



Kapadokya Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü

Odyoloji Anabilim Dalı

YETİŞKİNLERDE GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ BULGULARININ NORMALİZASYONU

Arzu ÇELEBİ

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

YETİŞKİNLERDE GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ BULGULARININ
NORMALİZASYONU

Arzu ÇELEBİ

Kapadokya Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü
Odyoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Nevşehir, 2024

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde, bilgi, tecrübeleri ve anlayışlı yaklaşımı ile beni yönlendiren değerli hocamız Dr. Öğretim Üyesi Meral Başaran'a,

Çalışma ahlakı, donanım ve tecrübesiyle bu süreçte emeği geçen ve her zaman destekleyen saygı değer hocam Doç. Dr. Dursun Mehmet MEHEL'e

Yüksek Lisans eğitimim sürecinde, verdiği değerli bilgi birikimleri ile bizlere emeği geçen tüm hocalarımıza,

Çalışma hayatımda varlığını hissettiğim, beni yüksek lisansa teşvik eden ve hayatımın her alanında destekleyen çalışma arkadaşlarım Dr. Odyolog Asuman KÜÇÜKÖNER ve Dr. Odyolog Ömer KÜÇÜKÖNER'e, odyometrist arkadaşlarım Ramazan Çakır, Durak Aksoy, Ahmet Buğra Özcan'a,

Sevgili eşim Dr. Mehmet ÇELEBİ ve hayat enerjimi her dem tazeleyen kızlarım Merve, Gizem ve Serra'ya tez dönemi boyunca gösterdikleri sabır ve ilgi için, teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

ÇELEBİ, Arzu. *Yetişkinlerde Geniş Bant Timpanometri Bulgularının Normalizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir, 2024.

Yetişkinlerde Geniş Bant Timpanometri'nin klinik kullanımını yaygınlaştırarak cinsiyete bağlı normalizasyon verileri oluşturmak amaçlanmaktadır.

Çalışmaya, 18-49 yaş arası 116 kadın ve 116 erkek olmak üzere toplam 232 birey dahil edilmiştir. Orta kulak muayene ve fonksiyonları normal olan katılımcılara 226-8000 Hz aralığında Geniş Bant Timpanometri ile Rezonans Frekansı(RF), Timpanometrik Tepe basıncı(TTB), Eş değer kulak kanalı hacmi (Vea) ve Maksimum Absorbans Frekans (MAF) ölçümleri yapılmıştır. Çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı /Odyoloji Bölümünde Ocak 2023- Nisan 2024 tarihinde yapılmıştır. Geniş Bant Timpanometri ölçümleri her iki kulakta geniş bant klik stimulus kullanılarak 226-8000 Hz ölçümleri Titan (interaoustics, Denmark) geniş band timpanometri cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmaya dahil edilen bireylerin insiyetler arası absorbans değerleri karşılaştırılmasında kadınların absorbans değerleri erkeklere göre 250 Hz, 500 Hz, 8000 Hz frekanslarında düşük, 2000Hz, 4000Hz frekanslarında yüksek bulunmuştur. Cinsiyetler arası immitansmetrik bulgular karşılaştırıldığında Vea değeri kadınlarda daha düşük, RF ve MAF değerleri daha yüksek bulunmuştur. TTB değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Timpanogram tepe basıncında farklılık gözlenmemiştir. Bireylerin sağ ve sol kulak absorbans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Çalışmaya dahil edilen bireylerin sağ ve sol kulakları arası Vea, RF, TTB, MAF' dan oluşan immitansmetrik bulguları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Geniş Bant Timpanometri ölçümünün cinsiyete bağlı değişimlerden etkilendiği saptanmıştır. Klinikte kullanılmak üzere yetişkinlerde cinsiyet ve yaşa özgü normatif değerler oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Geniş Band Timpanometri, Absorbans, Rezonans Frekans

ABSTRACT

ÇELEBİ, Arzu. *Normalization of Wide Band Tympanometry Findings in Adults*, Master's Thesis, Nevşehir, 2024.

To expand the clinical use of Wide Band Tympanometry in adults and to generate gender normalization data.

A total of 232 individuals, 116 females and 116 males aged 18-49 years, were included in the study. Resonance Frequency (RF), Tympanometric Peak Pressure (TTP), Equivalent Ear Canal Volume (Vea) and Maximum Absorbance Frequency (MAF) measurements were performed with wide band tympanometry in the range of 226-8000 Hz in participants with normal middle ear examination and functions. The study was conducted at Ondokuz Mayıs University Health Application and Research Center Department of Otorhinolaryngology / Audiology Department between January 2023 and April 2024. Wide band tympanometry measurements were performed using Titan (interaacoustics, Denmark) wide band tympanometry device at 226-8000Hz using wide band click stimulus in both ears.

When absorbance values of the individuals included in the study were compared between genders, absorbance values of females were found lower at 250 Hz, 500 Hz, 8000 Hz and higher at 2000 Hz and 4000 Hz frequencies compared to males. When immittancemetric findings were compared between genders, Vea value was found to be lower, RF and MAF values were found to be higher in women. No significant difference was found between TTB values. No difference was observed in tympanogram peak pressure. There was no statistically significant difference between right and left ear absorbance values. No statistically significant difference was found when the immittancemetric findings consisting of Vea, RF, TTB, MAF between the right and left ears of the individuals included in the study were compared.

Wide Band Tympanometry measurements were found to be affected by gender-related variations. Gender- and age-specific normative values for adults have been established for clinical use.

Keywords: Wide Band Tympanometry, Absorbance, Resonant Frequency

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM : GENEL BİLGİLER	3
1.1. DIŞ KULAK YOLU ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ	3
1.1.1. Kulağın Embriyolojik Gelişimi.....	3
1.1.2. Kulağın Anatomik Yapısı.....	3
1.2. ORTA KULAK ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ	4
1.2.1. Orta Kulak Duvarları.....	4
1.2.2. Timpanik Membran.....	4
1.2.3. Orta Kulak Kemikçikleri.....	6
1.2.4. Orta Kulak Kasları	7
1.3. AKUSTİK İMMİTANS KAVRAMI VE TİMPANOMETRİ.....	8
1.3.1. Akustik İmmitansmetri.....	8
1.3.2. Timpanometri	10
1.4. GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ (GBT).....	12
1.4.1. Geniş Bant Reflektans / Absorbans.....	13
1.4.2. Averaılanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT).....	13
1.4.3. Absorbans Grafiği	14
1.4.4. Rezonans Frekansı.....	15

2. BÖLÜM : GEREÇ VE YÖNTEM	17
2.1. EVREN VE ÖRNEKLEM.....	17
2.2. ÇALIŞMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ.....	18
2.3. DIŞLANMA KRİTERLERİ.....	18
2.4. GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ TEST TEKNİĞİ.....	19
2.5. ARAŞTIRMANIN ETİK YÖNÜ	19
2.6. İSTATİKSEL ANALİZ	19
3. BÖLÜM : BULGULAR.....	21
TARTIŞMA	25
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	29
KAYNAKÇA	30
EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU	34
EK 2. ETİK KURUL İZİN FORMU.....	35
EK 3. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU	35
EK 4. KURUM İZİN ONAYI	357

KISALTMALAR DİZİNİ

A-GBT	: Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram
ASHA	: American Speech-Language-Hearing Association
GBT	: Geniş Bant Timpanometri
MAF	: Maksimum Absorbans Frekansı
RF	: Rezonans Frekansı
TTB	: Timpanometrik Tepe Basıncı
Vea	: Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri	21
Tablo 2. Katılımcıların sağ ve sol kulaklarına göre tüm frekanslarda absorbands değerlerinin karşılaştırılması.	23
Tablo 3. Katılımcıların cinsiyetine göre tüm frekanslarda absorbands değerlerinin karşılaştırılması.....	23
Tablo 4. Katılımcıların sağ ve sol kulaklara göre immitansmetrik bulgularının karşılaştırılması.....	24
Tablo 5. Katılımcıların cinsiyetine göre immitansmetrik bulgularının karşılaştırılması	24

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kulak Zarı (Gelfand, 2009).....	6
Şekil 2. Orta kulak kemikçikleri (S. Çelebi).	7
Şekil 3. Admitans öğelerinin analitik düzlemde şematik gösterimi (Shanks & Shohet, 2009).	8
Şekil 4. Akustik Admitans Vektörlerinin Farklı Frekanslarda ifadesi (Shanks & Shohet, 2009).	9
Şekil 5. Timpanometrik Genişlik	11
Şekil 6. Timpanogram tipleri.....	12
Şekil 7. Absorbans & Reflektans (Feeney et al., 2017).....	13
Şekil 8. 3 Boyutlu Timpanogram Örneği (Niemczyk & Lachowska, 2016).	14
Şekil 9. Absorbans grafiği örneği (Feeney et al., 2013).	15
Şekil 10. Absorbans grafik örnekleri.....	16
Şekil 11. Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre cihazı.	19
Şekil 12. A. 3D timpanogram örneği (kadın sağ kulak) B. 3D timpanogram örneği (erkek sağ kulak)....	22

GİRİŞ

Orta kulak, dış kulak yolundaki hava ortamıyla iç kulaktaki sıvı ortam arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır ve dış kulak yolundan gelen akustik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek iç kulaktaki sıvı ortama iletir. Ses dalgaları, hava ortamından sıvı ortama transfer olurken, maddeler arası direnç farklılığından dolayı enerji kaybına uğrar. Orta kulak, bu direnç farklılığını ortadan kaldırarak, sesin düzgün bir şekilde iç kulağa oradan da merkezi sinir sistemine ulaşmasına aracılık etmektedir (Gelfand, 2009).

Odyoloji ve kulak hastalıkları alanında, timpanometri orta kulağın işlevini değerlendirmek için 1950'den beri kliniklerde kullanılmaktadır (Katz et al., 2015). Bu bilgiler ışığında, orta kulak fonksiyonunun değerlendirilmesi için timpanometri önemli bir tetkik aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Timpanometrinin geliştirilmesindeki bir sonraki adım, klik uyarı veya aynı anda sunulan saf tonlar ile geniş bir frekans spektrumu oluşturarak, tüm immitans bileşenlerinin aynı anda ölçülmesidir. Timpanometrinin, işitsel duyarlılığın kapsamlı bir değerlendirmesi için işitme eşiklerinin çeşitli frekanslarda elde edildiği saf ton odyometrisi ile karşılaştırılması, orta kulak fonksiyonunun daha iyi değerlendirilmesi için timpanometride geniş bantlı bir uyarı kullanılması oldukça etkili olmuştur (Katz et al., 2015).

Amerikan National Standart İnstitute, 1987 yılında yayımladığı standardizasyonda akustik immitansı, akustik empedans ve akustik admittans veya her ikisini birden içeren akustik immitans olarak tanımlamıştır. (Katz et al., 2015). İmmittans, akustik empedans ile bunun tersi olan akustik admitans arasındaki ilişkiyi tanımlar (Gelfand, 2009). Akustik empedans, ses enerjisi iletiminin karşıtlığını temsil eder ve ohm cinsinden ifade edilir. Akustik admitans ise ses enerjisi iletiminin kolaylığını temsil eder ve milimohs (mmho) cinsinden ifade edilir. Orta kulak, üç mekano-akustik bileşenin hakim olduğu bir sistem olarak tanımlanabilir; sürtünme, kütle ve uyum (elastikiyet), bunların hepsi akustik empedans ve akustik admitansa katkıda bulunur (Gelfand, 2009; Katz et al., 2015).

Rutin kullanılan 226 Hz ve 1000 Hz timpanometri testi, dış kulak kanalına pozitiften negatife doğru basınç uygulayan sabit bir frekansta verilen akustik uyarılarla orta kulak ve timpanik membranı değerlendiren, invaziv olmayan bir testtir. Ancak, işitme kaybının tipi ve derecesi hakkında bilgi vermede yetersizdir. Geniş bant

timpanometri (GBT) veya Geniş bant absorbands (GBA), aynı sürede saf ses odyometri ölçümlerinde kullanılan tüm frekanslarda (226-8000 Hz) tek seferde ölçüm yapabilen bir yöntemdir (Hunter & Sanford, 2015). Geniş bant timpanometri ölçümleri, ortam basıncında veya basınç değişimi altında yapılabilir. Klik veya chirp uyaran kullanılarak yapılabilmektedir. Basıncısız yapılan GBT ölçümü 1-2 saniye sürerken, basınç değişimi altında yapılanı 7-8 saniye sürmektedir (Kefee et al., 1993). Geniş bant timpanometri ölçümü, geniş frekans aralığında ölçüm yaptığından dolayı içerisinde klasik timpanometri verilerini de barındırır ve iletim tipi patolojiler hakkında daha fazla bilgi verebilir (Keefe et al., 1993). GBT’de dış kulak yoluna yerleştirilen probun konumu, klasik timpanometride olduğu gibi hassas değildir (Huang et al., 2000).

Belirli bir popülasyon için, belirli bir aracı kullanarak ölçüm yapıp normlar oluşturmak, testin uygulandığı organın hastalığı durumunda ayrımı yapabilmek için önem arz eder. Odyoloji alanında da uygulanacak bir testin özgüllüğü ve duyarlılığını optimize etmek gerekir. Optimizasyon kriterleri, düzeyini ayarlamak, araca özgü normları oluşturmak ve nüfusa özgü normları belirleyerek gerçekleştirilebilir. Topluma özgü normların uygulanması durumunda testin duyarlılığının ve özgüllüğünün artması mümkündür (Shahnaz & Davies, 2006). Son on yılda, orta kulak fonksiyon bozukluklarının teşhisinde geniş bant timpanometri (GBT) kullanımını yaygınlaştırmıştır. Her kliniğin normatif verilerinin belirlenmesi, hastalara ait verilerin değerlendirilmesi ve tanı koyma süreçlerinin kolaylaştırılması için gereklidir (Polat ve ark., 2015).

Çalışmanın amacı, 18-49 yaş aralığındaki bireylerde, aynı cinsiyette kulaklar arası, farklı cinsiyetlerin kulakları arasındaki farkların Geniş Bant Timpanometri kullanılarak normatif verilerin oluşturulmasına katkı sağlamaktır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. DIŞ KULAK YOLU ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

1.1.1. Kulağın Embriyolojik Gelişimi

Dış, orta ve iç kulak üç ayrı germ yaprağından oluşur. Dış kulak yolu ve orta kulak üst solunum yolu ve sindirim sisteminin geliştiği brankial, faringeal yarık ve ceplerden gelişir. Kulak zarı ise birinci faringeal kesenin endoderminden ve birinci brankial yarığın ektoderminden ve bu iki katman arasında zayıf bir bağ doku tabakası bulunmaktadır. Başlangıçta horizontal planda olan kulak zarı, 3 yaşında oblik pozisyonunu alır. İç kulak yapıları ise ektodermden meydana gelir. Bu sebeptendir ki iç, dış ve orta kulak gelişim anomalileri birbirinden ayrı klinik belirtilere sebep olur. İç kulak kemik yapıları ve kemikçikler embriyonel hayatın 4. ayında yetişkin boyutuna erişirler. Fakat mastoid kemik ve kafa tabanı kemiklerinin gelişimleri doğumdan sonra da devam eder. Bunun dışında, kemik labirent ve orta kulak kemikçiklerini çevreleyen otik kapsül epifizyel gelişim göstermez. Bu nedenle, gerek orta kulak kemikçikleri ve gerekse iç kulak kemik yapıları herhangi bir travmadan sonra kendilerini tamir edemezler (Lee, 2012).

1.1.2. Kulağın Anatomik Yapısı

İşitme ve denge organı olan kulak, temporal kemik içinde yerleşmiştir. Kulak anatomik ve fonksiyonel olarak; dış, orta ve iç kulak olmak üzere 3 kısma ayrılarak incelenir (Ballenger, 2003, Sundar et al., 2021).

1.1.2.1. Dış Kulak

Aurikula ve dış kulak yolu olmak üzere 2 kısımdan meydana gelir. Aurikula perikondrium ve ciltle örtülü elastik kıkırdak bir yapıdır. Aurikula dış kulak yolu kıkırdağı, deri, kas ve ligamanlarla kafatasına bağlıdır. Konveks olan ve arkaya bakan bir iç yüzü, konkav olan ve öne bakan bir dış yüzü vardır. Bu dış yüz düzensiz çukurlar ve çıkıntılar içerir. Bunların başlıcaları heliks, antiheliks, tragus, antitragus ve meatusa uzanan huni şeklinde bir çukur olan kavum konkadır. Aurikulada sadece lobul kısmı kıkırdak içermez (Ballenger, 2003).

Dış kulak yolu, auriküler konka ile kulak zarı arasında bulunan kanaldır. Dış 1/3 kısmı auriküler kıkırdak, iç 2/3 kısmı ise temporal kemiğin timpanik ve skuamöz parçaları tarafından oluşturulur. Kulak zarının arkadan öne doğru oblik yerleşmesinden dolayı, arka duvar uzunluğu 25 mm, ön duvar uzunluğu ise 31 mm boyutundadır. Dış kulak yolu çapı yaklaşık 7-9 mm olup vertikal eksenine daha fazladır (Ballenger, 2003). Dış kulak yolunu kaplayan deri, kulak zarıyla devamlılık göstererek, zarın dış epitel tabakasını oluşturur. Dış kulak yolunun kıkırdak kısmındaki deri, çok sayıda kıl, yağ ve serumen içerirken kemik kısımda bu yapılar görünmez. Ayrıca kıkırdak kısmında deri dokusu kalın olup kemik kısmında oldukça inceler ve direkt olarak periosta yapışıklık gösterir. Bu cilt, kulak zarına yaklaştıkça oldukça incelenerek kulak zarının meatal yüzünde 5 ile 7 hücre kalınlığına kadar düşmektedir. Kulak zarından dış kulak yolu istikametine doğru epitelin keratin tabakasının migrasyonu ile dış kulak yolu kendini temizlemektedir. Bu temizleme özelliği malleus kolunun tutulma yerinde daha hızlı olup umbodan itibaren sirküler olarak azalır, kanala ulaştığında ise oldukça yavaşlar (Ballenger, 2003, Lee, 2012).

1.2. ORTA KULAK ANATOMISI VE FIZYOLOJISI

Orta kulak, hava ortamındaki ses dalgalarının iç kulak boşluklarını dolduran sıvı ortamına iletilmesini sağlar. Bu iletim büyük ölçüde orta kulağın yapılarına bağlıdır (Önerci & Altunay, 2021).

1.2.1. Orta Kulak Duvarları

Orta kulak, altı duvarı olan prizma şeklinde bir yapıdan oluşmaktadır. Lateral duvarının büyük bir kısmı kulak zarı tarafından oluşturulur. Bu zar tarafından orta kulak boşluğu mezotimpanium, hipotimpanium ve epitimpanium olmak üzere anatomik olarak, üç alt bölüme ayrılır. İç yan duvarının ortasında koklea tarafından oluşturulan promantorium adı verilen bir çıkıntı mevcuttur. Üst duvarında teğmen timpani, alt kısmını ise ince bir kemik lamina yapar. Ön duvarda üstteki tüpü ağzı ve semikanalis tensör timpani, arka duvarında ise mastoid antruma açılan aditus ad antrum denilen bir açıklık mevcuttur (Önerci & Altunay, 2021).

1.2.2. Timpanik Membran

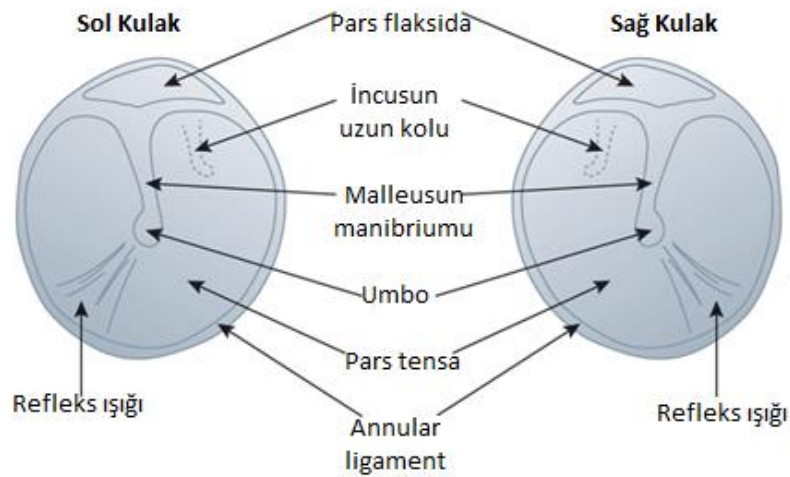
Kulak zarı, orta kulak boşluğunu dış kulak yolundan ayıran bir bariyerdir. Vertikal çapı 9-10 mm, horizontal çapı 5-6 mm olan kulak zarının kalınlığı ortalama 0,5 mm'dir.

Kulak zarı oblik bir yerleşim gösterir. Arka ve üst kenarı, ön ve alt kenara göre daha dışta yerleşmiştir. Kulak zarı timpan kemiğin timpanik halka da denilen sulkus timpanikusuna içine anulus fibrozis ile tutunmuştur. Sulkus timpanikus timpanik kemiğin öne ve arkaya doğru yaptığı 2 uzantı tarafından meydana getirilir. Fakat bu uzantılar üst kısımda birleşmez ve burası skuamöz kemiğin aşağı doğru uzanan uzantısı yani skutum ile doldurulur. İnkus ile malleusun gövdesi skutum tarafından saklanır. Skutumun doldurduğu timpan kemiğin iki uzantısı arasındaki açıklık ise rivinüs çentiği olarak isimlendirilir. Timpan kemiğin iki uzantısının bitim noktasından malleus başına doğru uzanan iki plika ile bağlanır. Bunlar plika malleolari anterior ve posteriordur (Flint et al., 2020).

Kulak zarının büyük bir bölümünü oluşturan, timpanik kemik içinde kalan, ses dalgaları ile titreşen kısmını oluşturan bölümüne pars tensa, Rivinus çentiğini dolduran daha ince bir yapıda ve gevşek olan kısmına pars flaksida (Shrapnell zarı) adı verilir. Pars tensa kısmında orta yukarıdan aşağıya doğru malleusun manibrium mallei kısmı uzanır. Konkav bir yüzeye sahip olan kulak zarının en çukur kısmına umbo denir. İçte manibrium mallei eksenine umbo noktasında bir dik çizildiğinde, pars tensa topoğrafik olarak 4 kadrana ayrılmış olur. Bunlar ön alt, ön üst, arka alt ve arka üst kadranslardır (Şekil 1). Bu bölgelerin tanımlanması kulak zarındaki lezyonların ve bazı girişimlerin belirlenmesi açısından önem gösterir. Arka üst kısım incusun inen kolu, incudo – stapediale ekleme ve korda timpaniyi içermesi açısından tehlikeli bölge kabul edilir ve bu bölgede kulak zarına ait girişimlerden uzak durulur. Arka alt kısım ise orta kulak medial duvarına yakınlığı ve yuvarlak pencere komşuluğu ile önem arz eder. Kulak zarına yapılacak müdahalelerde en güvenilir bölgeler ön üst ve ön alt kadranslardır. (Önerci & Altunay, 2021).

Histolojik olarak kulak zarının pars tensa ve pars flaksida kısımlarında bazı farklılıklar göze çarpar. Pars tensa, 3 tabakadan oluşur. Dışta dış kulak yolu derisinin devamı niteliğinde skuamöz epitel (epidermis), ortada fibröz tabakada diğer adıyla lamina propria ve iç yüzde orta kulak mukozası vardır. Zarın gerginliğini sağlayan fibröz tabaka sadece pars tensa bölümünde vardır. Sirküler ve radyal fibrillerden oluşmuştur. Sirküler fibriller, parabolik semisirküler ve transvers şekildedirler (Flint et al., 2020). Sirküler fibriller daire şeklinde uzanırlar. Bu fibriller umboda çok ince olup periferde doğru gittikçe kalınlaşır ve annuluse geldiklerinde ise ayırt edilemezler. Sirküler fibriller, zarın titreşim özelliğini engellemeden zarın sağlamlığını arttıırırlar. Radial fibriller ise lumbusa yapışır

ve buradan manibrium malleiye uzanırlar. Bu fibriller bir kısmı önden, bir kısmı da arkadan manibriumu sarar. Bu liflerin kasılması manibriumun kendi eksini etrafında dönme hareketi yaptırır. Parabolik lifler ise önde ve arkada iki adet demet oluşturur ve prosesus brevisten periferie doğru uzanırlar. Ancak annuluse varmadan annulusa paralel bir gidiş izleyerek semisirkürel liflerin arasından geçerler. Semisirküler lifler ise zar çevresinde yerleşir, anulusdan çıkar ve periferik fibröz halkanın içinde küçük yaylar oluşturup kendi annulusuna ulaşırlar. Parabolik ve semisürküler lifler, kulak zarında devamlı bir gerginlik oluşturur. Bu gerginlik elastik değildir, ancak kolayca titreşme özelliğine sahiptir. Transfer fibriller ise sirküler ve radial fibriller arasında onlarla iç içe geçmiş pozisyonda yer alırlar. Pars flaksida bölgesinde ise bu fibröz tabaka yoktur. Buna karşılık ince bağlayıcı bir tabaka olduğu görülmüştür. Bu bağlayıcı tabakada zengin kapiller ve sinir ağı bulunur (Flint et al., 2020; Wackym & Snow, 2016).



Şekil 1. Kulak Zarı (Gelfand, 2009).

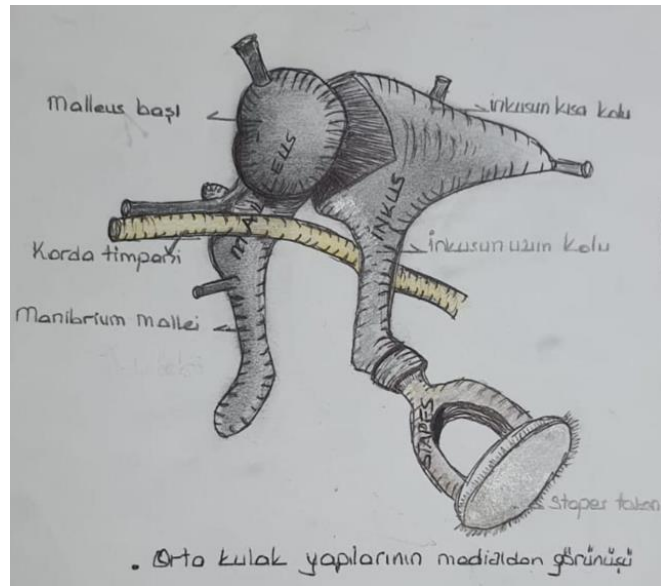
1.2.3. Orta Kulak Kemikçikleri

Orta kulak boşluğunda, ses dalgalarını dış kulak yolundan iç kulağa iletilmesini sağlayan, dıştan içe doğru sırayla malleus, incus ve stapes adı verilen kemikçik zinciri yer almaktadır (Şekil 2). Bu kemikçikler, boşluğun arka üst kısmına yerleşmişlerdir ve bir birleri ile az oynar eklem yaparak bir zincir meydana getirirler (Önerci & Altunay, 2021).

Malleus, orta kulak kemikçiklerinin en büyüğüdür. Malleusun uzun kolu, baş kısmından ayrılarak manubrium (sapı), adını alır. Malleusun iki çıkıntısı vardır. Lateral ve anterior olarak adlandırılır. Malleusun başı, incusun gövdesine incudomalleolar eklemlerle bağlanır (Gelfand, 2009). İncus, bir gövdeden; kısa, uzun ve lentiküler olmak üzere üç çıkıntıdan oluşur. İncusun lentiküler çıkıntısı stapesin başına incudostapedial eklemlerle bağlıdır (Rebol, 2022).

Stapes, insan vücudundaki en küçük kemiktir. Stapes; baş, anterior ve posterior krus adı verilen iki bacak, boyun ve stapes tabanından oluşur. Stapesin tabanı, anüler ligament aracılığı ile tabanı oval pencereye oturur (Mansour et al., 2019).

Kulak zarı ve oval pencere arasında uzanan kemikçik zincir ligamentler aracılığı ile sabitlenerek sabitlenerek asılı kalırlar. Timpanik membranın iç kulak ile bağlantısını kemikçikler sağlar ve timpanik membrana gelen ses kaynaklı titreşimlerin oval pencereye iletir (Gelfand, 2009; Mansour et al., 2019).



Şekil 2. Orta kulak kemikçikleri (S. Çelebi).

1.2.4. Orta Kulak Kasları

Orta kulakta, kemikçiklere tutunan iki adet kas bulunmaktadır. Bu kaslar, m.stapedius ve m. tensor timpani olarak adlandırılmaktadır. Odyolojik tanıda ve işitme fizyolojisinde orta kulak kaslarının kasılması büyük önem taşımaktadır. M.tensor timpani, malleusu hareket ettirerek zarın akustik impedansını değiştirmektedir. Bu hareket, zarın seslere karşı olan duyarlılığını değiştirmektedir. M.stapedius, insan

vücudundaki çizgili kasların en küçüğüdür. M. stapedius, Nervus Facialis'in (VII.sinir) stapedia dalı ile innerve olmaktadır. (Flint et al., 2020).

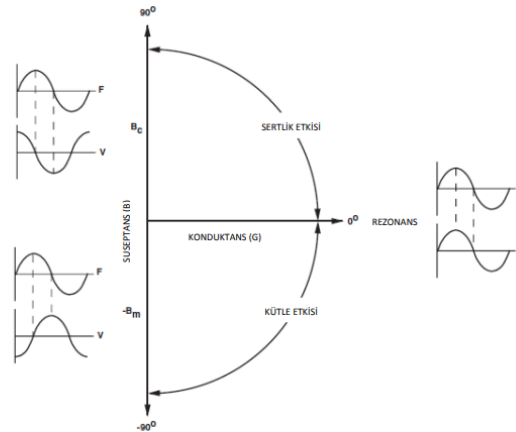
1.3. AKUSTİK İMMİTANS KAVRAMI VE TIMPANOMETRİ

1.3.1. Akustik İmmitansmetri

Akustik immitansmetri, akustik admitans ve akustik empedans kavramlarının ikisinde içinde barındıran bir kavramdır. Bir sistemden geçen enerjinin geçiş esnasındaki dirençsizliğine admitans, geçiş esnasındaki karşıt güç yani direnç ise empedans olarak adlandırılır. (Katz et al., 2015; Martin, 1984).

American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) tarafından odyolojik olarak ortak bir dil kullanılması amacıyla, terimler ve kısaltmalar için bir standardizasyon yayınlanmıştır. Günümüzde bu terimler kullanılmaktadır. Bu terimler ve birimleri kısaca özetlendiğinde:

Akustik Admitans (Ya): Ses enerjisinin akustik sistemden geçiş kolaylığını ifade eder. Birimi akustik mmho'dur.



Şekil 3. Admitans öğelerinin analitik düzlemde şematik gösterimi (Shanks & Shohet, 2009).

Akustik Kondüktans (Ga): Admitansın reel kısmını ifade eder ve rezistans ile karşılıklı ilişki içindedir. Orta kulağın direnç (rezistans) gösteren yapılarından enerjinin geçiş kolaylığıdır. Birimi akustik mmho'dur.

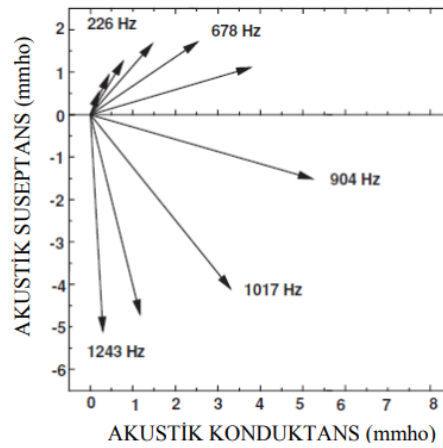
Akustik Suseptans (Ba): Admitansın varsayılan kısmıdır ve sistemin kütle ve yay özelliği gösteren mekanik-akustik unsurlarından, enerjinin geçiş kolaylığını ifade eder.

Kütle ve komplians, suseptans değerlerinin sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır. Birimi akustik mmho'dur.

Akustik Empedans (Z_a): Sistemin, ses enerjisinin geçişi esnasında, enerjinin geçişine karşı oluşturduğu dirençtir. Birimi akustik ohm'dur.

Akustik Rezistans (R_a): Empedansın reel kısmıdır ve enerji geçişine, sistemin direncini ifade eder. Birimi akustik ohm'dur (Katz et al., 2015; Martin, 1984).

Akustik Reaktans (X_a): Empedansın varsayılan kısmıdır, kütle reaktansı ve komplians reaktansın sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır. Birimi akustik ohm'dur (American Speech-Language-Hearing Association, 1987).



Şekil 4. Akustik Admitans Vektörlerinin Farklı Frekanslarda ifadesi (Shanks & Shohet, 2009).

Orta kulak yapılarında meydana gelen fizyolojik veya patolojik değişiklik, orta kulağın mekanik ve akustik özelliklerinde değişikliğe neden olur. Bu durum admitans değerlerinde farklılık olarak kendini gösterir. İmmitansmetrik ölçümler orta kulakta meydana gelen bu değişimleri yansıtarak ortaya çıkan durum hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Odyometri test bataryasında timpanometri testi rutin olarak kullanılmaktadır. Östaki tüpü fonksiyon testleri, akustik refleks ve refleks decay testleri de test bataryasında kullanılmaktadır (Önerci & Altunay, 2021).

İmmitansmetrik ölçümler, orta kulakta enfeksiyon, otoskleroz, kemikçik zincir fiksasyonu, kopukluğu, timpanik membranda ortaya çıkabilecek patolojilerin yanısıra 8. kraniyal sinir patolojileri hakkında da bilgi vermektedir (Gelfand, 2009).

1.3.2. Timpanometri

Timpanometrik ölçümlerde timpanometri testi kullanılmaktadır. Timpanometri testi, orta kulak empedansını etkileyen bütün patolojilere, değişimlere karşı oldukça hassastır. Admitans ölçümlerinin kalibrasyonu 226 Hz' de yapılmaktadır. 226 Hz frekansında 1,8 ohm ölçülen admitans, orta kulak için 1,8 ml hava hacmi olarak kabul edilmektedir (Gelfand, 2009).

Timpanometri, günümüzde pratik uygulamada orta kulak fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan objektif bir testtir. Standart timpanometri ölçümlerinde 226 Hz frekansı kullanılmaktadır. Timpanometrinin yaygın kullanım alanı bulmasının temel nedeni, kullanımının kolay olması, hasta tarafından rahat tolere edilmesi, test tekrarlarında güvenilir yanıt alınması ve maliyetinin uygun olmasıdır. Standard 226 Hz timpanogramda elde edilen grafiklerin yorumlanması ile tanıya yardımcı olmaktadır (Gelfand 2009).

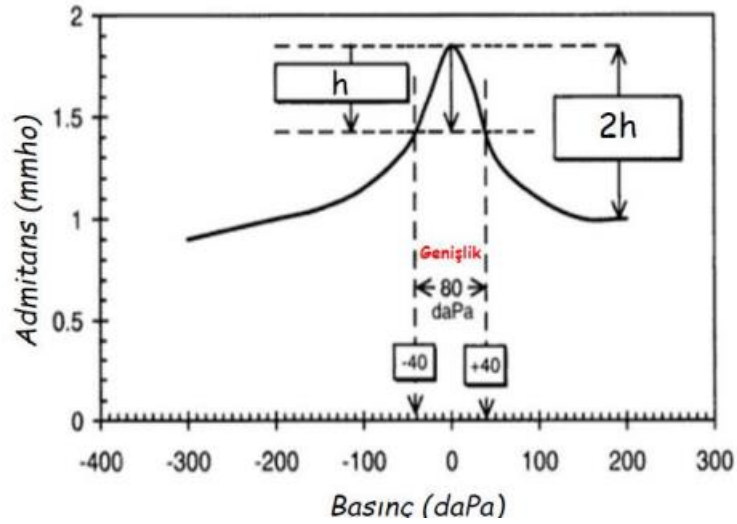
Timpanometrinin klinik değeri orta kulak rahatsızlıklarını öngörebilmektedir. Timpanogram türü orta kulak durumu hakkında yararlı bilgiler sağlar. Timpanogramda değerlendirmede önemli veriler şunlardır ;

- Timpanometrik Tepe Basıncı,
- Timpanometrik Statik Admitans,
- Timpanometrik Genişlik
- Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi (Stach & Ramachandran, 2021).

Timpanometrik Tepe Basıncı (TTB), timpanogramda, orta kulak boşluğundaki enerjinin admitansı kulak kanalındaki basıncın fonksiyonu olarak çizilir. Orta kulak basıncını gösterir. Hava basıncının ölçü birimi dekaPaskal'dır (daPa). Timpanogramda hava basıncı pozitif veya negatif olarak ifade edilir. Timpanogramda timpanogramın tepe noktasına karşılık gelmektedir (Stach & Ramachandran, 2021).

Timpanometrik Statik Admitans, orta kulağın admitansını ifade etmektedir. Birimi ml, mmho ve cm^3 tür. Normal orta kulak fonksiyonuna sahip kulaklarda 0,3 ile 1,6 cc dir. Statik immitans, orta kulağın akustik empedansa katkısının ölçüsüdür (Katz et., 2015).

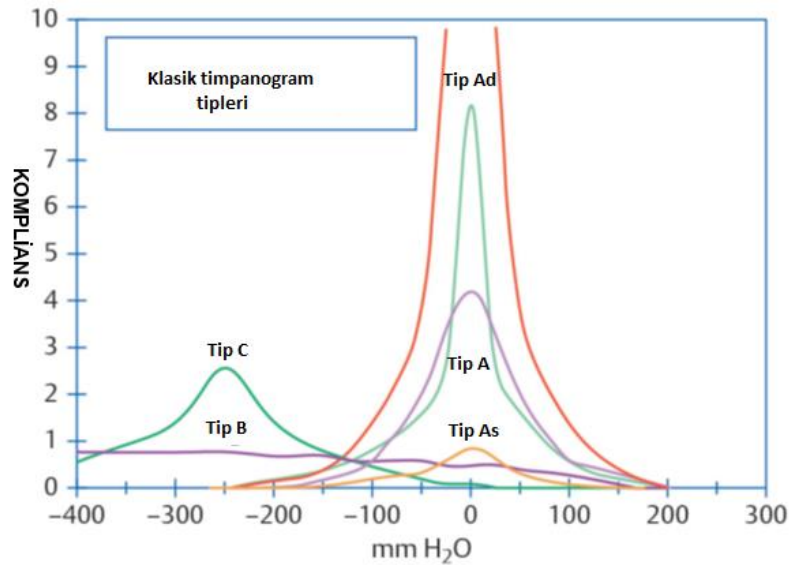
Timpanometrik Genişlik (TW), statik immitans değerinin %50'sine karşılık gelen noktadaki dekaPaskal değerinin hesaplanmasıyla ölçülür. Ölçü birimi daPa' dır (Şekil 3)(Gelfand, 2009).



Şekil 5. Timpanometrik Genişlik

Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi (Vea), timpanogramda kanal hacmi olarak ifade edilmektedir. Prob ile timpanik zar arasında kalan havanın gerçek hacmini göstermektedir. Timpanometrik ölçümlerde sıfır noktası 200 daPa olarak ölçüm gerçekleştirilmektedir. Birimi cm^3 , mmho veya ml 'dir (Shahnaz & Polka).

Çoğunlukla kullanılan beş (A, As, Ad, B, C, D, E) eğri mevcuttur (Şekil 4). Tip A, normal olarak değerlendirilen timpanogramdır. Orta kulakta efüzyon durumunda kompliyans düşüktür ve düz timpanogram elde edilir. Jerger'in tanımlamasına göre Tip B timpanogramdır. Tip B timpanogramın, efüzyonlu otitis media'yı (EOM) saptama duyarlılığı %80'den fazla olduğu bilinmektedir. Tip B timpanogram kesin EOM varlığını göstermediği gibi Tip A timpanogramda EOM varlığını tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Tip C düzelmekte olan orta kulak efüzyonunu veya östaki borusu fonksiyon bozukluğunda gözlenir. Tip D ile Tip E, Çift tepe noktalı ve çentikli timpanogram eğrisidir. Bu iki tip timpanogram arasındaki fark çentik mesafesi olup, geniş ise Tip D dar ise tip E' dir. Kulak zarında skar oluşumunda ve hiper mobil kulak zarında gözlenmektedir (Şekil 4) (Onusko, 2004, Gelfand 2009).



Şekil 6. Timpanogram tipleri.

Multifrekans timpanometrilerin kullanıma girmesi ile orta kulak yapıları hakkında daha ayrıntılı ve daha güçlü veriler elde edilmeye başladı. Multifrekans timpanometrelerde klinik olarak kullanılmaya başlandı (Ballenger, 2003 ; Flint et al., 2020). 226 Hz, 678 Hz ve 1000Hz frekansların değerlendirildiği timpanogramlara Multifrekans denir. Geniş band timpanogram ise 226 Hz ile 8000 Hz arası frekansları değerlendirir (Gelfant, 2023).

1.4. GENİŞ BANT TIMPANOMETRİ (GBT)

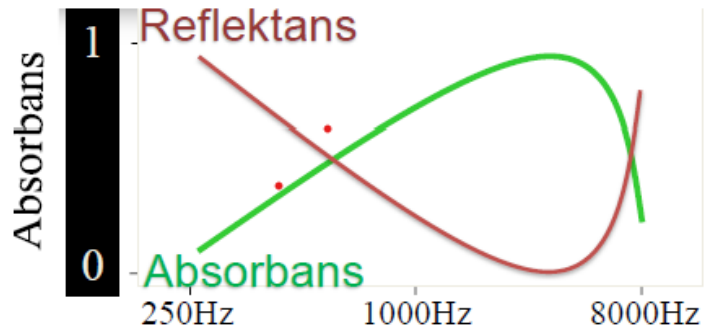
Geniş bant timpanometri, son zamanlarda kliniklerde yaygın olarak kullanılmaya başlayan ve orta kulağı ayrıntılı olarak inceleme fırsatı veren bir analiz yöntemidir. GBT klasik timpanometriye göre orta kulak yapılarını değerlendirmede ve iletim tipi işitme kayıplarında daha hassas değerlendirme ve daha hassas sonuçlar elde edilmesine imkan sağlar. Geniş frekans aralığı ile (yetişkinlerde 10 kHz, infantlarda 20 kHz frekansa kadar) ölçüm yapılabilmektedir (Keefe et al., 1993).

GBT ile geniş frekans aralığında hızlı akustik yanıt alınabilmektedir. Farklı frekanslarda birçok sinüzoidal dalga ve geniş bant uyarı ile ölçüm yapılabilmektedir. Ayrıca, 0,2 – 8 kHz aralığında, her 100 Hz frekans aralığında ölçüm yapılarak daha hassas bir sonuç elde edilebilmektedir (Rosowski et al., 2013).

1.4.1. Geniş Bant Reflektans / Absorbans

Kulak zarına gelen ses basıncının bir kısmı orta kulak sistemine emilebilir ve bir kısmı kulak zarından geri yansıtılabilir. Basınç yansıması, yansıyan basıncın gelen basınca oranıdır, ancak bu ölçümün kullanılması karmaşıktır, çünkü aynı zamanda faz bilgisini de içerir. Öte yandan, basınç yansımasının karesinin alınması, herhangi bir faz bilgisi olmadan sadece bir büyüklük ölçümünü içeren güç yansımasını verir. Başka bir deyişle, güç yansıması, sesin kulak zarından yansıyan oranıdır. Yani, en basit ifadeyle, güç (veya enerji) yansıması, kulak zarından geri yansıyan sesin gelen sese oranıdır. Sesin hiçbirini yansıtılmadığında 0, tamamı yansıtıldığında -1 değeri alır. Daha fazla yansıtma, daha az absorbansa karşılık gelir ve daha az yansıtma, daha fazla absorbansa karşılık gelir. Geniş bant akustik immitans, geniş bant akustik absorbans ve geniş bant akustik yansıma gibi terimler, geniş bant yansıma ve absorbans ölçümlerini tanımlamak için kullanılır (Feeney et al., 2013).

GBT 'de reflektans veya absorbans değeri hesaplanabilmektedir. Absorbans ile reflektans ters orantılıdır Reflektans, dış kulak yolundan verilen ses basıncının veya enerjisinin orta kulaktan yansıyan kısmını ifade eder. Absorbans ise orta kulak tarafından yansıtılmayan yani iç kulağa geçen miktarı ifade eder (Feeney et al., 2013).



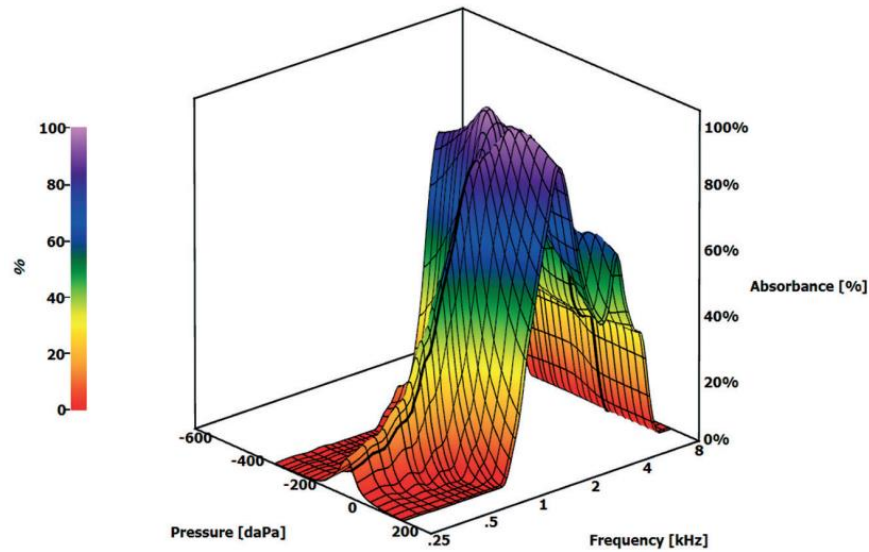
Şekil 7. Absorbans & Reflektans (Feeney et al., 2017).

1.4.2. Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT)

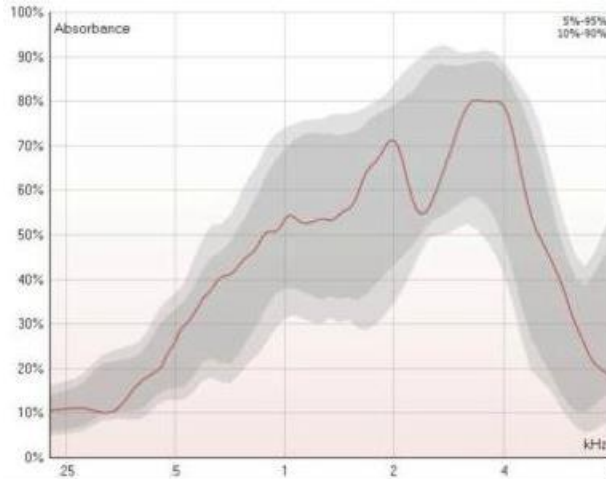
Averajlanmış geniş bant timpanogram, 3D timpanogramda, yetişkinlerde 375-2000 Hz, çocuklarda 800-2000 Hz frekans aralığındaki absorbans değerlerinin ortalaması alınarak bulunan iki boyutlu grafiştir (Biswas, 2018). Absorbans orta kulak patolojisine duyarlı olduğu ve yüksek frekanslara göre daha az değişkenlik gösterdiği için bu frekanslar seçilmiştir (Śliwa et al., 2020).

1.4.3. Absorbans Grafiği

GBT sistemi, belirli frekans ve basınç aralığında enerji absorbans grafiğini üç boyutlu olarak görme fırsatı sunar. Mavi renk yüksek absorbans değerlerini, kırmızı renk düşük absorbans değerlerini göstermektedir (Şekil 6). Üç boyutlu timpanogramlar çok sayıda veri içerir ve yorumlaması zordur. Yorumlamayı kolaylaştırmak için GBT ölçüm sonuçları iki boyutlu timpanogramlarla yorumlanır (Hein et al., 2017). GBT çalışma prensibi olarak geleneksel timpanometriye benzer. 226 Hz timpanogram, 1000 Hz timpanogram, orta kulak rezonans frekansı, rezonans frekansında elde edilen timpanogram, ortam basıncında ya da tepe basıncında absorbans grafikleri ve averajlanmış geniş bant timpanogram sonuçları elde edilebilmektedir (Şekil 6) (Biswas, 2018). Geleneksel timpanometriden farklı olarak GBT, sesin yansıması değil, aynı zamanda çeşitli basınçlarda veya geniş bant klik uyararı ile basınçsız ölçümlerde sesin absorbansı hakkında da benzersiz veriler sağlar (Özdemir ve ark., 2022).



Şekil 8. 3 Boyutlu Timpanogram Örneği (Niemczyk & Lachowska, 2016).

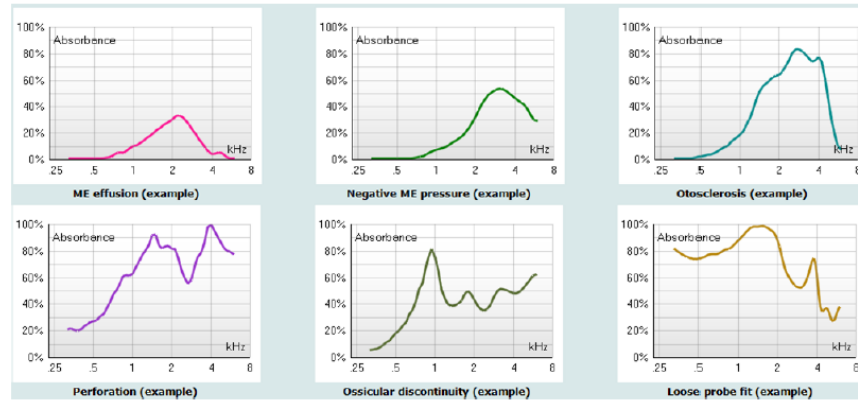


Şekil 9. Absorbans grafiği örneği (Feeney et al., 2013).

Geleneksel timpanometri admitans ve kompliansı ölçer, >1500 Hz üzerindeki frekansları test edemeyebilir. GBT, admitans yerine absorbansı değerlendirerek 8000 Hz'e kadar test edebilir. Absorbans, admittans ile aynı bilgileri içerir, ancak absorbans grafiği, orta kulak patolojileri için ayırıcı tanı kullanılabilecek ek bilgiler sağlar. Absorbans, GBT sırasında veya ortam basıncında ölçülebilir (Park, 2017).

1.4.4. Rezonans Frekansı

Rezonans frekansı, orta kulak titreşiminin en yüksek olduğu, kütle ve katılık etkisinin olmadığı, sadece sürtünme etkisinin etkili olduğu frekanstır. Rezonans frekansı, hem sertliğin hem de kütle duyarlılığının eşit olduğu frekans olarak tanımlanır. Kütle duyarlılığı frekansla doğru orantılıdır ve uyumluluk duyarlılığı frekansla ters orantılıdır. Rezonans frekansı yakınında toplam duyarlılık neredeyse sıfırdır, bu nedenle iletkenlik bu frekansta sistemin admitansına katkıda bulunan tek bileşendir. Rezonans frekansı, kütleyle bağlı patolojilerde düşer, katılığa bağlı patolojilerde artar (Margolis et al., 1999). Basıncısız ölçüm yapılabilmesi sayesinde, konvansiyonel timpanometri yapılamadığı durumlarda (orta kulak cerrahisi) orta kulak hakkında bilgi sağlamaktadır. GBT, bazı orta kulak hastalıklarında erken dönemde tanı için yüksek duyarlılığa sahiptir (Şekil 8) (Feeney et al., 2013).



Şekil 10. Absorbans grafik örnekleri

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. EVREN VE ÖRNEKLEM

Çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı /Odyoloji Bölümünde yapılmıştır. Çalışmaya, 116 sağlıklı kadın birey (232 kulak) ve 116 sağlıklı (232 kulak) erkek birey dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilmesi gereken katılımcı sayısı, power analiz yapılarak hesaplanmıştır.

Çalışmaya 18-49 yaş arasındaki bireyler alınmıştır. Çalışmaya 18 yaş altı dahil edilmedi çünkü çalışmanın öncelik amacı erişkin yaş grubunu değerlendirmektir. Çalışmanın yapıldığı dönem mevsimsel olarak kış aylarında olmazından dolayı çocuklarda optimal popülasyonun yakalanması için daha çok örnekleme ihtiyaç olacaktır.

Orta kulak fonksiyonları normal olan tüm katılımcılara 226-8000 Hz frekanslar arasında geniş bant timpanometri ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada absorbans seviyesini değerlendirmeye yönelik kadın ve erkekler arasında 0,06 absorbans farkını, 0,14 birimlik sapma ile saptama üzere %95 güven sınırında, %90 güç ile saptamak üzere her bir grup için örnek büyüklüğü $n_1=116$ kadın ve $n_2=116$ erkek olmak üzere 232 olarak belirlenmiştir (Rosowski et al.).

Araştırmanın Soruları

Tez çalışmamızın temel sorusu, GBT sonuçlarının kadın ve erkekler arasında farklılık gösterip göstermediğini araştırmaktır. Bu sonuçları değerlendirebilmek için literatür verileri de gözönünde bulundurularak 18-49 yaş arasındaki örneklem grubumuzda;

1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin sağ ve sol kulak arasında absorbans değerleri açısından fark var mıdır?
2. Cinsiyete göre absorbans değerleri arasında fark var mıdır?
3. Katılımcıların sağ ve sol kulaklar arası V_{ea} , RF, TTB, MAF' dan oluşan immitansmetrik bulguların arasında fark var mıdır?
4. Katılımcıların cinsiyetine göre V_{ea} , RF, TTB, MAF' dan oluşan immitansmetrik bulgularında farklılık var mıdır?

2.2. ÇALIŞMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ

- Normal otoskopik muayene bulgularının olması
- 18 - 49 yaş arası erkek ve kadın olması
- Katılımcıların herhangi bir kulak cerrahisi geçirmemiş olması
- Tinnutus şikayeti olmaması
- Bilateral hava-kemik aralığının 10 dB ve daha az olması
- Bilateral Transient Otoakustik Emisyon (TEOAE) testinden geçmiş olması
- Kulak zarı perforasyonu ve orta kulak probleminin (otitis media / kronik ototit vb.) bulunmaması
- Odyogram eşik seviyeleri 250-8000 Hz aralığında 25 dB HL ve daha iyi olması (WHO, 2013).

2.3. DIŞLANMA KRİTERLERİ

- Her iki kulakta Tip A harici timpanogram elde edilmesi
- Geniş bant timpanometrik ölçüm yapılamaması
- 18 yaşından küçük olmak
- Tinnitus şikayeti olması
- Ototoksik ilaç kullanım öyküsünün bulunması
- Dış kulak yolunda veya timpanik membranda patolojik bulgu olması durumu
- Dış kulak ve orta kulak cerrahisi geçirmiş olmak dışlanma kriterleri olarak belirlenmiştir.

Tüm katılımcılara otoskopik muayene sonrası, işitme sistemi değerlendirmek için saf ses odyometri (Interacoustics® Clinical Audiometer AC40 cihazı, Denmark, 2022), timpanometri/ akustik refleks (GSI Tymptar Version 2, Denmark, 2020) ve otoakustik emisyon (Madsen, Accu-screen, Denmark, 2004) testleri uygulanmıştır. Orta kulağı değerlendirmek için Geniş Bant Timpanometri (Interacoustics Titan, Denmark, 2020) cihazı ile test yapılmıştır (Resim 1).

2.4. GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ TEST TEKNİĞİ

Çalışmaya katılan tüm gönüllülere, Geniş Bant Timpanometri ölçümünün nasıl yapılacağı detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Gönüllünün isteği doğrultusunda, herhangi bir zaman diliminde testin sonlandırılacağı bilgisi verilmiştir. GBT ölçümü, Interacustik titan cihazının geniş band timpanogram ölçüm kriterleri olan ; klik uyararı kullanılarak 226-8000 Hz frekans aralığında, 100 dB SPL şiddetinde ve 21.5 Hz oranında yapılmıştır. Test ortalama 5 dakikada uygulanmıştır. Test, kulağa uygun prob yerleştirildikten sonra sırayla her iki kulağa Geniş Bant Timpanometre ile ölçüm yapılmıştır. Test sonucunda tüm bireylerde her bir kulak için, rezonans frekansı değerleri, tepe basıncında, absorbans değerleri belirlenmiştir.



Şekil 11. Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre cihazı.

2.5. ARAŞTIRMANIN ETİK YÖNÜ

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için, Kapadokya Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Etik Kurulundan (15.12.2022 tarih ve 22/22 sayılı) onay alınmıştır. Ayrıca çalışma verilerinin Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Bilimleri Hastanesi Kulak Burun Boğaz / Odyoloji Kliniğinden toplanabilmesi için kurum izni alınmıştır. Çalışmaya dahil olan tüm katılımcılara ayrıntılı bilgi verilerek sözlü onamları alınmış ve bilgilendirilmiş gönüllü onam formu imzalatılmıştır.

2.6. İSTATİKSEL ANALİZ

Oluşturulan veriler, SPSS 21.0 (IBM Inc., Armonk, NY, USA) programına kaydedilerek analiz edilmiştir. Nitel değişkenleri karşılaştırmak için Pearson ki-kare testi ya da beklenen frekansı 5'ten küçük hücre olduğunda Fisher'in kesin ki-kare testi kullanılmıştır. Sayısal değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk

testi ile incelenerek, normal dağılan değişkenleri 2 grupta karşılaştırmak için bağımsız gruplarda t-testi kullanılmıştır. Normal dağılmayan değişkenleri 2 grupta karşılaştırmak için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Normal dağılan değişkenler arasındaki ilişki Pearson bağıntı katsayısı ve normal dağılmayan değişkenler arasındaki ilişki ise Spearman sıra bağıntı katsayısı kullanılarak incelenmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Çalışmaya sağlıklı orta kulağa sahip 18- 49 yaş arası 232 birey ve 464 kulak dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin 116'sı kadın, 116'sı erkek idi. Yaş ortalaması 34,61 ±9,15 yıldır (Tablo 1). Katılımcıların mesleklerine göre bakıldığında, en fazla %26.7'si serbest meslek sahibi en az %3.9'u doktor olduğu bulunmuştur. Katılımcıların Eğitim / öğretim ve medeni durumuna göre bakıldığında, %28.9'u ilköğretim, %66.4'ü lisans ve %4.7'si lisansüstü mezunuydu. Tüm bireylerin %66.8'i evli ve %33.2'si bekar olduğu bulunmuştur (Tablo 1).

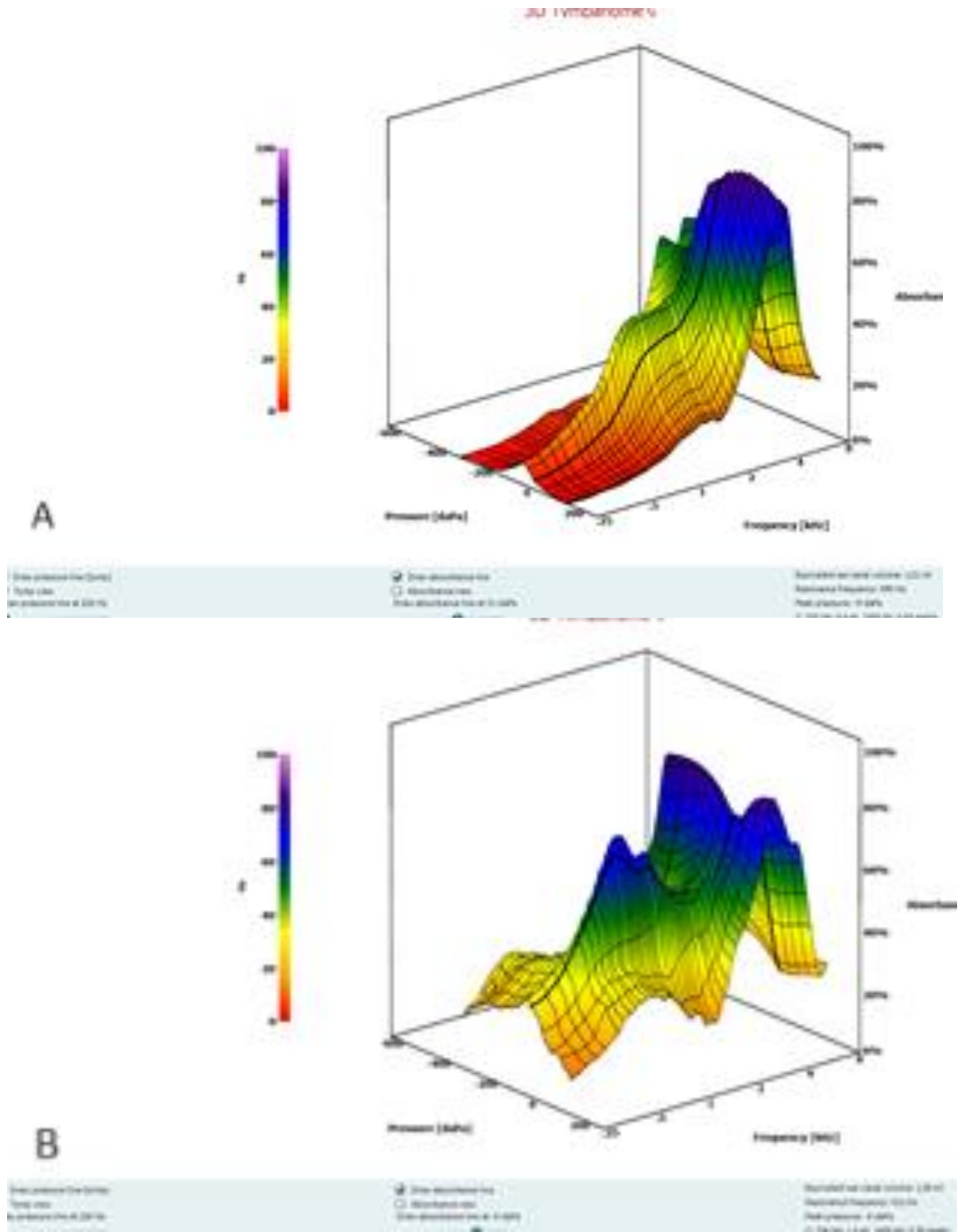
Çalışmaya katılan bireylerin, kulak burun boğaz muayenesi takiben yapılan otoakustik emisyon testinin 464 kulakta (%100) geçmiştir.

Çalışmaya katılan 464 kulağa yapılan saf ses odyometri testinde işitme eşiklerinin tüm frekanslarda 25dB'den daha iyi olduğu görüldü.

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri

Meslek durumu	Sayı	%
Ev Hanımı	44	19.0
Öğrenci	17	7.3
Öğretmen	33	14.2
Hemşire	33	14.2
Doktor	9	3.9
Çiftçi	34	14.7
Serbest	62	26.7
Eğitim / öğretim durumu	Sayı	%
İlköğretim	67	28.9
Lisans	154	66.4
Lisansüstü	11	4.7
Medeni durumu	Sayı	%
Evli	155	66.8
Bekar	77	33.2

Katılımcıların sağ ve sol kulaklarına göre absorban değerlerine bakıldığında, tüm frekanslarda (250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz) iki kulak arasında absorban değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 2).



Şekil 12. A. 3D timpanogram örneği (kadın sağ kulak) B. 3D timpanogram örneği (erkek sağ kulak).

Tablo 2. Katılımcıların sağ ve sol kulaklarına göre tüm frekanslarda absorbands değerlerinin karşılaştırılması.

Frekans	SAĞ KULAK (n:116)		SOL KULAK (n:116)		P
	Medyan (min-maks)	Ort±SS	Medyan (min-maks)	Ort±SS	
250Hz	0,110(0,00-0,50)	0,128±0,062	0,245(0,02-0,68)	0,256±0,118	0,552
500Hz	0,245(0,02-0,68)	0,259±0,118	0,240(0,04-0,81)	0,265±0,125	0,702
100Hz	0,640(0,06-0,98)	0,612±0,153	0,620(0,05-0,90)	0,619±0,159	0,520
2000Hz	0,650(0,01-0,99)	0,610±0,227	0,640(0,00-0,99)	0,587±0,241	0,388
4000Hz	620(0,01-0,98)	±0,216	0,620(0,00-0,98)	±0,225	0,946
8000Hz	0,250(0,00-0,90)	0,282±0,186	0,250(0,00-0,90)	0,288±0,178	

(Mann-Whitney U test, Student's t test.)

Katılımcıların cinsiyetine göre tüm frekanslarda absorbands değerlerine bakıldığında, kadınların 250Hz, 500Hz ve 8000Hz frekans noktasında elde edilen absorbands değerleri erkeklere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük ; 2000Hz, 4000Hz frekans noktasında elde edilen değerlerinin ise anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). 1000Hz'de absorbands değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Katılımcıların cinsiyetine göre tüm frekanslarda absorbands değerlerinin karşılaştırılması.

Frekans	Kadın /Kulak (n:232)		Erkek /Kulak (n:232)		P
	Medyan (min-maks)	Ort±SS	Medyan (min-maks)	Ort±SS	
250Hz	0,100(0,00-0,90)	0,121±0,078	0,120(0,02-0,50)	0,135±0,062	0,001
500Hz	0,215(0,02-0,81)	0,249±0,128	0,250(0,04-0,63)	0,276±0,113	0,001
1000Hz	0,650(0,05-0,98)	0,613±0,159	0,600(0,05-0,89)	0,619±0,153	0,778
2000Hz	0,675(0,00-0,99)	0,629±0,221	0,600(0,01-0,99)	0,567±0,244	0,008
4000Hz	0,690(0,00-0,98)	0,628±0,236	0,600(0,02-0,96)	±0,198	0,000
8000Hz	0,200(0,00-0,90)	0,252±0,181	0,300(0,00-0,88)	0,319±0,177	0,000

(Mann-Whitney U test, Student's t test.)

Katılımcıların sağ ve sol kulağından elde edilen immitansmetrik bulgularına bakıldığında;RF, TTB, Ve a ve MAF değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir. ($p > 0.05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Katılımcıların sağ ve sol kulaklara göre immitansmetrik bulgularının karşılaştırılması.

Frekans	SAĞ (N116)		SOL (n:116)		P
	Medyan (min-maks)	Ort±SS	Medyan(min-maks)	Ort±SS	
RF	928,50(2493388)	961,04±335,3	909,00(226-3507)	938,28±343,5	0,377
TTB	-5,00 (-106-53)	11,09±22,31	-5,00(-169-154)	-11,89±27,06	0,843
Ve a	0,84(0,30-1,84)	0,89±0,25	0,85(0,21-93,00)	3,48±13,89	0,458
MAF	3000(700-7000)	2830,30±1250	3000(100-7000)	2767,80±1297	0,635

(Mann-Whitney U test, Student's t test.) RF: Rezonans Frekansı, TTB: Timpanometrik Tepe Basıncı, Ve a: Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, MAF: Maksimum Absorbans Frekansı

Katılımcıların cinsiyetine göre immitansmetrik bulgularına bakıldığında, kadınların Ve a immitansmetrik değeri erkeklere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük, RF ve MAF immitansmetrik değerleri ise daha yüksek bulunmuştur. ($p < 0,05$). TTB immitansmetrik değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 5).

Tablo 5. Katılımcıların cinsiyetine göre immitansmetrik bulgularının karşılaştırılması

Frekans	Kadın /Kulak (n:232)		Erkek /Kulak (n:232)		P
	Medyan (min-maks)	Ort±SS	Medyan (min-maks)	Ort±SS	
TTB	-6,00(-169-154)	-10,32±25,82	-5,00(-134-37)	-12,70±23,63	0,583
Ve a	0,81(0,30-1,80)	0,83±0,22	0,90(0,21-1,91)	0,96±0,29	0,000
RF	952(226-3221)	969,69±333,7	886(268-3507)	928,92±344,6	0,004
MAF	3000(590-6850)	2917±1147	2700(100-7000)	2676±1382	0,007

(Mann-Whitney U test, Student's t test.)

TARTIŞMA

Test sonuçlarının güvenilir bilgi verebilmesi için normatif veri analizlerinin yapılması gerekmektedir. Uluslararası normların oluşması için aynı ülkeden farklı merkezlerden ve farklı ülkelerden verilerin toplanması ve analiz edilmesi gerekir. Test sonuçlarının mevsim ve zamanla olan ilişkilerini minimuma indirmek için testlerin sıklıkla tekrarlanması gerekmektedir. Normatif veri analizlerinin güçlü güvenilir olması için testlerin sıklıkla kişiler üzerinde tekrarlanması gerekmektedir (Polat ve ark., 2015, Shahnaz & Davies, 2006).

Yaş ve cinsiyetin anatomik-fizyolojik farklılıklara neden olduğu ve GBT sonuçlarını etkilediği bilinmektedir. Çalışmamızda, katılımcıların sağ ve sol kulakları arasında absorbans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Cinsiyetler arası tüm frekanslarda absorbans değerlerini karşılaştırdığımızda kadınların erkeklere göre 250Hz, 500Hz ve 8000Hz frekanslarda daha düşük düzeyde 2000Hz, 4000Hz frekanslarda ise daha yüksek düzeyde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Stenklev ve arkadaşları, 18-25 ve 50-71 yaş aralığındaki bireylere 226 Hz timpanometri ile orta kulak basıncı, ear kanal volümü, ve kompliansı değerlendirmiş ve yaş grubu ve cinsiyetlere göre anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir (Stenklev et al., 2004).

Keefe ve arkadaşları, yenidoğanda yaptıkları GBT çalışmasında sol kulağın akustik olarak sağ kulağa göre kadın kulağının ise erkek kulağına göre daha sert olduğunu bildirmişlerdir ve bu yenidoğandaki verniks sıvısıyla ilgili olduğunu düşünmüşlerdir (Keefe et al., 1993). Feeney ve arkadaşları, 40 genç yetişkin ile 30 yaşlı yetişkin bireyi 226 Hz timpanometri ve geniş bant reflektans ile değerlendirmiş, 226 Hz'de yaş grupları arasında farklılık gözlenmezken geniş bant reflaktans ölçümlerinde farklılık bulmuş ve yaş ile birlikte orta kulağın sertliğinin azaldığını göstermişlerdir (Feeney & Sanford, 2004). Hougaard ve arkadaşları, 18-60 yaş arası Kafkas kökenli yetişkin 99 bireye GBT uygulamışlardır. Yaş ve cinsiyet arasında anlamlı fark saptamamışlardır (Hougaard et al., 2020). Shahnaz ve Davies, 18-32 yaş arası 62 Kafkas ile 64 Çin kökenli yetişkin bireye orta kulak basıncı uygulamış ve orta kulak basıncının yaş ve cinsiyetle ilişkisi olmadığını saptamışlardır (Shahnaz & Davies, 2006). Mazlan ve arkadaşları, genç, orta ve ileri yaş gruplarında, absorbansı değerlendirdiklerinde genç yaş grubunda orta yaş grubuna göre

daha düşük bulmuşlardır. Aynı çalışmada cinsiyetler arası değerlendirmede kadınların 1000Hz'in altındaki frekanslarda daha düşük 2080-4490 Hz arasındaki frekanslarda ise daha yüksek absorbanza sahip olduklarını bildirmişlerdir (Mazlan et al., 2015). Özgür ve arkadaşları, 150 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları çalışmada sağ ve sol kulakları arasında ve cinsiyetlerine göre frekansa özgü absorbanz değerleri açısından; istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamışlardır (Özgür ve ark., 2016). Carpenter ve arkadaşları, genç ve orta yaş grubunda 56 hasta geniş bant reflektans ile değerlendirdikleri çalışmada, kadınların erkeklere göre 1500- 2531 Hz arasında daha yüksek 1007-1265 Hz ve 3000-5039 Hz arasında daha düşük olduğunu bulmuşlardır (Carpenter et al., 2012).

Stenklev ve ark., 226 Hzde yaptıkları için genç ve yaşlılarda komplians değerinde ve diğer parametrelerde farklılık bulamamışlardır. Keefe ve ark., yenidoğanda geniş bant timpanometri testini uygulamışlardır. Sol kulağın ve kadın kulağının daha sert olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamız 18- 49 yaş grubuna yapılmıştır ve kendi içinde gruplandırılmamıştır. Hougaard ve ark., 99 bireyi değerlendirmişlerdir. Shahnaz ve ark., 2 farklı kökeni yaş ve cinsiyet olarak değerlendirmişlerdir. Sağ ve sol kulak arasında farklılık bulunmamıştır. Bizim çalışmamızdaki gibi cinsiyetle farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Özgür ve ark., 150 sağlıklı birey değerlendirmişlerdir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak absorbanz değerleri arasında yaş ve cinsiyete göre farklılık olmadığını belirtmiştir. Carpenter ve arkadaşları 56 bireyde reflektans değerlendirdikleri çalışmada bizim çalışmamıza benzer olarak cinsiyetler arasında farklılık olduğunu bildirmişlerdir. Kadınların erkeklere göre reflektans değerleri 1500 Hz- 2531 Hz arasında yüksek, 1007 Hz-1265 Hz ve 3000-5000 Hz arasında düşük bulmuşlardır. Bizim çalışmada 116 birey değerlendirilmiştir. Geniş bant absorbanz grafiği klasik timpanograma benzer sonuç grafiği vermektedir. Daha kullanışlı olması nedeniyle bu çalışmada absorbanz değerlendirmesi yapılmıştır. Sağ ve sol kulak arasında absorbanz değerleri açısından fark bulunamıştır. Cinsiyet değerlendirmesinde kadın ve erkekler arasında absorbanz değerleri açısından farklılık bulunmuştur. Kadınların 250 Hz, 500 Hz, 8000Hz' da absorbanz değerleri erkeklere göre daha düşük, 2000 Hz ve 4000Hz'de daha yüksek bulunmuştur. Carpenter ve arkadaşlarının çalışmasında 3000 Hz- 5000 Hz reflektans kadınlarda düşük bulunmuştur, bizim çalışmamızda absorbanz 2000 Hz-4000Hz absorbanz yüksek bulunmasıyla benzer sonuçlar göstermektedir. Diğer frekanslarda farklı sonuçlar bulunmuştur. Bu frekanstaki farklılıkların sebebinin seçilen

yaş gruplarından ve kullanılan parametrelerden (absorbans-reflektans) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda cinsiyete göre immitansmetrik bulgular karşılaştırıldığında, kadınların Ve a immitansmetrik değeri erkeklere göre daha anlamlı düzeyde düşük, RF ve MAF immitansmetrik değerlerinin ise anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu, TTB değerleri arasında ise fark olmadığı görülmüştür.

Shahnaz ve Davies'in, cinsiyetin Ve a, TTB, timpanometrik genişlik üzerindeki etkisinin inceledikleri çalışmada, timpanometrik genişlik, TTB ve absorbans üzerine cinsiyetin etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Fakat kadınların erkeklere göre daha düşük Ve a immitansmetrik değeri gösterdiğini belirtmişlerdir (Shahnaz & Davies, 2006).

Polat ve arkadaşları, yaş ortalaması 21.1 ± 1.9 olan 110 genç birey ile yaptıkları çalışmada, rezonans frekans ve Ve a değerlerinin cinsiyetler arasında anlamlı farklılık olduğunu belirtmişlerdir. Cinsiyet ile absorbans arasında 3100-6900 Hz arasında anlamlı bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Polat ve ark., 2015).

Kavruk ve Öztürk, genç, orta yaşlı ve yaşlı yetişkin grupları arasında GBT ile TTB, RF ve Ve a değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda TTB'nin 500, 794, 5040 ve 6003Hz 'de gençlere göre yaşlı yetişkinlerde anlamlı derecede daha yüksek olduğunu, 1587 - 3175Hz aralığında ise anlamlı derecede daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. RF ölçüm değerlerinin gençlerde yaşlı yetişkinlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğunu saptamışlardır. Genç ve yaşlı yetişkinlerde erkekler kadınlara göre daha düşük RF' ye sahipken, orta yaşlı yetişkinlerde erkeklerde kadınlara göre anlamlı derecede daha düşük RF değerlerini saptamışlardır. Tüm yaş gruplarında Ve a değerleri kadınlara kıyasla erkeklerde anlamlı derecede daha büyük bulmuşlardır (Kavruk ve ark., 2024).

Özgür ve arkadaşları, beş farklı yaş gruplarında 150 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları çalışmada orta kulağın ortalama RF değerini yenidoğanda 330Hz, 45 yaş üzerinde ise 1050 Hz olarak ölçmüşlerdir. Maksimum absorbans oranı ve maksimum absorbans frekansı verileri açısından kulaklar arasında ve cinsiyetlere göre istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir (Özgür et al., 2016).

Wiley ve arkadaşları, 48- 90 yaş arasında 467 yaşlı yetişkin bireyi değerlendirdikleri çalışmada, rezonans frekans için anlamlı fark olmadığını fakat yaş ile Ve a değerinin anlamlı olarak arttığını bildirmişlerdir (Wiley et al., 1999).

Shahnaz ve Davies bizden farklı olarak cinsiyetin absorbanans üzerinde etkisini olmadığını belirtmişlerdir. Fakat bizim çalışmamızla aynı olaral V_{ea} değerini kadınlarda daha düşük bulmuşlardır. Kavruk ve Öztürk, Polat ve arkadaşları bizim çalışmamızla paralel sonuçlar bulmuşlardır. RF ve V_{ea} değerinin cinsiyetler arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer olarak rezonans frekans kadınlarda daha yüksek ve V_{ea} değeri kadınlarda daha düşük bulunmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

18-49 yaş aralığındaki bireylerden oluşan örnekleme, aynı cinsiyette kulaklar arası, farklı cinsiyetlerin kulakları arasındaki farkların Geniş Bant Timpanometri kullanılarak normatif verilerin oluşturulması amacıyla 116 erkek, 116 kadın sağlıklı birey (232 kulak) üzerinde yapılmış ve elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda,

1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin sağ ve sol kulak absorbans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı ($p > 0.05$),
2. Cinsiyetler arası absorbans değerleri karşılaştırılmasında kadınların absorbans değerlerinin erkeklere göre 250 Hz, 500 Hz, 8000 Hz frekanslarında düşük, 2000Hz, 4000Hz frekanslarında yüksek olduğu ($p < 0.05$),
3. Çalışmaya dahil edilen bireylerin sağ ve sol kulakları arası V_{ea} , RF, TTB, MAF' dan oluşan immitansmetrik bulguları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark olmadığı ($p > 0.05$),
4. Cinsiyetler arası V_{ea} , RF, TTB, MAF' dan oluşan immitansmetrik bulguları karşılaştırıldığında V_{ea} değeri kadınlarda düşük, RF ve MAF' değerleri yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). TTB değerleri arasında fark bulunmadığı ($p > 0.05$), görülmüştür.

Bu sonuçlar doğrultusunda yetişkin bireylerde GBT sonuçları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır. Yetişkin bireylerde cinsiyetler arası ve yaşa özgü normatif verilerin oluşturulması için GBT kliniklerde yaygın kullanılmalıdır.

KAYNAKÇA

- American Speech-Language-Hearing Association, Tympanometry. (1988). Erişim adresi: <https://www.asha.org/policy/rp1988-00027/>. Erişim tarihi: 17.06.2024.
- Ballenger, J. (2003). Head and neck surgery. Canada: BC Decker Inc., Hamilton.
- Biswas, A. (2018). Wideband tympanometry. *Annals of Otology and Neurotology*, 1(02), 126-132.
- 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(02), 106-114.
- Feeney, M. P., Hunter, L. L., Kei, J., Lilly, D. J., Margolis, R. H., Nakajima, H. H., . . . Sanford, C. A. (2013). Consensus statement: Eriksholm workshop on wideband absorbance measures of the middle ear. *Ear and Hearing*, 34, 78s-79s.
- 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., Keefe, D. H., Hunter, L. L., Fitzpatrick, D. F., Garinis, A. C., Putterman, D. B., & McMillan, G. P. (2017). Normative wideband reflectance, equivalent admittance at the tympanic membrane, and acoustic stapedius reflex threshold in adults. *Ear and hearing*, 38(3), e142-e160.
- Flint, P. W., Haughey, B. H., Francis, H. W., Lund, V. J., Lesperance, M. M., Robbins, K. T., & Thomas, J. R. (2020). *Cummings Otolaryngology: Head and Neck Surgery*: (Vol. II, s.140-144) içinde. Elsevier.
- Gelfand, S. A. (2009). *Essentials of audiology*. New York: Thime.
- Hein, T., Hatzopoulos, S., Skarzynski, P., & Colella-Santos, M. (2017). Wideband tympanometry. *Advances in Clinical Audiology*, 29-42.
- 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*, 277, 1899-1905.
- İnteracoustics, Tympanometers. (t.y.). Erişim adresi: <https://www.interacoustics.com/tympanometers/titan>. Erişim tarihi. 17.06.2024.

- Huang, G. T., Rosowski, J. J., Puria, S., & Peake, W. T. (2000). A noninvasive method for estimating acoustic admittance at the tympanic membrane. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(3), 1128-1146.
- Hunter, L., & Sanford, C. (2015). Tympanometry and wideband acoustic immittance. *Handbook of clinical audiology*, 137-163.
- Katz, J., Chasin, M., English, K. M., Hood, L. J., & Tillery, K. L. (2015). *Handbook of clinical audiology* (Vol. 7, s.137-165): Wolters Kluwer Health Philadelphia, PA.
- Kavruk, H., & Öztürk, B. (2024). Investigation of Age and Gender Effects on the Middle Ear With Wideband Tympanometry in Adults. *Ear and Hearing*, 45(2), 476-485.
- 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.
- Lee, K. J. (2012). *Essential otolaryngology: head and neck surgery*: McGraw-Hill.
- Mansour, S., Magnan, J., Ahmad, H. H., Nicolas, K., & Louryan, S. (2019). *Comprehensive and Clinical Anatomy of the Middle Ear*: (69-115) içinde. Springer International Publishing.
- 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.
- Martin, F. N. (1984). Principles of audiology: a study guide. (s. 3-5).
- Mazlan, R., Kei, J., Ya, C. L., Yusof, W. N. H. M., 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*, 58(4), 1377-1386.
- Moore Keith, L., Persaud, T., & Torchia, M. G. (2009). Klinik Yönleriyle İnsan Embriyolojisi. *Editör: Dalçık H, Yıldırım M. Nobel tıp Kitabevi*, 243-256.
- Niemczyk, E., & Lachowska, M. (2016). Wideband tympanometry—a new method to evaluate the middle ear. *Polski Przegląd Otorynolaryngologiczny*, 5(1), 65-74.
- Onusko, E. (2004). Tympanometry. *American family physician*, 70(9), 1713-1720.
- Ozgun, A., Müjdecı, B., Terzi, S., Coskun, Z., Yigit, E., & Dursun, E. (2016). Wideband tympanometry normative data for different age groups in Turkish population. *Journal of International Advanced Otology*, 12(1).

- Önerci, T. M., & Altunay, Z. Ö. (2021). *Diagnosis in Otorhinolaryngology: An Illustrated Guide*: (s1-84) içinde. Springer Nature.
- Özdemir, D., Mehel, D. M., Çeçen, A. B., Özdemir, Ş., Küçüköner, Ö., & Özgür, A. (2022). Evaluation of age-related changes in middle-ear structures by wideband tympanometry. *Acta Oto-Laryngologica*, 142(6), 505-508.
- Park, M. K. (2017). Clinical applications of wideband tympanometry. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 60(8), 375-380.
- Polat, Z., Bas, B., Hayir, D., Bulut, E., & Atas, A. (2015). Wideband tympanometry normative data for Turkish young adult population. *The journal of international advanced otology*, 11(2), 157.
- Rebol, J. (2022). Middle Ear Anatomy. In *Otoscopy Findings* (pp. 7-14): Springer.
- Rosowski, J. J., Stenfelt, S., & Lilly, D. (2013). An overview of wideband immittance measurements techniques and terminology: You say absorbance, I say reflectance. *Ear and Hearing*, 34(0 1), 9S.
- Ruah, C. B., Schachern, P. A., Zelterman, D., Paparella, M. M., & Yoon, T. H. (1991). Age-related morphologic changes in the human tympanic membrane: a light and electron microscopic study. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 117(6), 627-634.
- 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.
- Shanks, J., & Shohet, J. (2009). Tympanometry in clinical practice. *Handbook of clinical audiology*, 6, 159.
- Śliwa, L., Kochanek, K., Jedrzejczak, W. W., Mrugała, K., & Skarżyński, H. (2020). Measurement of wideband absorbance as a test for otosclerosis. *Journal of clinical medicine*, 9(6), 1908.
- Stach, B. A., & Ramachandran, V. (2021). Clinical audiology: An introduction: (s. 360-379) içinde. Plural Publishing.
- Stenklev, N. C., Vik, O., & Laukli, E. (2004). The aging ear: an otomicroscopic and tympanometric study. *Acta Oto-Laryngologica*, 124(1), 69-76.

- Sundar, P. S., Chowdhury, C., & Kamarthi, S. (2021). Evaluation of human ear anatomy and functionality by axiomatic design. *Biomimetics*, 6(2), 31.
- Wackym, P. A., & Snow, J. B. (2016). *Ballenger's Otorhinolaryngology: Head and Neck Surgery*: (s. 1-17) içinde. People's Medical Publishing House-USA.
- World Health Organization. (2013). Prevention of deafness and hearing impaired grades of hearing impairment. Erişim adresi:
https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA70/A70_34-en.pdf. Erişim tarihi: 17.06.2024.
- 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(04), 173-179.