncında absorbans değerlerindeki cinsiyet farklılıkları geç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde incelenmiştir. Elde ettiğimiz bulgulara göre; tüm yaş gruplarında ortam basıncında absorbans değerleri, erkeklerde alçak frekanslarda sayısal olarak daha yüksekken, daha yüksek frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek bulunmuştur. Farklı yaş gruplarında cinsiyet etkisi ayrı ayrı ele alındığında; geç yetişkinlerde ortam basıncında absorbans değerleri 794 Hz’in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir ancak alçak frekanslardaki bu farklılık yalnızca 324 Hz’de anlamlı bulunmuştur. Ayrıca geç yetişkinlerde ortam basıncında absorbans değerleri 2000 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen bu farklılık anlamlı bulunmamıştır. Orta-yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında absorbans değerleri 1000 Hz’in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir ve bu farklılık 257, 324, 408 ve 794 Hz’de anlamlı bulunmuştur. Ayrıca orta-yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında absorbans değerleri 2000 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksektir ve bu farklılık 2000 ve 3175 Hz’de anlamlıdır. Yaşlı yetişkinlerde ortam basıncında absorbans değerleri 1000 Hz’in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksekken, 2520 ile 5040 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir. Bu grupta

cinsiyete bağlı farklılıklar 3175 ile 5040 Hz arasındaki frekanslarda anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızda genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerlerinin de cinsiyete göre karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Elde ettiğimiz bulgulara göre; tüm yaş gruplarında tepe basıncında absorbands değerleri, erkeklerde alçak frekanslarda sayısal olarak daha yüksekken, daha yüksek frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek bulunmuştur. Farklı yaş gruplarında cinsiyet etkisi ayrı ayrı ele alındığında; genç yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 794 Hz'in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir ve bu farklılık 257 ile 500 Hz arasında anlamlı bulunmuştur. Ayrıca genç yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 2520 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen bu farklılık anlamlı bulunmamıştır. Orta-yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 1000 Hz'in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir ve bu farklılık 257 ile 408 Hz arasında anlamlı bulunmuştur. Ayrıca orta-yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 1587 ile 4000 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksektir ve bu farklılık 2000 ve 3175 Hz'de anlamlıdır. Yaşlı yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 1260 Hz'in altındaki frekanslarda erkeklerde sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen bu farklılık anlamlı bulunmamıştır. Bu grupta tepe basıncında absorbands değerleri 2520 ile 5040 Hz arasındaki frekanslarda kadınlarda sayısal olarak daha yüksek elde edilmiştir ve bu farklılık 3175 ile 5040 Hz arasındaki frekanslarda anlamlı bulunmuştur. Literatürde çalışmamız dahil tepe basıncında absorbands değerlerinin cinsiyete bağlı karşılaştırmalarını inceleyen birkaç çalışma bulunmaktadır. Genç yetişkinlerde yapılan bir çalışmada, erkeklere kıyasla kadınlarda 3100 Hz ile 6900 Hz arasındaki frekanslarda daha yüksek absorbands değerleri elde edilmiştir (Polat vd., 2015). Başka bir çalışmada, genç yetişkinlerde tepe basıncında absorbands değerleri 226 ile 1000 Hz arasında erkeklerde daha yüksekken, 4000 ile 8000 Hz arasında kadınlarda daha yüksek bulunmuştur (Gökçe, 2019). Buna göre, genç yetişkinlerde elde ettiğimiz bulgular literatürü destekler niteliktedir. Bununla birlikte, literatürde orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde cinsiyetin tepe basıncında absorbands değerlerine etkisini değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır.

Literatürdeki çalışmalar ile bizim çalışmamızın bulguları birlikte ele alındığında, genel olarak kadınlara kıyasla erkeklerde ortam basıncında ve tepe basıncında absorbans değerlerinin alçak frekanslarda daha yüksek, daha yüksek frekanslarda ise daha düşük olduğu görülmüştür. Cinsiyete bağlı absorbans değerlerindeki bu farklılığın, erkek ve kadınlardaki farklı vücut boyutlarına bağlı olduğu düşünülmektedir (Shahnaz ve Bork, 2006; Polat vd., 2015). Birçok toplumda erkeklerin vücut boyutunun kadınlardan büyük olduğu bildirilmiştir (Shahnaz ve Bork, 2006; Polat vd., 2015). Ayrıca literatürde erkeklerdeki büyük eşdeğer kulak kanalı hacmi, vücut boyutunun daha büyük olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Shahnaz ve Davies, 2006). Bizim çalışmamızda kadın ve erkeklerin vücut boyutları karşılaştırılmamasına rağmen, erkeklerde eşdeğer kulak kanalı hacmi kadınlara kıyasla anlamlı derecede büyük elde edilmiştir.

İnsanlarda vücut boyutundaki artışa bağlı olarak dış ve orta kulak hacminin artıp artmadığı bilinmemektedir. Ancak orta kulak hacmindeki bir artışın, bu boşluktaki havanın sertliğini azaltarak alçak frekansların geçirgenliğini artıracakı düşünülmektedir (Relkin, 1988). Ayrıca hayvan modellerinde vücut boyutundaki artışlar, kulak zarı, kemikçikler ve stapes tabanı gibi orta kulak yapılarının boyutundaki artışlarla ilişkilendirilmiştir (Werner vd., 1998; Werner ve Iğic, 2002). Kütledeki bir artışın da yüksek frekansların orta kulaktan geçişini bozabileceği düşünülmektedir (Saunders vd., 1998). Bu çalışmaların sonuçlarına göre, kadınlara kıyasla erkeklerin alçak frekanslarda daha yüksek ve yüksek frekanslarda daha düşük absorbansa sahip olmasını daha büyük vücut boyutuyla ilişkilendirmek mantıklı görünmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerden oluşan üç farklı yaş grubunun değerlendirilmesiyle orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimlerin standart timpanometri ve GBT ölçüm sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Ayrıca genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerde cinsiyetin standart timpanometri ve GBT ölçüm sonuçlarına etkisi de değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1) Standart 226 Hz timpanometri sonuçlarına göre; statik admittans, eşdeğer kulak kanalı hacmi ve timpanometrik genişlik değerleri genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinler arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişikliklerin standart timpanometri sonuçlarını etkilemediği belirlenmiştir.
- 2) Rezonans frekansı değerinin artan yaşla birlikte daha alçak frekanslara kaydığı belirlenmiştir. Gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre RF değerindeki bu farklılık genç ve yaşlı yetişkinler arasında anlamlı bulunmuştur.
- 3) Tepe basıncında absorbans değerleri alçak frekanslarda yaşla birlikte artmıştır ancak bu farklılık genç ve yaşlı yetişkinler arasında yalnızca 794 Hz'de anlamlıdır. Orta ve yüksek frekanslarda absorbans değerleri ise gençlere kıyasla yaşlı yetişkinlerde 1587 ile 3175 Hz arasında anlamlı derecede düşükken, 5040 ve 6350 Hz'de anlamlı derecede yüksektir.
- 4) Ortam basıncında absorbans değerleri gençlere kıyasla yaşlı yetişkinlerde 1587 ile 3175 Hz arasında anlamlı derecede düşükken, 5040 ve 6350 Hz'de anlamlı derecede yüksektir.
- 5) GBT ölçüm sonuçlarının orta kulakta meydana gelen yaşa bağlı değişimlerden etkilendiği ortaya konulmuştur. Farklı yaş gruplarında GBT sonuçlarını değerlendiren daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.
- 6) Orta yaşlı yetişkinlerde anlamlı olmamasına rağmen genç ve yaşlı yetişkinlerden farklı sonuçlar elde edilmesi, yaşlanmanın orta kulağa etkilerinin orta yaşta başlayabileceğini göstermiştir. Bu nedenle orta-yaşlı yetişkinlerde daha fazla GBT çalışması yapılması faydalı olacaktır.

- 7) Tüm yaş gruplarında eşdeğer kulak kanalı hacmi erkeklerde kadınlardan anlamlı derecede daha büyük elde edilmiştir. Statik admittans, timpanometrik genişlik ve timpanometrik tepe basıncı değerlerinde ise kadın ve erkekler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.
- 8) Tüm yaş gruplarında tepe basıncında ve ortam basıncında absorbands değerleri sayısal olarak alçak frekanslarda erkeklerde daha yüksekken, yüksek frekanslarda kadınlarda daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın erkeklerde eşdeğer kulak kanalı hacminin kadınlardan daha büyük olmasıyla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Yaşlanmayla orta kulakta meydana gelen değişimlerin standart timpanometri ölçümlerini etkilemediği, GBT ölçüm sonuçları üzerinde ise önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca, cinsiyetin de GBT ölçüm sonuçları üzerinde önemli etkileri olduğu ortaya konulmuştur. Bu nedenle yetişkinlerde yaşa ve cinsiyete özgü normatif değerlerin oluşturulması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alaerts, J., Luts, H., & Wouters, J. (2007). Evaluation of middle ear function in young children: clinical guidelines for the use of 226- and 1,000-Hz tympanometry. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 28(6), 727–732.
- André, K. D., Sanches, S. G., & Carvallo, R. M. (2012). Middle ear resonance in infants: Age effects. *International archives of otorhinolaryngology*, 16(3), 353–357.
- Beattie, R. C., & Leamy, D. P. (1975). Otoadmittance: normative values, procedural variables, and reliability. *J. Am. Audiol Soc.* 1, 21–27.
- Bess, F. H. & Humes, L. E. (2009). *Audiology the Fundamentals*. Philadelphia, Wolters Kluwer Health.
- Biswas, A., & Dutta, N. (2018). Wideband Tympanometry. *Annals of Otology and Neurotology*, 1(2), 126–132. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676876>
- Blood, I., & Greenberg, H. J. (1977). Acoustic admittance of the ear in the geriatric person. *Journal of the American Audiology Society*, 2(5), 185–187.
- Browning, G. G., Swan, I. R., & Gatehouse, S. (1985). The doubtful value of tympanometry in the diagnosis of otosclerosis. *The Journal of laryngology and otology*, 99(6), 545–547
- Burdiek, L. M & Sun, X. M. (2014). Effects of Consecutive Wideband Tympanometry Trials on Energy Absorbance Measures of the Middle Ear. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(5), 1997-2004.
- Carpenter, M. S., Cacace, A. T., & Mahoney, M. J. (2012). Missing links in some curious auditory phenomena: A tale from the middle ear. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23, 106–114.
- Clark, J. L., Roeser, R. J. & Mendrygal, M. (2007). *Middle Ear Measures*. (R. J. Roeser, M. Valente & H. Hosford-Dunn, Ed.). Audiology Diagnosis, Thieme Medical Publishers.
- Duzer, S., Sakallioglu, O., Akyigit, A., Polat, C., Cetiner, H., & Susaman, N. (2017). Values range of tympanometric gradient in otitis media with effusion. *Journal of Craniofacial Surgery*, 28(3), e283–e286.
- Etholm, B., & Belal, A. (1974). Senile Changes in the Middle Ear Joints. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 83(1), 49–54.
- Feeney, M. P., & Sanford, C. A. (2004). Age effects in the human middle ear: wideband acoustical measures. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6), 3546–3558.
- 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 : JSLHR*, 46(4), 901–911.

- Feeney, M. P., Hunter, L. L., Kei, J., Lilly, D. J., Margolis, R. H., Nakajima, H. H., ... Voss, S. E. (2013). Consensus statement: Eriksholm workshop on wideband absorbance measures of the middle ear. *Ear and Hearing*, 34(SUPPL. 1), 78–79. doi:10.1097/AUD.0b013e31829c726b
- Gaihede, M., & Koefoed-Nielsen, B. (2000). Mechanics of the middle ear system: Age-related changes in viscoelastic properties. *Audiology and Neuro-Otology*, 5(2), 53–58. <https://doi.org/10.1159/000013867>
- Gelfand, S. A. (2016). *Essentials of Audiology*. San Diego, CA: Thieme Medical Publishers
- Gökçe, O. Y. (2019). *Yetişkin Bireylerde Geniş Bant Timpanometri Bulgularının Normalizasyonu*. Yüksek lisans tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gümüş, B., & Torun Topçu, M. (2018). Wide band acoustic immittance. *Medeniyet Medical Journal*, 33(2), 126–131.
- Hall, J. (2014). *Introduction to Audiology Today*. Pearson.
- Hamill, T. A., & Price, L. L. (2017). *The Hearing Sciences*. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Hein, T., Hatzopoulos, S., Skarzynski, P., & Colella-Santos, M. (2017). Wideband Tympanometry. *Advances in Clinical Audiology*, 29-42.
- Holte L. (1996). Aging effects in multifrequency tympanometry. *Ear and hearing*, 17(1), 12–18.
- Hougaard, D. D., Lyhne, N. M., Skals, R. K., & Kristensen, M. (2020). Study on wideband tympanometry and absorbance within a Danish cohort of normal hearing adults. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 277(7), 1899–1905.
- Huang, G. T., Rosowski, J. J., Puria, S., & Peake, W. T. (2000). Tests of some common assumptions of ear-canal acoustics in cats. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(3 Pt 1), 1147–1161.
- Hunter, L. L. & Sanford, C. A. (2015). *Tympanometry and Wideband Acoustic Immittance*. (J. Katz, Ed.). Handbook of Clinical Audiology, Wolters Kluwer Health
- Hunter, L. L. & Shahnaz, N. (2014). *Acoustic Immittance Measures Basic and Advanced Practice*. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Interacoustic (2017). WAI Outcome with Different Middle Ear Pathologies [Webinar]. Erişim adresi: <https://www.interacoustics.com/academy/webinars>
- Interacoustic (2020). Wideband absorbance in the clinical evaluation of middle ear disorders [Webinar]. Erişim adresi: <https://www.interacoustics.com/academy/webinars>

- Jayakody, D., Friedland, P. L., Martins, R. N., & Sohrabi, H. R. (2018). Impact of Aging on the Auditory System and Related Cognitive Functions: A Narrative Review. *Frontiers in neuroscience*, *12*, 125.
- Jerger, J. (1970). Clinical Experience With Impedance Audiometry. *Archives of Otolaryngology*, *92*(4), 311-24.
- Jerger, J., Jerger, S., & Mauldin, L. (1972). Studies in impedance audiometry. I. Normal and sensorineural ears. *Archives of otolaryngology*, *96*(6), 513–523.
- Keefe, D. H., & Levi, E. (1996). Maturation of the middle and external ears: acoustic power-based responses and reflectance tympanometry. *Ear and hearing*, *17*(5), 361–373
- Keefe, D. H., & Simmons, J. L. (2003). Energy transmittance predicts conductive hearing loss in older children and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *114*(6), 3217-3238.
- Keefe, D. H., Bulen, J. C., Arehart, K. H., & Burns, E. M. (1993). Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *94*(5), 2617–2638
- Kenny, S. P. V. N. (2011). *Clinical application of the Interacoustics REFLWIN system wideband reflectance machine in the assessment of the eustachian tube*. Master thesis, The University of British Columbia, Vancouver.
- Kramer, S., & Brown, D. K. (2019). *Audiology Science to Practice*. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Lai, D., Li, W., Xian, J., & Liu, S. (2008). Multifrequency tympanometry in adults with otitis media with effusion. *European archives of oto-rhino-laryngology*, *265*(9), 1021–1025.
- Liu, Y.-W., Sanford, C. A., Ellison, J. C., Fitzpatrick, D. F., Gorga, M. P. ve Keefe, D. H. (2008). Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System development and results on adults with normal hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *124*(6), 3708–3719.
- Mansour, S., Magnan, J., Haidar, H., Nicolas, K. & Louryan, S. (2013). *Comprehensive and Clinical Anatomy of the Middle Ear*. Springer
- Margolis, R. H., & Goycoolea, H. G. (1993). Multifrequency tympanometry in normal adults. *Ear and hearing*, *14*(6), 408–413.
- Margolis, R. H., & Heller, J. W. (1987). Screening tympanometry: criteria for medical referral. *Audiology: official organ of the International Society of Audiology*, *26*(4), 197–208.
- Margolis, R. H., Saly, G. L., & Keefe, D. H. (1999). Wideband reflectance tympanometry in normal adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *106*(1), 265–280.
- Mazlan, R., Kei, J., Ya, C. L., Yusof, W. N., Saim, L., & Zhao, F. (2015). Age and Gender Effects on Wideband Absorbance in Adults With Normal Outer and Middle Ear Function. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, *58*(4), 1377–1386.

- Merchant, G. R., Al-Salim, S., Tempero, R. M., Fitzpatrick, D., & Neely, S. T. (2021). Improving the Differential Diagnosis of Otitis Media With Effusion Using Wideband Acoustic Immittance. *Ear and hearing*, 42(5), 1183–1194
- Miani, C., Bergamin, A. M., Barotti, A., & Isola, M. (2000). Multifrequency multicomponent tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Scandinavian audiology*, 29(4), 225–237.
- Nerbonne, M. A., Bliss, A. T., & Schow, R. L. (1978). Acoustic impedance values in the elderly. *Journal of the American Auditory Society*, 4(2), 57–59.
- Nondahl, D. M., Cruickshanks, K. J., Wiley, T. L., Tweed, T. S., & Dalton, D. S. (2013). Sixteen-year change in acoustic-admittance measures among older adults: data from a population-based study. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 56(6), 1745–1750.
- Nozza, R. J., Bluestone, C. D., Kardatzke, D. & Bachman, R. (1992). Towards the validation of aural acoustic immittance measures for diagnosis of middle ear effusion in children. *Ear and Hearing*, 13(6), 442-53.
- Nozza, R. J., Bluestone, C. D., Kardatzke, D., & Bachman, R. (1994). Identification of middle ear effusion by aural acoustic admittance and otoscopy. *Ear and Hearing*, 15 (4), 310–323.
- Ogut, F., Serbetcioglu, B., Kirazli, T., Kirkim, G., & Gode, S. (2008). Results of multiple-frequency tympanometry measures in normal and otosclerotic middle ears. *International journal of audiology*, 47(10), 615–620.
- Onusko, E. (2004). Tympanometry. *American Family Physician*, 70(9), 1713–1720.
- Park, M. K. (2017). Clinical Applications of Wideband Tympanometry. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg*, 60(8), 375–380.
- Polat, Z., Baş, B., Hayır, D., Bulut, E., & Ataş, A. (2015). Wideband Tympanometry Normative Data for Turkish Young Adult Population. *The journal of international advanced otology*, 11(2), 157–162.
- Relkin, E. M. (1988). *Introduction to analysis of the middle-ear*. (A. F. Jahn & J. Santos-Sacchi, Ed.). Physiology of the Ear, New York: Academic Press.
- Rosowski, J. J., Stenfelt, S. ve Lilly, D. (2013). An overview of wideband immittance measurements techniques and terminology: You say absorbance, i say reflectance. *Ear and Hearing*, 34(SUPPL. 1), 9–16.
- Roup, C. M., Wiley, T. L., Safady, S. H., & Stoppenbach, D. T. (1998). Tympanometric Screening Norms for Adults. *American journal of audiology*, 7(2), 55–60.
- Ruah, C.B., Schachern, P.A., Zelerman, D., Paparella, M.M., Yoon, T.H. (1991). Age-Related Morphologic Changes in the Human Tympanic Membrane: A Light and Electron Microscopic Study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.*, 117(6), 627–634.
- Sanford, C. A., & Feeney, M. P. (2008). Effects of maturation on tympanometric wideband acoustic transfer functions in human infants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(4), 2106–2122. <https://doi.org/10.1121/1.2967864>

- Saunders, J. C., Duncan, R. K., Doan, D. E. & Werner, Y. L. (1998). *The middle ear of reptiles and birds*. (R. J. Dooling, A. N. Popper & R.R. Fay, Eds.). Comparative Hearing: Non Mammals. New York: Springer-Verlag
- Sezin, R. K., Hızal, E., Erbek, S., Özlüoğlu, L. N. (2013). Normative values of middle ear resonance frequency in normal hearing adults. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*, 23, 331-5.
- Shahnaz, N. (2021). *Application of Wideband Acoustic Immittance (WAI) in Assessment of the Middle Ear in Newborns, Children, and Adults*. (S. Hatzopoulos Ed.). Advances in Audiology and Hearing Science Vol 1, Apple Academic Press.
- Shahnaz, N., & Bork, K. (2006). Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear and hearing*, 27(6), 774–788.
- Shahnaz, N., & Davies, D. (2006). Standard and multifrequency tympanometric norms for caucasian and chinese young adults. *Ear and Hearing*, 27(1), 75–90.
- Shahnaz, N., & Polka, L. (1997). Standard and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear and hearing*, 18(4), 326–341.
- Shahnaz, N., Bork, K., Polka, L., Longridge, N., Bell, D., & Westerberg, B. D. (2009). Energy reflectance and tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear and hearing*, 30(2), 219–233.
- Shahnaz, N., Feeney, M. P., & Schairer, K. S. (2013). Wideband acoustic immittance normative data: ethnicity, gender, aging, and instrumentation. *Ear and hearing*, 34 Suppl 1, 27S–35S.
- Shanks J. E. (1984). Tympanometry. *Ear and hearing*, 5(5), 268–280.
- Shanks, J., & Shohet, J. (2009). *Tympanometry in clinical practice*. (J. Katz, Ed.). Handbook of Clinical Audiology, Wolters Kluwer Health
- Shaver, M. D., & Sun, X. M. (2013). Wideband energy reflectance measurements: effects of negative middle ear pressure and application of a pressure compensation procedure. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 332–341.
- Shaw, J. (2009). *Comparison of wideband energy reflectance and tympanometric measures obtained with Reflwin Interacoustics, Mimosa Acoustics and GSI Tymptstar systems*. Master of Science, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Śliwa, L., Kochanek, K., Jędrzejczak, W. W., Mrugała, K., & Skarżyński, H. (2020). Measurement of Wideband Absorbance as a Test for Otosclerosis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1908
- Smith, C. G., Paradise, J. L., Sabo, D. L., Rockette, H. E., Kurs-Lasky, M., Bernard, B. S. & Colborn, K. (2006). Tympanometric Findings and the Probability of Middle-Ear Effusion in 3686 Infants and Young Children. *American Academy of Pediatrics*, 118 (1), 1-13.
- Stach, B. A. (2010). *Clinical Audiology: An Introduction*. Delmar, Cengage Learning.
- Stenklev, N. C., Vik, O., & Laukli, E. (2004). The aging ear: an otomicroscopic and tympanometric study. *Acta oto-laryngologica*, 124(1), 69–76.

- Stinson M. R. (1990). Revision of estimates of acoustic energy reflectance at the human eardrum. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(4), 1773–1778.
- Stinson, M. R., Shaw, E. A., & Lawton, B. W. (1982). Estimation of acoustical energy reflectance at the eardrum from measurements of pressure distribution in the human ear canal. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(3), 766–773.
- Şahin, M. ve Aksoy, S. (2021). Examination of Wideband Tympanometry (WBT) Parameters in Individuals with Healthy Middle Ear. *H.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 8(1), 77-90.
- Tekin Dal, B. (2019). *Geriatrik Vakalarda Yüksek Frekanslarda İzlenen Hava Kemik Aralığının Geniş Bant Timpanometri ve DPOAE Yanıtlarına Etkisi*. Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Thompson, D. J., Sills, J. A., Recke, K. S., & Bui, D. M. (1979). Acoustic admittance and the aging ear. *Journal of speech and hearing research*, 22(1), 29–36.
- Tucker A. S. (2017). Major evolutionary transitions and innovations: the tympanic middle ear. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 372(1713), 20150483.
- Uchida, Y., Nomura, H., Itoh, A., Nakashima, T., Ando, F., Niino, N., & Shimokata, H. (2000). The effects of age on hearing and middle ear function. *Journal of epidemiology*, 10(1), 26-32.
- Valvik, B. R., Johnsen, M., & Laukli, E. (1994). Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercially available middle-ear analyzer. *Audiology : official organ of the International Society of Audiology*, 33(5), 245–253.
- Vanaja, C. S. S., & Manjula, P. (2003). Middle ear resonant frequency in normal and otosclerotic ears: Effect of procedural variation. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 27(3), 158–162.
- Voss, S. E., & Allen, J. B. (1994). Measurement of acoustic impedance and reflectance in the human ear canal. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 95(1), 372–384.
- Voss, S. E., Merchant, G. R., & Horton, N. J. (2012). Effects of middle-ear disorders on power reflectance measured in cadaveric ear canals. *Ear and hearing*, 33(2), 195–208.
- Wada, H., Koike, T., & Kobayashi, T. (1998). Clinical applicability of the sweep frequency measuring apparatus for diagnosis of middle ear diseases. *Ear and hearing*, 19(3), 240–249.
- Wan, I. K. K., & Wong, L. L. N. (2002). Tympanometric norms for Chinese young adults. *Ear and Hearing*, 23(5), 416–421.
- Werner, Y. L., & Igić, P. G. (2002). The middle ear of gekkonoid lizards: interspecific variation of structure in relation to body size and to auditory sensitivity. *Hearing research*, 167(1-2), 33–45.

- Werner, Y. L., Montgomery, L. G., Safford, S. D., Igic, P. G., & Saunders, J. C. (1998). How body size affects middle-ear structure and function and auditory sensitivity in gekkonoid lizards. *The Journal of experimental biology*, 201(Pt 4), 487–502.
- Wiley, T. L., Cruickshanks, K. J., Nondahl, D. M., & Tweed, T. S. (1999). Aging and middle ear resonance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 10(4), 173–179.
- Wiley, T. L., Cruickshanks, K. J., Nondahl, D. M., Tweed, T. S., Klein, R., & Klein, B. E. (1996). Tympanometric measures in older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 7(4), 260–268.
- Wiley, T. L., Nondahl, D. M., Cruickshanks, K. J., & Tweed, T. S. (2005). Five-year changes in middle ear function for older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(3), 129–139
- Williams M. M. (2016). *Wideband Acoustic Immittance and DPOAE Changes in Older Adults*. PhD thesis, James Madison University, Virginia.
- Yost, W. A. (2000). *Fundamentals of Hearing*. San Diego, CA: Academic Press.
- Zakaria, M. N., Romli, M., Mohamad, W. N. W., Awang, M. A. & Wahab, N. A. A. (2020). The Diagnostic Value of Tympanometric Width in Identifying Middle Ear Disorders. *Indian Journal of Otology*, 26 (3), 186-190.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hatice KAVRUK

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Odyoloji

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2022, KTO Karatay Üniversitesi, Odyoloji Tezli YL

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

Öztürk, B., Kavruk, H., & Aykul, A. (2022). Audiological findings in individuals diagnosed with COVID-19. *American journal of otolaryngology*, 43(3), 103428.

Aycul, A., Şan, İ. & Kavruk, H. (2021). Parental Views on Education, Amplification and Communication in Children with Hearing Loss Before and During the COVID-19 Pandemic. 4th International Health Sciences Congress, 11-12 November, Kırklareli University, Kırklareli, Turkey

Kavruk, H., Aykul, A. & Öztürk, B. (2021). Vestibüler Uyarılmış Miyojenik Potansiyeller: Klinik Kullanımı. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 51-58

Şan İ., Öztürk B., Aykul A., Kavruk H., Kızıldaş M., Çiftçioğlu S., Gündoğdu S. Odyoloji'de Artikülasyon ve Fonoloji. Yayın Yeri: Akademisyen Kitabevi A.Ş. Editör: Şan İ. & Öztürk B. Basım yılı: 2021. Basım sayısı:1

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : 2018, Stajyer, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Çalıştığı Kurumlar : 2021, Araştırma Görevlisi, KTO Karatay Üniversitesi

Tarih:

EK 1. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Çalışmanın Adı: Farklı Yaş Gruplarında Standart ve Geniş Bant Timpanometri Bulgularının Değerlendirilmesi

Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağını çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz.

Çalışmanın Konusu ve Amacı:

Standart timpanometri ve geniş bant timpanometri, dış kulak kanalından verilen sesin kulak zarından yansdıktan sonra kaydedilmesi esasına dayanan ve çeşitli orta kulak bozukluklarının tespitinde sıklıkla kullanılan objektif, non-invaziv, hızlı ve güvenilir ölçüm yöntemleridir. Bu çalışmanın amacı orta kulaktaki yaş etkisinin genç, orta-yaşlı ve yaşlı yetişkinlerden oluşan üç farklı yaş grubunda standart ve geniş bant timpanometri ölçüm sonuçlarına etkisini incelemektir.

Çalışma İşlemleri:

Çalışmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde, dış kulak yolu ve/veya kulak zarı patolojisinin olmadığına kanıtlanması amacıyla otoskopik muayene yapılacaktır. Daha sonra işitme eşiklerinizin belirlenmesi amacıyla saf ses odyometri testi yapılacaktır. Bu değerlendirmelerin sonucunda dahil etme kriterlerinin sağlanması halinde timpanometrik ölçümler yapılacaktır. Timpanometrik ölçümler dış kulak yoluna zarar vermeyecek, yumuşak bir prob takılarak yapılır. Dış kulak kanalından verilen saf sesin kulak zarından yansdıktan sonra kaydedilmesiyle oluşan cevap sonucu orta kulağın durumu hakkında objektif bilgiler elde edilir.

Çalışmaya Katılmamın Olası Yararları Nelerdir?

Yapılan çalışmaya katılımın sonrasında orta kulaktaki yaşa bağlı değişimlerin standart ve geniş bant timpanometri ölçüm sonuçları üzerine etkisi ortaya konulacaktır.

Çalışmaya Katılmamın Olası Riskleri Nelerdir?

Herhangi bir olası risk bulunmamaktadır.

Kişisel Bilgilerim Nasıl Kullanılacak?

Bu formu imzalayarak araştırmaya katılım için onay vermiş olacaksınız. Bununla birlikte kimlik bilgileriniz çalışmanın herhangi bir aşamasında açıkça kullanılmayacaktır. Anamnezdeki sorulara verdiğiniz cevaplar ve araştırma süresince görsel/işitsel cihaz kullanılarak edinilen her türlü bilgi yalnızca bilimsel amaçlar için kullanılacaktır. Bilgileriniz hiçbir kimse ile ya da ticari bir amaç için paylaşılmayacaktır.

Gönüllünün Araştırmaya Devam Etmesi İçin Öngörülen Süre:

Tüm değerlendirmeler için öngörülen süre yaklaşık 30 dk'dır.

Araştırmaya katılımınız isteğe bağlı olup, istediğiniz zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilirsiniz.

Soru ve Problemler İçin Başvurulacak Kişiler:

Sorumlu Araştırmacı:

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK

KTO Karatay Üniversitesi/ Odyoloji

E-posta: (KVKK gereği silinmiştir)

Cep tel.: (KVKK gereği silinmiştir)

Yardımcı Araştırmacı:

Hatice KAVRUK

E-posta: (KVKK gereği silinmiştir)

Cep tel.: (KVKK gereği silinmiştir)

Çalışmaya Katılma Onayı

Bu bilgilendirilmiş olur belgesini okudum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorum ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Araştırmacı saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

<i>Gönüllü Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

<i>Araştırmacı Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

ETİK KURUL İZİNİ

T.C.
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Sayısı: 8

Toplantı Tarihi: 15.12.2020

Karar Sayısı: 2020/035: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK'ün, "Farklı Yaş Gruplarında Standart ve Geniş Bant Timpanometri Bulgularının Değerlendirilmesi" başlıklı araştırma projesi çalışması ile ilgili 11.12.2020 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü.

Görüşme sonucunda araştırma projesi çalışmasının Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK'ün sorumluluğunda yürütülmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

Not: Çalışma ile ilgili gerekli izin ve yasal sorumluluk araştırmacılara aittir.

Sorumlu Araştırmacı: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK

Yardımcı Araştırmacı: Hatice KAVRUK

ASLI GİBİDİR

15.12.2020

Prof. Dr. Taner ZİYLAN

İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurul Başkanı