

1993

T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ VE KONUŞMA SES BOZUKLUKLARI BÖLÜMÜ

**NORMAL İŞİTMEYE SAHİP YETİŞKİNLERDE
MULTİFREKANS TİMPANOMETRİ
NORMALİZASYON DEĞERLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Rıza Korhan SEZİN

**ANKARA
2011**

T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Odyoloji ve Konuşma Ses Bozuklukları Programı çerçevesinde, Korhan Sezin tarafından yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 12 Eylül 2011

“Yaş ve Cinsiyet Farklılıklarına Göre Multifrekans Timpanometri Sonuçları: Bir Normalizasyon Çalışması”

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Levent ÖZLÜOĞLU

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ


Prof. Dr. Erol BELGİN

Prof. Dr. Levent ÖZLÜOĞLU

Doç. Dr. Erdinç AYDIN



ONAY: Bu tez Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Yönetim Kurulu'nun 14.09.2011 tarih, 118 sayılı kararıyla kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Rengin Erdal
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezi babam Temel Sezin'in anısına ithaf ediyorum...

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam sürecinde tez danışmanlığımı üstlenen, tez konumun belirlenmesi, çalışmamın planlanması, gerçekleştirilmesi ve sonuçlandırılmasında bana yol gösteren değerli tez danışmanım, Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz anabilim dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Levent N. Özlüoğlu'na,

Bana kliniğinin her türlü imkanını sunan, bilimsel ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Ses ve Konuşma Bozuklukları Bilim Dalı Öğretim Üyelerinden Sayın Prof. Dr. Erol Belgin'e,

Yüksek lisans eğitimimin başından itibaren Odyoloji ve Konuşma, Ses Bozuklukları programına verdiği emekler ve bana sağladığı bilimsel katkılardan dolayı değerli hocam Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Öğretim Üyelerinden Doç. Dr. Erdiç Aydın'a,

Yüksek Lisans programına kabul edildiğim günden itibaren tüm aşamalarda bilimsel ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen, yaşamış olduğum tüm olumsuzluklara karşı beni yüreklendirerek dik durmamı sağlayan değerli hocalarım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Ana Bilim Dalı Öğretim Üyelerinden Doç. Dr. Seyra Erbek ve Doç. Dr. Selim Erbek'e,

Çalışmamı gerçekleştirebilmem için tez konumun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar tüm tez sürecim boyunca bilimsel katkılarını esirgemeyerek bana destek olan, Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma, Ses Bozuklukları bölümü Öğretim Üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Özgül Akın Şenkal'a,

Tez sürecim boyunca çalışmamı yürüttüğüm Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz kliniğinde bana destek veren değerli Odyometrist arkadaşlarım Güldeniz Pekcan, Sinem Kapıcıoğlu ve Nesrin Öztürk'e,

Son olarak yine bu süreçte ve öncesinde eğitimim için her türlü imkanı ve koşulu sağlayan canım babam Temel Sezin'e, canım annem Altıngül Sezin'e, canım ablam Özden Atlamaz'a ve değerli eşim Gizem Sezin'e... Sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Multifrekans timpanometri, 226 Hz ile 2000 Hz arasında değişik probe tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayarak, orta kulak direnç ve geçirgenliğini geniş bir frekans yelpazesinde değerlendirebilen avantajlı bir test yöntemidir. Orta kulak admitansını ve unsurlarını ayırıştırarak inceleyen parametreler sunmaktadır. Multifrekans timpanometrenin sunduğu önemli parametrelerden biri de rezonant frekanstır. Belli patolojilerin varlığında rezonant frekans değeri normal ve sağlıklı kulaklara kıyasla daha alçak ya da yüksek değerler almaktadır. Avantajlı bir test olmasına rağmen multifrekans timpanometrinin ülkemizde de tüm dünyada olduğu gibi klinik uygulamada yaygınlaşmamış olması birçok araştırmacı tarafından da belirtilen bir gerçektir. Multifrekans timpanometri kullanımının yaygınlaşmamasının sebebi yeterli verilerin henüz var olmamasıdır. Bilindiği gibi orta kulak ve dış kulak yapıları yaşı ve kalıtsal özelliklere göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlikler timpanograma farklı değerler olarak yansımaktadır. Dolayısıyla birçok araştırmacı tarafından multifrekans timpanometride normatif değerler elde etmek için çalışmalar yapılmıştır. Çalışmamız sonucunda elde edilecek verilerin, orta kulak patolojilerine karar vermek için kliniğimizin normatif değerlerini göstermesi ve dolayısıyla uygulamada ne yazık ki henüz yaygınlaşmamış olan rezonant frekans ölçümü için bir ölçüt sağlayarak kullanımını yaygınlaştırması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Başkent Üniversitesi Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı ve Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesinde işitme kaybı şikayeti olmayan ve otoskopik muayenesi normal olan 21-46 yaşları arasında 60 gönüllü (120 kulak) katılımcının orta kulak rezonant frekansları ölçülmüştür. Tüm katılımcıların, her iki kulaklarından (120 kulak) birden alınan RF değerlerinin ortalaması 999.6 Hz (std. sapma 134.9), sağ kulaklardan elde edilen değerlerin ortalaması 1020.8 (std. sapma 140.6), sol kulak ortalamaları ise 978.3 Hz (std. sapma 180.5) olarak belirlenmiştir. Bu verilerin, orta kulak patolojilerine karar vermek için kliniğimizin normatif değerlerini göstermesi ve dolayısıyla uygulamada ne yazık ki henüz yaygınlaşmamış olan rezonant frekans ölçümü için bir ölçüt sağlayarak kullanımını yaygınlaştırması hedeflenmiştir. Ayrıca multifrekans timpanometrinin önemli bir parametresi olan rezonans frekans değerinin patolojilerin tanısı üzerine etkilerini araştıracak çalışmalara bir alt yapı sağlaması da umut edilmektedir.

ABSTRACT

Multifrequency tympanometry is an advantageous test method which can assess the resistance and permeability of the middle ear in a wide frequency interval by providing the analysis of the tympanograms which are obtained with different probe tones between 226 Hz and 2000 Hz. It submits some parameters which evaluate the middle ear admittance and features by separation. One of the important parameters of Multifrequency tympanometry is the resonant frequency. Under the presence of some specific pathologies; resonant frequency value is normal and gets lower or higher values when compared to the healthy ears. Although it is an advantageous test, it is a fact known by several investigators that Multifrequency tympanometry has not become widespread in clinical applications in our country as the world. The reason of not having the Multifrequency tympanometry become widespread is that there have been no sufficient data yet. As known, middle and external ear structures vary according to the age and genetic properties. Such kinds of variables reflect on the tympanograms as different values. Thus some studies are performed by lots of investigators in order to obtain normative values in the Multifrequency tympanometry. The data to be obtained at the end of our study is aimed to show the normative values of our clinic in order to decide the tympanum pathologies and to have its use become widespread by providing a criterion for the resonant frequency measurement which is unfortunately not popularized.

For this reason, middle ear resonant frequencies of 60 volunteers (120 ears) are measured who are between the ages 21 and 46, without having any hearing loss and have a normal otoscopic examination at the Otorhinolaryngology Department and Audiology and Speech Disorders Unit of Baskent University. The average of the RF values taken from both ears (120 ears) of all the participants is determined as 999.6 Hz (Standard Deviation 134.9), the average of the values obtained from their right ears is determined as 1020.8 (standard deviation 140.6), and their left ear average was found as 978.3 Hz (standard deviation 180.5). In order to decide the middle ear pathologies of these data, it is aimed to have our clinic show normative values and thus to generalize the usage of resonant frequency by providing a scale in the application which is unfortunately not popularized today. Also we hope that the resonance frequency value which is one of the important parameters of Multifrequency tympanometry will be an infrastructure for the studies which will investigate the effects of this value on the diagnosis of the pathologies.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER.....	vi
TABLolar	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Orta Kulak Anatomi ve Fizyolojisi.....	3
2.1.1. Kemikçik Zincir	4
2.1.2. Timpanik kaslar	6
2.2. Akustik İmmitans Kavramı ve Timpanometri	7
2.3. Timpanogram ve Çeşitleri	13
2.4. Multifrekans Timpanometri ve Rezonant Frekans Kavramı	16
3. BİREYLER ve YÖNTEM	19
3.1. Bireyler	19
3.2. Kullanılan Test ve Yöntem	21
4. BULGULAR.....	24
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	45
7. KAYNAKLAR	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

ANSI	: American National Standards Institute
daPa	: Decapascal
dB	: Decibel
Hz	: Hertz
Mmho	: Acoustic Millimhos
MFT	: Multifrekans Timpanometri
RF	: Rezonant Frekans
F45	: 45 derecelik admitans faz açısına denk gelen frekans
Ya	: Admitans
Ba	: Akustik suseptans
Ga	: Akustik kondüktans
SA	: Statik admitans
TPP	: Timpanometric Peak Pressure (Timpanometrik tepe basıncı)
ECV	: Ear Canal Volume (Kulak yolu hacmi)
TW	: Timpanometric Width

ŞEKİLLER

Şekil 1.	Orta Kulak	3
Şekil 2.	Kulak Zarı	4
Şekil 3.	Kemikçik Zinciri.....	5
Şekil 4.	Östaki Borusu	7
Şekil 5.	Akustik suseptans (Ba) ve akustik kondüktans (Ga) vektörleri.....	10
Şekil 6.	Timpanogram çeşitleri	14
Şekil 7.	Tip D timpanogram	15
Şekil 8.	Tip E timpanogram	15
Şekil 9.	GSI (Grason-Stadler Inc.) Tymptstar Middle Ear Analyzer Version 2	16
Şekil 10.	Multifrekans Timpanometri çıktısı.	22
Şekil 11.	Tüm örnekleme ait Rezonant Frekans Değerleri Histogramları.....	27
Şekil 12.	Erkeklerle ait Rezonant Frekans Değerleri Histogramları.....	27
Şekil 13.	Kadınlara ait Rezonant Frekans Değerleri Histogramları	28
Şekil 14.	Tüm örnekleme ilişkin Kutu Grafiği	29
Şekil 15.	Erkek Deneklerin Verilerine İlişkin Kutu Grafiği	29
Şekil 16.	Kadın Deneklerin Verilerine İlişkin Kutu Grafiği.....	30

TABLolar

Tablo 1.	Yaş ve cinsiyete göre RF değerleri	24
Tablo 2.	Tüm örnekleme ilişkin temel istatistikler	26
Tablo 3.	Örnekleme yer alan erkeklere ilişkin temel istatistikler	26
Tablo 4.	Örnekleme yer alan kadınlara ilişkin temel istatistikler	26
Tablo 5.	Veri Setlerinin Normal Dağılım Testi	31
Tablo 6.	Sağ Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi	32
Tablo 7.	Sağ Kulak Değerleri Ortalamalarının Cinsiyete Göre Analizi	33
Tablo 8.	Sol Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi.....	34
Tablo 9.	Sol Kulak Değerleri Ortalamalarının Cinsiyete Göre Analizi	34
Tablo 10.	Sol Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi.....	35
Tablo 11.	Ortalama Değerlerin Cinsiyete Göre Analizi	36
Tablo 12.	Sağ Kulak RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi	37
Tablo 13.	Sol Kulak RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi.....	37
Tablo 14.	Ortalama RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi	38
Tablo 15.	Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Temel İstatistikler	39
Tablo 16.	Tüm Örneklem Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları	40
Tablo 17.	Erkek Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları	40
Tablo 18.	Kadın Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları.....	40

1. GİRİŞ

İlk olarak Terkildsen ve Thomsen (1959) tarafından dünyaya tanıtılan timpanometri, orta kulak fonksiyonunun hızlı, non-invaziv (cilt ya da mukozayı geçmeden tamamlanan tıbbi girişim) ve ekonomik biçimde değerlendirilebilmesini sağlayan bir testtir. Bu test kulağa verilen sese ve beraberinde dış kulak yolu basıncında yapılan değişikliklere karşı orta kulaktan alınan yanıtı bir mikrofon ile ölçerek orta kulak sisteminin direnç ve geçirgenliğinin değerlendirilmesini sağlar (1,2). Timpanik membran (kulak zarı), orta kulakta bulunan kemikçik zincir ile mekanik bir ilişki içindedir ve dış kulak yolundan gelen ses enerjisinin iç kulağa iletilmesini sağlar. Timpanik membran ve kemikçik zincirden oluşan sistem, enerjinin gelmesi ile beraber mekanik bir dizi hareket yapar. Timpanometri bu hareketin yansıttığı enerjiyi bir mikrofon aracılığı ile tespit eder ve timpanogram adı verilen grafik ile gösterir. Bu ölçüm sayesinde timpanometri orta kulak fonksiyonunun hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Nitekim alçak frekans probe ton birçok timpanik membran patolojisinin ve östaki tüpü işlev bozukluğunun belirlenmesindeki geçerliliğini kanıtlamıştır ve odyolojik/otolojik değerlendirmenin sıklıkla kullanılan bir unsuru haline gelmiştir (1,3).

Ancak, standart alçak-frekans kullanan timpanometri, normal orta kulak ile kemikçik zincir patolojisi bulunan orta kulağı ayırt etmede çoğu kez başarısız kalmaktadır. Örneğin 226 Hz frekans probe ton kullanan standart timpanometriden elde edilen veriler normal bir orta kulak ile otoskleroz bulunan bir orta kulağı ayırt edememektedir. Terkildsen ve ark.'nın (1959) alçak frekans probe ton kullanarak uyguladıkları timpanometrik değerlendirmelerin, bazı orta kulak problemlerinde (efüzyonlu otitis media, otoskleroz v.b) yetersiz kaldığını ileri sürmüşlerdir (4,5). Standart timpanometrenin bu yetersizliği nedeniyle araştırmacılar orta kulak değerlendirilmesinde kullanılacak yeni bir metot arayışına girmişlerdir (3).

Multifrekans Timpanometrinin gelişimi orta kulak direnç ve geçirgenliğinin geniş bir frekans yelpazesinde değerlendirilebilmesine olanak sağlamıştır. Multifrekans

timpanometriyi hastalar üzerinde çalışan ilk kişi Colletti'dir (1976) ve farklı probe ton frekanslarında timpanogram değerlerinin çeşitli orta kulak rahatsızlıklarını sistematik olarak değişkenlik göstererek ortaya koyduğunu gözlemlemiştir (6). Bu sayede standart alçak frekans timpanometriye oranla multifrekans timpanometrinin farklı frekanslarla ortaya çıkabilecek orta kulak patolojilerinin değerlendirilmesinde daha kullanışlı olduğu kabul edilmiştir (7). Özellikle otosklerozda multifrekans timpanometrik değerlendirme ile kemikçik zincir hakkında daha değerli bilgiler edinilmektedir (8,9).

Multifrekans timpanometrinin sunduğu çoklu frekans uygulamaları ve timpanograma yansıyan sayısal değerler dikkate alındığında kıyaslamayı sağlıklı kılmak ve klinik uygulamanın yaygınlaşmasını sağlamak için normatif değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği gibi orta kulak ve dış kulak yapıları yaşa ve kalıtsal özelliklere göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlikler timpanograma farklı değerler olarak yansımaktadır (10,11). Dolayısıyla birçok araştırmacı tarafından multifrekans timpanometride normatif değerler elde etmek için çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, literatürde klinikler arası normalizasyon değerlerinin farklılığı göz önünde bulundurularak, patolojik kulaklarda tanıyı kuvvetlendirmek için kullanılan yeni test modalitelerinden multifrekans timpanometrinin ölçtüğü önemli parametrelerden biri olan rezonant frekans değerleri için kliniğimizin normalizasyon değerlerini belirlemektir (12). Avantajlı bir test olmasına rağmen multifrekans timpanometrinin klinik uygulamada yaygınlaşmamış olması birçok araştırmacı tarafından da belirtilen bir gerçektir. Multifrekans timpanometri kullanımının yaygınlaşmamasının sebebi yeterli verilerin henüz var olmamasıdır (13,14). Çalışmamız sonucunda elde edilecek verilerin, orta kulak patolojilerine karar vermek için kliniğimizin normatif değerlerini göstermesi ve dolayısıyla uygulamada ne yazık ki henüz yaygınlaşmamış olan rezonant frekans ölçümü için kriter sağlayarak kullanımını yaygınlaştırması hedeflenmektedir. Şüphesiz yerinde ve net olarak belirlenmiş normatif verilerin varlığı bu değerlerin dışına çıkan veriler elde edildiğinde uzmanların tanısını kolaylaştıracak bir ölçüt olacaktır (15). Ayrıca multifrekans timpanometrinin önemli bir parametresi olan rezonans frekans değerinin patolojilerin tanısı üzerine etkilerini araştırarak çalışmalara bir alt yapı sağlaması da hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Orta Kulak Anatomi ve Fizyolojisi

Odyolojik test bataryasının vazgeçilmez unsuru olan immitansmetre ölçümlerinin çalışma prensiplerini anlayabilmek için şüphesiz orta kulak anatomisi ve fizyolojisini hatırlamak gerekir. Orta kulak temporal kemik içine yerleşmiş kulak zarı olarak bilinen timpanik membran ile iç kulak arasında ortalama 0.5 cm hacminde, içinde hava bulunan bir kemik boşluğudur. Orta kulağın altı duvarı bulunur. Lateralde timpanik membran, medialde kokleanın bazal kıvrımı promontorium, superiorda tegmen timpani orta kulağı orta kafa çukurundan ayırırken inferiorda jugular bulbus, anteriorda internal karotid arter ve östaki tüpü ve posteriorda ise mastoid hava hücreleri bulunur. Dış kulak yolundan gelen ses dalgalarını iç kulağa iletmekle görevli olan orta kulak boşluğu içerisinde üç adet birbirine eklem yapan kemikçik, iki tane kas ve bir dizi ligaman bulunmaktadır (16). (Şekil 1)



Şekil 1. Orta Kulak (17)

Timpanik membran: Ses dalgalarını karşılayan timpanik membran dış kulak ile orta kulağı ayıran çok katmanlı oval şekilde bir yapıdır. Ortalama olarak kalınlığı 0.1 mm, vertikal uzunluğu 9-10 mm, yatay uzunluğu ise 8-9mm civarındadır. Timpanik membran malleus kemikçiğinin lateral çıkıntısı manibrium ile temastadır ve timpanik membranda bir çıkıntı oluşturur, timpanik membranın medial apeksini oluşturan bu çıkıntıya umbro adı verilir. Timpanik membranın üst bölümüne pars flaksida, alt bölümüne ise pars tensa adı verilir. Pars tensa adından da belli olacağı gibi gergin ve translüsendir. Dışdan içe doğru skuamöz, fibröz ve mukozal tabakalardan oluşur. Pars tensanın kenarlardaki liflerinin kalınlaşması fibröz anulusu oluşturur. Pars tensadan daha kalın olan pars flaksidada ise fibröz yapı yok denecek kadar azdır ve dolayısıyla da fibröz anulus bulunmaz (16,18). (Şekil 2)



Şekil 2. Kulak Zarı (19)

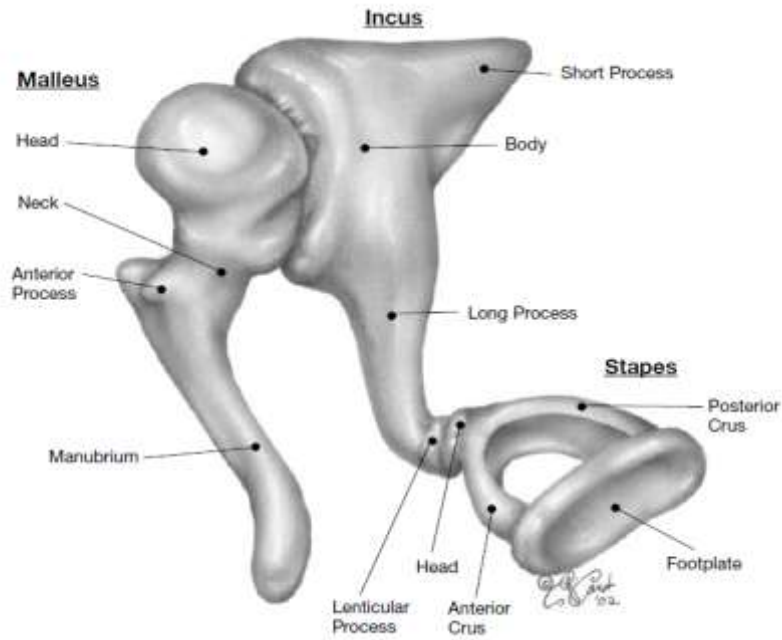
2.1.1. Kemikçik Zincir

Malleus: Manibrium adı verilen uzun çıkıntısı timpanik membran ile temastadır. Baş boyun ve üç kemik çıkıntından oluşur. Ağırlığı yaklaşık 23 mg'dır, uzunluğu ise ortalama 8-9 mm'dir. Baş bölgesi incus ile eklem yapar. Anterior ve lateral çıkıntıları

ligamanlara tutunmasını sağlamaktadır. Üç adet asıcı ligamanı bulunur. Anterior malleolar ligaman malleus başını orta kulak boşluğunun ön duvarına bağlarken lateral malleolar ligaman malleusun boynunu rivinius çentiğinin kenarına bağlar. Superior malleolar ligaman ise malleus başını epitimpanumun tavanına bağlar (18,20).

İnkus: Yaklaşık olarak 27 mg ağırlığındadır, gövde, uzun ve kısa proseslerden oluşur. Kemikçik zincirin ortasında bulunan kemikçiktir. Gövdesi malleusun başı ile eklem yaparken uzun lentikular prosesi ise stapes ile temas eder. Kısa prosesi inkudal posterior ligaman ile desteklenir. Medial ve lateral inkudomalleolar ligamanlar inkusun gövdesini malleus başına bağlar. Varlığı nadiren görülen bir diğer ligaman olan superior inkudal ligamanda destekleyici bir göreve sahiptir (18,20).

Stapes: Vücudun en küçük kemikçığı olan stapes ortalama 2.5 mg ağırlığındadır. Vestibülün lateral duvarında bulunan oval pencere üzerine oturmuştur. Başı, boynu, iki bacağı ve tabanı bulunur. Başı incus ile eklem yapar. Footplate adı verilen diğer ucu iki bacak ile desteklenir ve geniştir, oval pencerenin girişini kapatır (18,20). (Şekil 3.)



Şekil 3. Kemikçik Zinciri (17)

2.1.2. Timpanik kaslar

Stapes kası: Timpanik kavitenin posterior duvarından stapes kemikçığıne doğru daralarak yol alır ve stapesin başına tutunur. Fasiyal sinirin dallarından biri tarafından inerve edilir. Ortalama 6 mm uzunluğunda olan bu kas stapes kemikçığıne tutunur. Bu kasın aktivitesi kemikçığın posterior'a doğru çekilmesine sebep olur (21).

Tensor timpani: Bu kas ise ortalama 25 mm uzunluğundadır. Cavum ön duvarı ile manubrium mallei arasında kemik bir kanal arasından uzanır ve malleusun boynuna, manubriumun medial ve anterior yüzlerine yapışır Trigeminal sinirin medial pterigoid kasa giden dalı tarafından inerve edilir (21).

Östaki tüpü: Nazofarenks ile orta kulak arasında uzanır. Yeni doğanlarda 17-18 mm iken yetişkinlerde 35 mm civarındadır. Kemik ve kıkırdak bölümlerden oluşur. Orta kulak tarafından 1/3'lük kısmı kemik, nazofarenkse açılan 2/3'lük kısmı ise kıkırdak yapıdadır. Kemik ve kıkırdak bölümlerinin birleştiği nokta tüpün en dar yeridir. Bu noktaya isthmus adı verilir. Östaki borusu orta kulak için çok önemli fonksiyonlara sahiptir. Orta kulağın atmosferik basınçla dengelenerek timpanik membranın iç ve dış kısmındaki basıncın eşitlenmesini sağlar. Kulak zarı en yüksek genlikte ve her iki tarafında eşit basınç olduğu zaman en iyi ses iletimi gerçekleşir. Ayrıca orta kulakta üretilen sıvıların nazofarenkse drenajını sağlar ve orta kulağı ters istikametli akıntılardan ve basınçtan korur (18). (Şekil 4.)



Şekil 4. Östaki Borusu (17)

Akustik enerji orta kulakta bulunan hava ortamından geçerek iç kulaktaki perilemf sıvısına ulaşır. Ancak bu iki ortamın direnç farklılıklarından dolayı 30 dB civarında kayıba uğrar. Burada orta kulak ve kemikçik zincir sistemi bir manivela etkisi yaparak bu kaybı telafi etmektedir. Ayrıca timpanik membran yüzeyi ile stapes kemikçığının tabanlarının arasındaki boyut farkı da enerji kaybının telafisinde önemli bir rol almaktadır. Fizyolojik olarak orta kulağın ses titreşimlerini iç kulağa iletmesinin yanı sıra şiddetli sese maruz kalındığında timpanik kasların kasılması ile gerçekleşen akustik refleks sayesinde iç kulağı koruma görevi de bulunmaktadır (18,22).

2.2. Akustik İmmitans Kavramı ve Timpanometri

Akustik immitans, akustik admitans ve akustik empedans kavramlarının her ikisini birden ifade eden kolektif bir terimdir. Akustik admitans bir sistemden geçen enerjinin geçiş kolaylığını ifade ederken akustik empedans karşıt bir kavram olarak sistemin enerji geçişine karşı direncini ifade eder. Bu durumda sistem, orta kulak ve

enerji geçişine etki eden anatomik yapılarını ve bu yapıların fiziksel özelliklerini ifade etmektedir (23,24).

ANSI (American National Standards Institute) 1987 yılında terminolojide o zamana kadar var olan karışıklığı gidermek ve klinikler arası bilgi paylaşımında sıkıntı yaşanmasını önlemek amacıyla standardizasyon gerçekleştirmiştir. Günümüzde kullanılan terminoloji ve kısaltmalar ANSI tarafından standardize edilmiştir. İmitans kavramını ve kapsadığı unsurlarını, ölçü birimleri ile kısaca ifade edecek olursak:

Akustik İmitans: Admitans ve Empedansın her ikisini birden ifade eden kollektif terimdir.

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

Akustik Kondüktans (Ga): Birimi akustik mmho'dur. Admitansın reel unsurudur ve rezistans ile karşılıklı ilişki içindedir. Sistemin direnç (rezistans) gösteren unsurlarından enerjinin geçiş kolaylığıdır.

Akustik Suseptans (Ba): Birimi akustik mmho'dur. Admitansın varsayılan unsurudur ve sistemin kütle ve yay özelliği gösteren mekanik-akustik unsurlarından enerjinin geçiş kolaylığını ifade eder. Kütle ve komplians suseptans değerlerinin sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır.

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

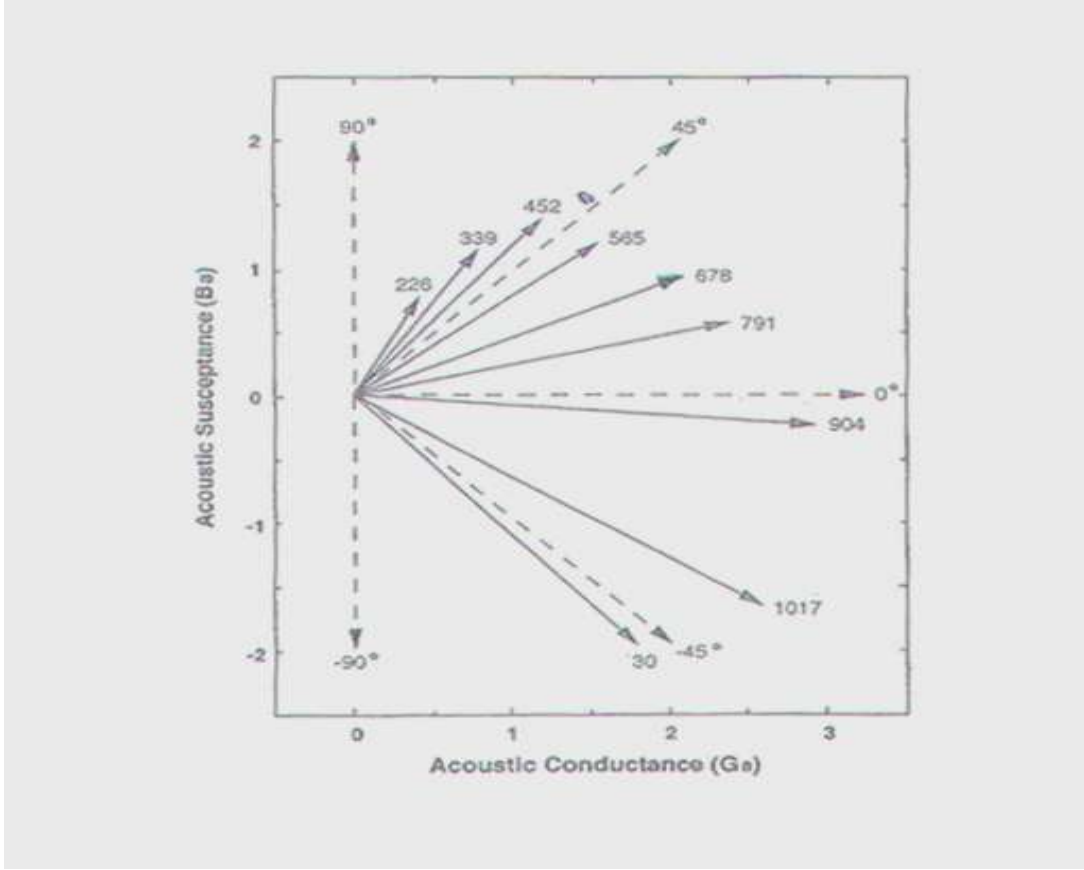
Akustik Rezistans (Ra): Birimi akustik ohm'dur. Empedansın reel unsurudur ve enerji geçişine sistemin direncini ifade eder.

Akustik Reaktans (Xa): Birimi akustik ohm'dur. Empedansın varsayılan unsurudur, kütle reaktansı ve komplians reaktansın sayısal çokluklarının cebirsel toplamıdır (25).

Günümüzde akustik immitans ölçümü yapan cihazlar sadece akustik admitansı(Ya) ve onun iki alt unsuru olan akustik suseptans(Ba) ve akustik kondüktansı(Ga) ölçerler. Empedans yerine admitans ölçmenin önemli bir sebebi probe ile timpanik membran arasındaki havanın admitans değerini pek etkilememesi ancak empedans değerinde karmaşık hesaplamalar gerektirecek değişikliklerde bulunmasıdır. Bir diğer sebep ise admitans değerinin orta kulak mekanik-akustik sistemindeki farklı unsurların fonksiyon farklılıklarına karşı daha hassas olmasıdır. Admitansın alt unsurlarından biri olan akustik kondüktans, sürtünme unsurları bulunan bir sistemden ses enerjisinin geçiş rahatlığını ifade eder. Sürtünme unsuru enerjinin ısıya dönüşerek israf olmasına sebep olur ve frekans farklılıklarından etkilenmez. Diğer bir deyişle, ses enerjisinin frekansı hangi değerde olursa olsun sürtünme unsurunun etkisini ortadan kaldıramaz. Akustik suseptans ise frekans farklılıklarından etkilenen komplians (yay etkisi, geri tepme, katılık) ve kütle (atalet, hareketsiz kalma durumu) alt unsurlarını kapsayan bir terimdir (23,26).

Orta kulak bir iletim sistemi olarak zarlar, ligamanlar, kaslar, kemikçikler ve sıkışmış havadan oluşmaktadır. Tüm bu anatomik yapıların her mekanik özelliklere sahip akustik sistemde olduğu gibi kondüktans ve suseptans değerleri vardır ki bu değerler bir bütün halinde ele alındığında orta kulağın akustik admitans değerini verir. Bu değer timpanometri ile ölçtüğümüz admitans değeridir (23).

Akustik admitans karmaşık iki parametrenin ilişkide olduğu bir çokluğun ifadesidir. Dolayısıyla tek bir sayısal değer veya parametre ile açıklamak mümkün değildir. Şekil 5 sağlıklı bir orta kulak sisteminde, admitansın iki parametresi olan suseptans ve kondüktansın ilişkilerini vektör olarak göstermektedir. Kondüktans parametresi sürtünme unsuru ile ilgili olduğundan negatif değer alması mümkün değildir, bu yüzden X-ekseninde gösterilmektedir. Suseptansın iki parametresi kompliant suseptans ve kütle suseptansı hız-kuvvet ilişkilerine göre y-ekseninde pozitif/negatif değer alırlar (23).



Şekil 5. Akustik suseptans (Ba) ve akustik kondüktans (Ga) vektörleri (23).

Şekil 5'te de görüldüğü gibi kompliant ve kütle suseptanslarının toplamının 0'a eşit olduğu nokta rezonans noktasıdır. Bunun altındaki frekanslarda orta kulak kompliant suseptansın etkisi altında yani sertlik özelliği yüksek demektir. RF'nin üstündeki frekanslarda ise orta kulak sistemi kütle suseptansının etkisi altındadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta sağlıklı bir orta kulak sisteminden farklı olarak patoloji bulunan kulaklarda elde edilecek olan RF değeri orta kulağın hangi mekano-akustik unsurun daha fazla etkisi altında olduğunu gösterecek olmasıdır. Örneğin, otosklerozun bir orta kulağın RF değerini normal değerlerin üzerine taşıması beklenir (36). Bunun anlamı orta kulağın daha geniş bir frekans yelpazesinde sertlik özelliğinin etkisi altında olduğunu işaret etmesidir.

Orta kulak sisteminde patolojik bir durum olduğunda, bu durum orta kulağın mekanik-akustik özelliklerinde bir takım değişikliklere sebep olur. Bu da admitans değerinin farklılaşması anlamına gelir. Bu anlamda immitans ölçümleri bize orta kulak fonksiyonlarındaki değişiklikler ve bunlarla ilişkili olabilecek patolojilere dair bilgi

sağlar. İmmittans odyometrisi bataryasında ilk akla gelen timpanometri olsa da, timpanometrinin yanı sıra östaki tüpü fonksiyon testleri, akustik refleks ve refleks decay testleri de yer almaktadır. İmmittans odyometri bataryası efüzyon, otoskleroz, kemikçik zincir fiksasyonu ve kopukluğu, timpanik membran zedelenmesi ve perforasyonu, orta kulakta sıvı birikimi yanı sıra 8. kraniyal çift fonksiyonu yine bu sinir üzerinde ve orta kulakta tümör varlığı ve fasiyal sinir fonksiyonu gibi birçok konuda bilgi vermektedir (27,28).

Timpanometri orta kulak fonksiyonunu objektif olarak ölçen bir testtir ve immittans odyometri bataryasının olduğu gibi tüm odyolojik test bataryasının da en temel parçalarından birisidir. Dış kulak yolundan yapılan basınç değişiklikleri ile orta kulağın akustik immittansını ölçer. İmmittansmetreler ve dolayısıyla timpanometrik ölçümleri yapan cihazların 5 unsuru bulunur:

1. Probe: probe sinyal veren bir hoparlör, yansıyan basıncı kayıt eden mikrofon ve basınç pompasından oluşmaktadır.
2. Pnömatik sistem: basınç değişikliği sağlayan sistemdir.
3. Akustik immittans ölçüm sistemi: kayıt edilen değerleri ölçen sistemdir.
4. Akustik refleks aktivatör sistemi: kontralateral, ipsilateral veya ikisine birden saf ses sinyali veren sistemdir.
5. Kayıt cihazı (27).

En basit ve yaygın kullanılan timpanometrik prosedür, tek bir immittans unsurunun akustik admitansı (Ya) ölçmesini içerir. Bu ölçümü tek bir probe-ton frekansı (220/226Hz) ile gerçekleştirir. 220Hz probe-ton kullanan timpanometri Jerger'in tip A,B ve C tanımlarını yayınladığı 1970 yılı ve sonrasında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. 226Hz probe-ton kullanan timpanometri daha sonraları yaygınlaşmış ve bu durum Terkildsen ve Sott Nielson'un (1960) 220Hz probe-ton'un tesadüfen seçildiğine dair itiraf niteliğindeki yazılarına rağmen devam etmiştir. Bu itirafın anlamı 220Hz probe-tonun orta kulak patolojilerini ayırt etme konusunda diğer frekanslara göre daha kullanışlı olduğuna dair herhangi bilimsel veri olmaksızın tercih edilmiş olmasıdır. Alçak frekansın seçilmiş olmasının sebebi yüksek frekanslarda oluşabilecek mikrofon

düzensizliklerini engellemek, ölçüm esnasında akustik refleks oluşumunu engellemek amaçlıdır (23,24).

Alçak frekans timpanometri orta kulağın fonksiyonuna dair çok önemli bilgiler sunmaktadır ancak bazı yetersizlikleri de mevcuttur. Bu eksikliklerden ilki her orta kulak patolojisi için ayrı bir veri sunmadığından timpanometri ölçümünün sonucuna dayanarak net bir karar vermenin, teşhis koymanın mümkün olmamasıdır. Akustik immitans kavramından söz edilirken değinildiği gibi orta kulak sisteminin anatomik unsurlarının her birinin toplam admitans değerine farklı katkıları vardır ve timpanometri bunların katkılarının toplamını ölçmektedir. Dolayısıyla otoskleroz veya timpanik membran perforasyonu gibi belirli bir rahatsızlık farklı farklı verilere sebep olabileceği gibi benzer timpanometrik veriler birbirinden farklı orta kulak rahatsızlıklarında da kayıt edilebilir (1,3).

Ölçümden kaynaklanan bir diğer yetersizlik, işitme eşiklerini etkilemeyecek düzeyde bile olsa timpanik membranı etkilemiş bir patolojinin ölçülen admitans değerine çok baskın şekilde yansıtacağıdır. Kaldı ki bununla beraber birçok orta kulak patolojisi de bulunabilir aynı kulakta. Dış kulak yoluna yerleştirilen “probe”a en yakın timpanik membran olduğundan timpanometrik veriyi en çok timpanik membran etkileyecek, var olan diğer patolojiler ise ölçülen admitans değerine ne yazık ki pek yansıtamayacaktır. Ayrıca immitans ölçümleri ayırt etmeyi sağlayacak aralıklı değerler sağlamadığından normal orta kulakla patolojik orta kulağı ayırmak bile kimi zaman mümkün olmamaktadır (23).

Bu kısıtlamalar ve eksikliklere rağmen timpanometri, otoskopi, saf ses odyometrisi ve akustik refleks ölçümleri ile beraber kullanıldığında orta kulak rahatsızlıklarının tespitinde etkilidir. Ayrıca saf ses odyometrisinin sağlamasını yapma imkanı verir (23).

2.3. Timpanogram ve Çeşitleri

Timpanogram milimho birimi (mmho) ile ifade edilen akustik admitansın yansıdığı grafikdir. Bu grafikte akustik admitans, dış kulak yolundan probe marifeti ile +200 daPa ile -300 daPa arasında değiştirilen basınç düzeyleri esnasında kayıt edilen verileri gösterir. Timpanogramın tepe noktası normal orta kulaklarda 0 daPa ya da atmosfer basıncındadır ki bu da akustik enerji geçişinin en yüksek olduğu durumdur. Basınç pozitif ya da negatif'e doğru kaydıkça timpanik membran ve orta kulak sistemi katılaşır. Katılaşma akustik admitansın düşmesi anlamına gelir, bu da daha fazla enerjinin dış kulak yoluna yansması demektir. Basıncın ileri derecede pozitif ve negatif değerler aldığı her iki durumda da dış kulak yolu katı, sert bir duvara dönüşür ve admitans en düşük seviyede kalır (29). Timpanogram şekillerini incelemeye geçmeden önce bu şekillerin yansıttığı verileri tanımak faydalı olacaktır.

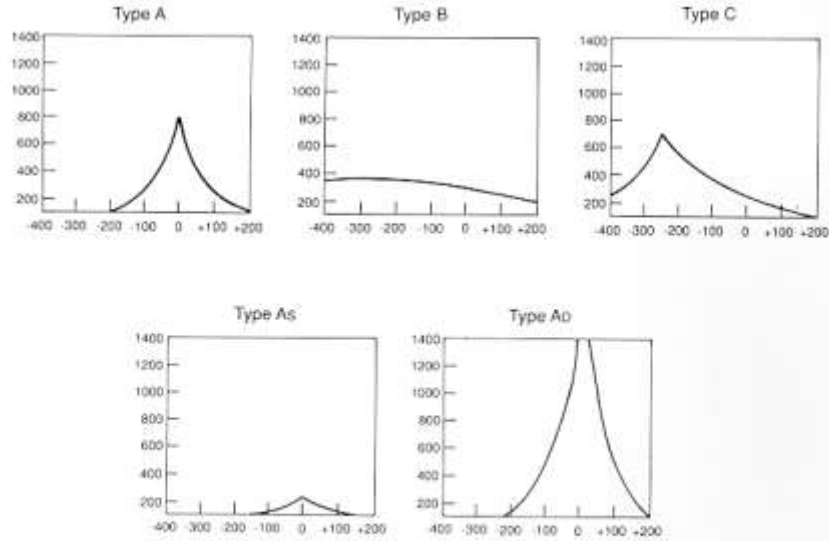
a) Dış Kulak Yolu Hacmi: Daha öncede belirtildiği gibi timpanometri ölçümü dış kulak yoluna yerleştirilen probe marifeti ile yapılmaktadır. Ancak bu durumda klinik kullanımı ve değeri pek fazla olmayan kulak zarı ile probe ucu arasında sıkışan havanın da orta kulak sistemi ile beraber akustik admitansı ölçülmektedir. Dolayısıyla sadece orta kulak sisteminin admitansını elde edebilmek için öncelikle probe ucu ile timpanik membran arasında sıkışan havanın admitansı ölçülür ve toplam değerden çıkarılır (30).

b) Tepe Noktası (Peak) Telafili Akustik Admitans: Net orta kulak admitansı olarak da adlandırılabilir. Dış kulak yolundaki hava hacminin admitansının toplam admitans değerinden çıkarılmasıyla bulunan değerdir. Timpanogram değerinin yüksekliği bu değeri verir. Bazı orta kulak rahatsızlıkları, direkt olarak timpanogramın yüksekliği ile ilişkilidir. Oldukça güvenilir bir değerdir çünkü yükseklik ölçüsü hastanın ölçüm esnasındaki yutkunmasından ya da nefes örüntüsünden etkilenmez (30).

c) Timpanogram Gradienti: Timpanogramın şeklini belirleyen en önemli değerlerden biridir. Tepe noktasının dikliğini belirleyen açıdır. Bu değer daPa cinsinden elde edilir ve orta kulak admitansının tepe noktası ile ortalama değeri arasındaki farktır. Bazı çalışmalar orta kulakta bulunan sıvının gradient değerini düşürdüğünü ortaya koymuştur (30,31).

d) Timpanogram Tepe Basıncı: Timpanogramın tepe noktasının bulunduğu basınç seviyesidir. Normal kulaklarda -100 ila +50 daPa arasında değişkenlik göstermektedir. Östaki disfonksiyonu ve efüzyonlu otitlerde tepe basıncı negatif alana kaymaktadır. Akut otit başlangıcında ise tepe basıncı pozitif alanda bulunabilmektedir (30).

Timpanogram tiplerini ilk sınıflandıran kişi Liden (1969) olmuştur. Sonraları Jerger (1970), Jerger ve diğerleri (1972) ve Liden ve diğerleri (1974) katkı sağlamışlar ve günümüzde en yaygın kullanılan ve kabul gören sınıflandırma şeması haline getirmişlerdir (23,32,33).



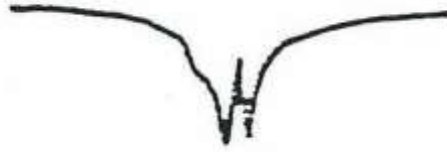
Şekil 6. Timpanogram çeşitleri (34)

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi A tipi timpanogramın 3 alt tipi bulunmaktadır. Tip A timpanogramlar normal orta kulaklardan kayıt edilir. Tip A timpanogramın 0 daPa basınçta normal yüksekliğe sahiptir. Tip As alçak tepe noktalıdır ve orta kulakta sıvı birikimi ya da kemikçik fiksasyonu olması halinde görülür. Tip Ad'nin ise tersine tepe noktası çok yüksektir. Bu tip timpanogram kemikçik kopukluğu ya da timpanik membran hasarlarında görülür (27).

Tip B timpanogramın tepe noktası bulunmaz. Yatay düz bir çizgi şeklindedir ve efüzyonlu orta kulak, timpanik membran perforasyonu, cerumen engeli ya da probe ucunun dış kulak yolu duvarına dayanmış olmasının işaretiçisidir (27).

Tip C timpanogramların ise tepe noktası negatif basınçta bulunur. Bunun sebebi orta kulakta negatif basınç bulunmasıdır (27).

Jerger'in 1970 yılında sunduğu bu şekiller özellikle klinik ortamlarda geçerliliğini korumaktadır. Ancak bu analiz şekli sadece Y-226 Hz ile ölçüm yapan alçak frekans timpanometrisi için geçerlidir. Jerger (1970) tarafından 220Hz probe ton için bildirilen bu üç timpanogram çeşidine (A,B ve C tipleri) ek olarak yüksek frekans probe ton için iki ilave timpanometrik kalıp daha ortaya çıktı. D tipi ve E tipi olarak adlandırılan bu kalıplar birden fazla tepe noktalıdır (27).



Şekil 7. Tip D timpanogram (29).

Tip D timpanogram “w” şeklindedir, timpanik membranın atrofik, skarlı ya da flasid olmasına işaret eder. Tip E timpanogram ise birden fazla ancak alçak tepe noktalarına sahiptir ve geniş, inişli çıkışlı tepe noktalarıyla karakterizedir. Jerger ve Northern (1970) tip E timpanogramın kemikçik zincir devamsızlığına işaret ettiğini ileri sürmüşlerdir (29).



Şekil 8. Tip E timpanogram (29).

Daha önce de belirtildiği gibi timpanometrinin ve görsel çıktısı olan timpanogramın tek başına kullanımı orta kulak patolojilerinin teşhisini koyabilmek için yeterli değildir. Klinik uygulamada anemnez, saf ses odyometrisi ve otoskopik muayene sonuçları ile beraber bir hastalığın teşhisi mümkün olabilir (13).

2.4. Multifrekans Timpanometri ve Rezonant Frekans Kavramı



Şekil 9. GSI (Grason-Stadler Inc.) Tymptar Middle Ear Analyzer Version 2 (35)

Klasik timpanometri sıklıkla 226 Hz probe tonla uygulanmaktadır. Ancak değişik frekanslarda probe ton uygulanması, özellikle orta kulak patolojilerinin tanısında yarar sağlamaktadır. Multifrekans timpanometri, 226 Hz ile 2000 Hz arasında değişik probe tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayan bir yöntemdir. Yüksek frekanslı probe tonlar orta kulak sisteminin katılık etkisini artıran patolojilerde daha çok değer taşımaktadır. Bu anlamda otoskleroz, ossiküler zincirde parsiyel veya total ayrılma, orta kulak malformasyonları, primer kolestoatom, orta kulak tümörleri, osteogenesis imperfecta ve fibröz displazinin ayırıcı tanısında multifrekans timpanogramın ayırıcı tanı değeri daha da önem kazanmaktadır. Örneğin otosklerozun önemli bir etkisi orta kulak sertliğini ve rezonans frekansını artırmasıdır. Standart timpanometri birçok orta kulak hastalığının tanısında kullanılmakla birlikte, otosklerotik kulağı normal kulaktan ayırma konusunda yeterli değildir. Yüksek frekanslı probe ton kullanılarak uygulanan timpanometrinin otosklerotik kulakları normal kulaklardan

ayırmada daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Multifrekans timpanometrenin daha avantajlı bir test olmasının sebebi orta kulak sisteminin admitansını ve admitansı belirleyen unsurları ayrı ayrı ölçmesi ve daha detaylı bilgi vermesidir. Klasik 220/226 Hz probe ton sinyal veren timpanometrinin ölçtüğü Statik admitans, timpanometrik tepe basıncı, dış kulak yolu hacmi ve timpanometrik gradient parametrelerine ek olarak çoklu frekanslarda statik admitans ölçümü, Vanhuyse paterni, 45 derece faz açısında admitans değerlendirmesi ve orta kulağın rezonant frekansı bilgilerini de vermektedir (1,2).

Rezonant frekans multifrekans timpanometrenin sunduğu önemli parametrelerden biridir. İmmittans kavramından söz ederken değinildiği gibi admitans bir sistemin enerjiiyi iletme becerisidir ve iki unsuru bulunmaktadır. Kondüktans (sürtünme unsurundan geçiş kolaylığı) frekans değerinden bağımsız bir elemandır ve enerjinin kayıba uğramadan sistemden geçişini ifade eder. Suseptans (B) ise admitansın alt unsuru olarak enerjinin komplians ve kütle elemanlarından geçiş kolaylığını ifade eder ve frekans değerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Suseptansın iki alt unsuru kütle suseptansı ve komplians suseptansının cebirsel toplamları toplam suseptansı verir. Rezonant frekans (RF) toplam suseptans (Bt) değerinin sıfıra eşit olduğu ve sistemin doğal frekansında titreştiği frekanstır. Bu frekansta direnç en düşük seviyededir çünkü kütle ve komplians unsurları aynı fazda hareket etmeye başlarlar. Direnci oluşturan tek unsur sürtünme unsurudur ve bu unsur frekansdan bağımsız olduğu için etkisini kaybetmez (23,30).

Belli patolojilerin varlığında rezonant frekans değeri normal ve sağlıklı kulaklara kıyasla daha aşağı ya da yukarı değerler almaktadır. Örneğin otoskleroz orta kulak sisteminin katılığını yükseltmektedir ve rezonant frekans değerini normal değer üzerine çıkarmaktadır. Kemikçik zincirde kopukluğun olması gibi bulgularda ise rezonant frekans değerinin normal değer altına düştüğü gözlemlenmiştir (30).

Ayırıcı tanıdaki avantajlarına rağmen ne yazık ki multifrekans timpanometrinin kullanımı klinik uygulamada pek yaygınlaşmamıştır. Çoklu frekans timpanometri ölçümlerinin rutin test bataryasına dahil edilememesinin önemli bir sebebi ölçümlerin standart tek probe tonlu timpanometriye oranla daha karmaşık ve anlaması güç

oluşudur(23). Ayrıca, standart sonuçların bulunmaması ve multifrekans timpanometrinin klinikteki kullanımında sağlayacağı yararlar üzerine yeterli araştırma olmaması da multifrekans timpanometrinin kliniklerde kullanımında engel oluşturmaktadır.

3. BİREYLER ve YÖNTEM

Bu araştırma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:KA10/168) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Çalışma, Başkent Üniversitesi Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı ve Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesinde işitme kaybı şikayeti olmayan ve otoskopik muayenesi normal olan gönüllü katılımcılar ile gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bireyler

Çalışma grubunun 18-65 yaş aralığındaki 60 birey (120 kulak) tarafından oluşturulması planlanmış ancak, çalışmaya katılım kriterlerine uymayanlar çalışma dışında bırakıldığından yaş aralığı 21-46 arasında yetişkinlerden oluşmuştur. Örneklem genişliği yapılmış olan istatistik ön değerlendirme ile belirlenmiştir. Yapılan biyoistatistik ön değerlendirmede örneklem genişliği belirlenirken araştırmanın yapılacağı KBB kliniğinde bu cihaza duyulan ihtiyacın sayısal bir göstergesi olarak bir ay içinde yapılan timpanometri analizlerinin sayısı, örneklemin seçileceği evren olarak alınmıştır. Başkent Üniversitesi Kulak-Burun-Boğaz Anabilim Dalı ve Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesinde 2010 yılının Aralık ayında 186 kişiye timpanometri testi uygulandığı bu kişiler arasından 80 kişinin 18-65 yaşları arasında olan yetişkin hastalar olduğu tespit edilmiştir. Bu değer çalışmanın evreni olarak kabul edilmiş ve yapılan biyoistatistiksel güç analizinde çalışmanın gücünün 0.95 ve üstünde olabilmesi için örneklem sayısının en az 44 olması gerekliliği ortaya konmuştur. Ancak çalışmanın yapıldığı süre açısından ve normatif değerler elde edilmek üzere yapıldığından bu sayı 60'a çıkarılmıştır.

Burada dikkat çeken bir nokta 2010 yılının Aralık ayında çalışmanın yapıldığı klinikte multifrekans timpanometri parametrelerinin hiç kullanılmamış olması ancak standart timpanometrinin 186 hastaya uygulanmış olmasıdır. Nitekim bu gösterge

çalışmamızın kliniklerde multifrekans timpanometri kullanımının yaygınlaşmasını sağlamak açısından önem taşıdığını kanıtlamaktadır.

Çalışma grubunu oluşturan 60 kişinin çalışmaya dahil edilmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır;

1. Yapılan otoskopik muayenede herhangi bir dış kulak yolu ve/veya timpanik membran patolojisinin bulunmamış olması,
2. Odyometrik değerlendirmede, işitme eşiklerinin saf ses ortalamasına göre ≤ 15 dB işitme seviyesinde olması (ANSI 1988),
3. Elektroakustik immitansmetri değerlendirmesinde, orta kulak basıncının ± 50 daPa sınırlarında olması ve TipA timpanogram elde edilmesi, aranan şartlar olmuştur.

Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayandığından katılımcılardan öncelikle, “Gönüllü Denek Bilgilendirme ve Onay Formu” nu doldurmaları ve imzalamaları istenmiştir.

Katılımcılara öncelikle bir KBB uzmanı tarafından otoskopik muayene yapılmış ve gerekli olduğu durumlarda dış kulak yolunda bulunan “buchon” temizlenmiştir. Bu muayenede kulak zarında skar, perforasyon ya da herhangi bir patoloji tespit edilenler çalışma dışında bırakılmışlardır.

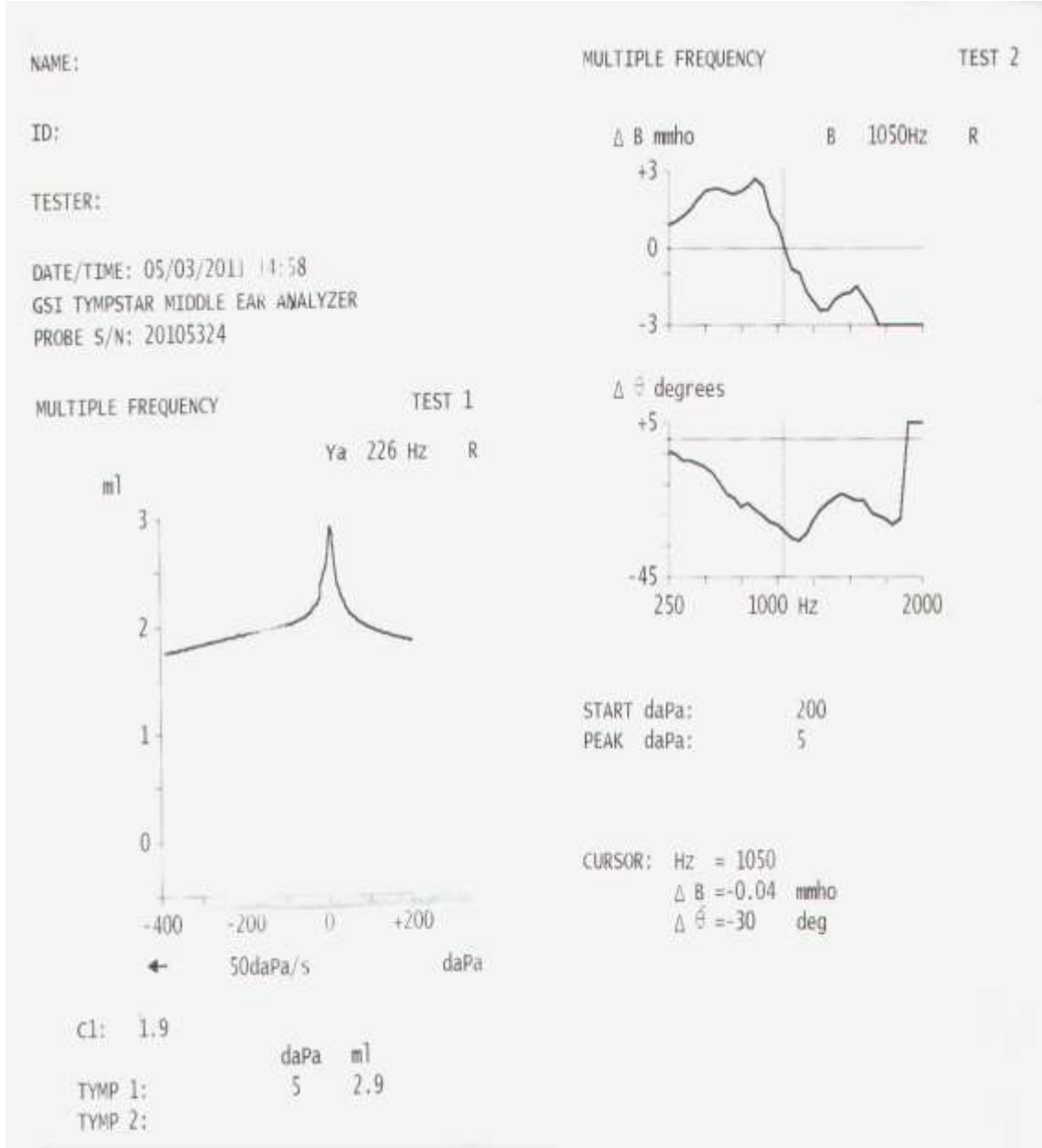
Bir sonraki aşamada odyometrist tarafından saf ses odyometrisi uygulanarak katılımcıların işitme eşikleri tespit edilmiştir. Saf ses odyometrisi değerlendirmeleri Interacoustics AC-5 klinik odyometre ile yapılmıştır. Bu cihazın kalibrasyonu her yıl cihazın dağıtımçı şirketi tarafından periyodik olarak yapılmaktadır. Ölçümler TDH-39 standart kulaklık kullanılarak hava yolu işitme eşikleri sessiz kabinde ölçülmüştür.

İşitme eşikleri 15 dB HL ve altına düşen katılımcılar çalışmadan çıkarılmıştır. Bu sebeple çalışmaya başlarken hedeflenen 18-65 yaş aralığında elde edilmesi beklenen verilerin büyük kısmı presbiakuzi veya akustik travma gibi sebeplerden çalışma dışında bırakılmak zorunda kalmış, bunun neticesinde ise üst yaş sınırı 46 yaşla sınırlı kalmıştır.

3.2. Kullanılan Test ve Yöntem

Tüm bireylerin immitansmetrik ölçümleri Grason Stadler (GSI) Tymptstar Version 2 elektroakustik immitansmetre kullanılarak yapılmıştır. Başkent Üniversitesi Ankara hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı kliniğine bu cihaz 12/11/2010 tarihinde kurulmuş ve fabrika çıkışlı kalibrasyona sahip olduğundan tekrar kalibrasyona ihtiyaç duyulmamıştır. Cihaz, MFT ölçümünü iki aşamada yapmaktadır. Öncelikle, sabit frekansta probe ton vererek +200 ile -400 daPa arasında basınç değişikliği yaparak SA, TTB ve gradient değeri gibi standart timpanometri parametrelerini araştırmakta ve timpanograma yansıtılmaktadır. İkinci aşamada basınç sabit düzeyde tutularak katılımcıların her iki kulağına 250-2000Hz frekans aralığında ardışık olarak ve 50 Hz aralıklarla uyarın verılarak orta kulak rezonant frekans değerleri tespit edilmiş ve diğer immitansmetrik değerlerle beraber çıktıları kayıt altına alınmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçların güvenilirliğini test etmek ve arttırmak amacıyla 20 katılımcının immitansmetrik ölçümleri, birkaç gün sonra yinelenmiş (re-test reliability) ve önceki ölçümlerle örtüştüğü gözlenmiştir. Ancak immitansmetrik ölçümleri tekrarlararken kullanılan probe ucunun benzer boyutta olduğuna dikkat edilmelidir.

Şekil 10.'da multifrekans timpanometrinin ölçüm sonucunda verdiği çıktının bir örneğini göstermektedir.



Şekil 10. Multifrekans Timpanometri çıktısı.

Rezonant frekans normatif değerlerini elde etmek amacıyla 32'si kadın 28'i erkek olmak üzere 60 kişiden veriler elde edilmiştir. Örnekleme yer alan erkeklerin yaşları 22-46 arasında değişirken, kadınların yaşları 21-46 arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlarla SPSS 15.0 istatistik programı kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin temel istatistiksel incelemeleri yapılmış ve ortalama

değerler ile standart sapmaları hesaplanmış ve ortalama değerlerin cinsiyete göre analizi elde edilmiştir.

Bilindiği gibi büyük popülasyonlar hakkında bilgi edinmenin en etkili yolu örneklemedir. Uygun bir şekilde seçilen örneklem yardımıyla popülasyonun gösterdiği dağılışa ait parametreler tahmin edilir. Belirli varsayımlara dayanarak örneklerden elde edilen bu tahminler yardımıyla belli bir risk karşılığında popülasyonlar veya bunların gösterdiği dağılımlar hakkında çeşitli kararlar verilir. Bu kararlar verilirken ya bir tahmin yapılır ya da konu ile ilgili belirli bir varsayımda bulunulur. Gerçekleşsin veya gerçekleşmesin ileri sürülen bu tip varsayımlara hipotez denir ve örneklem teorisi, ana kütle parametrelerinin tahmin edilmesinin yanı sıra istatistiksel hipotezlerin test edilmesine de olanak sağlamaktadır (36).

Bu istatistiksel ilkeler ışığında yapılan analizlerde söz konusu hesaplamalar histogram ve kutu grafiklerle ifade edilmiştir. Ortalama değerlerin eşitliklerinin test edilmesi t-test yapılarak elde edilmiş ve bu değerlerde yine grafiklerle ifade edilmiştir. Bilindiği gibi t-testi uygulamak için çalışmamızda olduğu gibi örnekleme kullanılan popülasyonun normal dağılıma sahip olması ya da örneklem hacminin yeterli büyüklükte olması gerekmektedir. Bu hesaplamalar yapılırken tüm örnekleme ait dağılımların yanı sıra kadın ve erkek katılımcılar ve ayrıca sağ ve sol kulakların verilerine ait istatistiksel dağılımlar hesaplanmıştır.

T-testin yanı sıra iki değişik grubun aynı olasılık dağılımdan gelip gelmediğini test etmek amacıyla Kolmogorov Smirnov (K-S testi) kullanılmıştır. Kolmogorov Smirnov testi parametrik olmayan bir testtir. Bu bölümde, cinsiyete göre rezonant frekans değeri dağılımlarının farklılık gösterip göstermediği Kolmogorov Smirnov testi ile incelenmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada rezonant frekans değerlerini elde etmek amacıyla 32'si kadın 28'i erkek olmak üzere 60 kişiden veriler elde edilmiştir. Tablo 1. katılımcıların yaş, cinsiyet ve her iki kulaktan alınan rezonant frekans değerlerini göstermektedir.

Tablo 1. Yaş ve cinsiyete göre RF değerleri

SAYI	YAŞ	CİNSİYET	SAĞ KULAK RF DEĞERİ	SOL KULAK RF DEĞERİ
1	35	2	950	1250
2	31	1	1050	1150
3	22	2	950	1100
4	33	2	950	1000
5	31	1	1200	1050
6	46	2	1100	950
7	35	2	1100	1000
8	22	2	950	900
9	39	1	1050	1250
10	33	1	950	700
11	44	2	900	950
12	24	2	1000	900
13	25	1	1250	1000
14	21	2	900	1150
15	36	2	1000	1150
16	46	1	950	900
17	34	2	1050	750
18	32	1	1200	1000
19	31	2	950	1100
20	30	2	650	700
21	31	2	1000	1050
22	30	1	800	900
23	35	1	900	900
24	30	1	850	700
25	35	2	1100	1250
26	28	1	1200	1200
27	28	2	1100	1300

28	24	1	1000	600
29	34	1	900	900
30	34	1	1200	1100
31	36	2	700	750
32	24	2	900	900
33	34	1	900	1000
34	22	2	1100	1050
35	24	1	950	650
36	28	1	750	800
37	28	2	1100	1200
38	23	2	1000	1050
39	25	1	1000	1050
40	22	2	1350	1300
41	28	2	1100	950
42	34	2	950	1000
43	42	1	950	950
44	40	1	1250	750
45	22	2	950	1100
46	35	1	1100	950
47	29	2	1150	1000
48	35	1	1150	700
49	28	1	850	650
50	44	2	1100	950
51	46	2	1100	950
52	22	1	950	950
53	22	2	1100	900
54	30	2	1150	1250
55	41	2	950	950
56	42	2	1250	1350
57	40	1	1100	1100
58	43	1	900	950
59	36	1	1050	1000
60	26	1	1350	700

Temel İstatistiklerin İncelenmesi

Örnekleme yer alan erkeklerin yaşları 22-46 arasında değişirken, kadınların yaşları 21-46 arasında değişmektedir. Aşağıda yer alan tablolarda elde edilen temel istatistikler sunulmuştur. Tablolarda “sağfr” sağ kulağa ait rezonant frekans değerlerini, “solfr” sol kulağa ait rezonant frekans değerlerini “ortalama” ise sağ ve sol kulağa ait rezonant frekans değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Tablo 2. Tüm örnekleme ilişkin temel istatistikler

Değişkenler	n	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Maks.
Yas	60	31.8	7.1	21.0	46.0
Sağfr	60	1020.8	140.6	650.0	1350.0
Solfr	60	978.3	180.5	600.0	1350.0
Ortalama	60	999.6	134.9	675.0	1325.0

Tablo 3. Örnekleme yer alan erkeklere ilişkin temel istatistikler

Değişkenler	n	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Maks.
Yas	28	32.5	6.3	22.0	46.0
Sağfr	28	1023.2	146.9	750.0	1250.0
Solfr	28	912.5	177.8	600.0	1250.0
Ortalama	28	967.9	130.7	750.0	1200.0

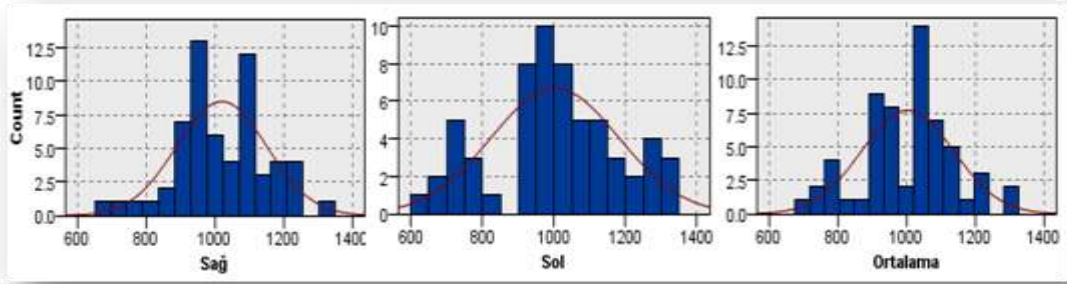
Tablo 4. Örnekleme yer alan kadınlara ilişkin temel istatistikler

Değişkenler	n	Ortalama	Std. Sapma	Min.	Maks.
Yas	32	31.3	7.8	21.0	46.0
Sağfr	32	1018.8	137.2	650.0	1350.0
Solfr	32	1035.9	164.7	700.0	1350.0
Ortalama	32	1027.3	134.3	675.0	1325.0

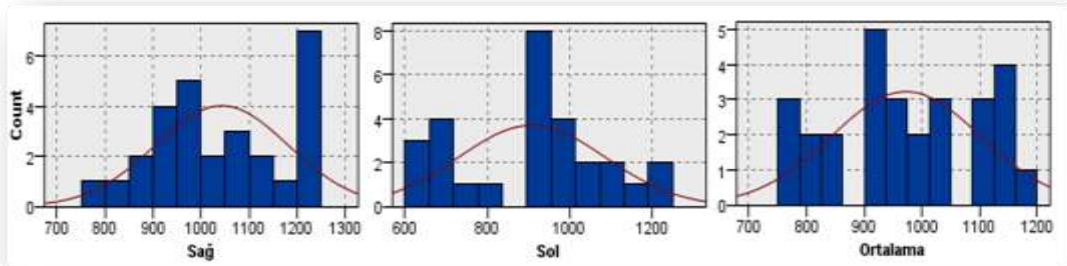
Tablo 2, Tablo3 ve Tablo 4’de verildiği üzere, çalışmada yer alan tüm kişilerin yaş ortalaması 31.8, erkeklerin 32.5 ve kadınların 31.3’dür. Yaşlara ilişkin standart sapmalar ise sırasıyla 7.1, 6.3 ve 7.8 olarak hesaplanmıştır.

Rezonant frekans değerleri tüm örneklem için incelendiğinde, ortalama değerler sağ kulak için 1020 sol kulak için ise 978 olarak elde edilmiştir. Cinsiyet ayrımında incelediğinde ise bu değerler sağ ve sol kulak için sırasıyla erkeklerde 1023 ve 912, kadınlarda ise 1018 ve 1035 olarak belirlenmiştir.

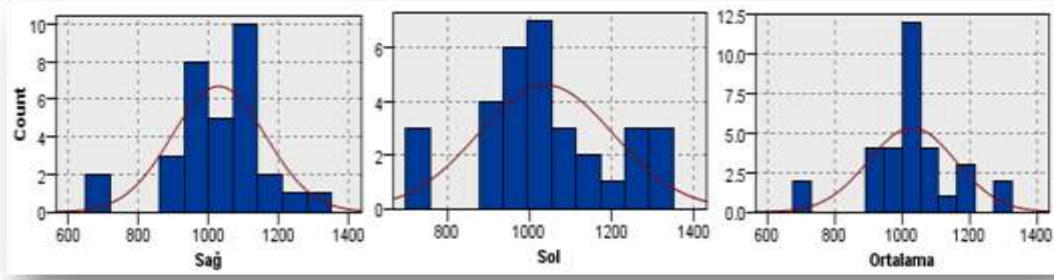
Verilerin dağılımını görselleştirmek ve rezonant frekans değerlerinin frekanslarını görmek amacıyla histogram grafikleri çizilmiştir.



Şekil 11. Tüm örnekleme ait Rezonant Frekans Değerleri Histogramları



Şekil 12. Erkekler için Rezonant Frekans Değerleri Histogramları

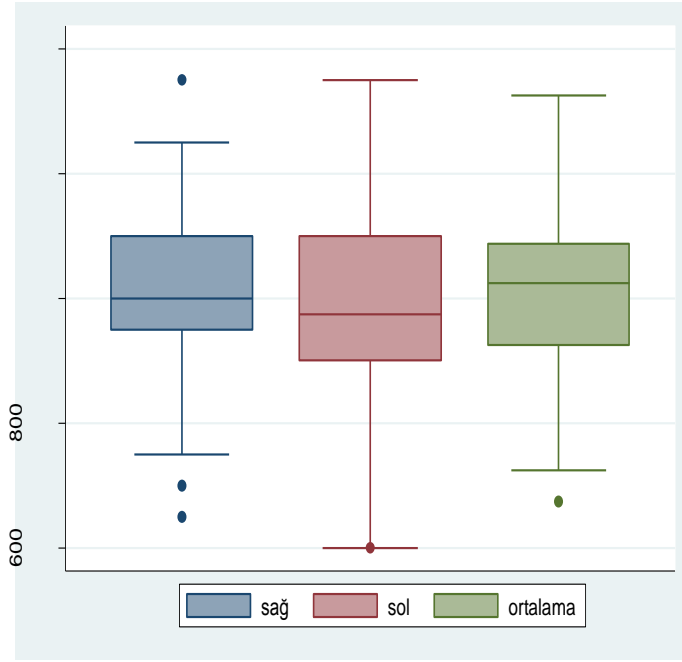


Şekil 13. Kadınlara ait Rezonant Frekans Değerleri Histogramları

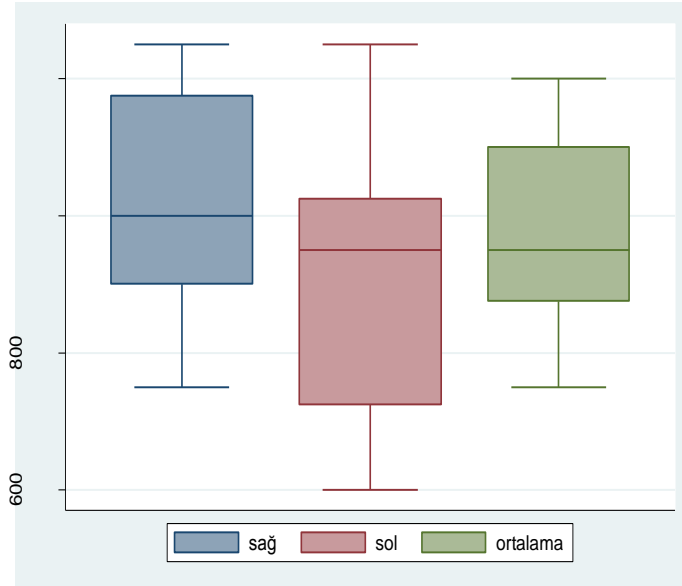
Kutu Grafikleri

Elde edilen verilerin görsel şekilde özetlemek için kutu grafiklerine (box plot) bakılmıştır. Kutu Grafikleri incelenen dağılıma ait verileri özetleyen araçlardır. Veri setine ait minimum ve maksimum değerler belirlenir ve bu uç değerler (outliers) grafik üzerinde, altta ve üstte birer nokta şeklinde gösterilir. Uç değerler belirlendikten sonra ortalama değer ile birlikte 1. ve 3. Dörtte birlik (quartile) değerler hesaplanır. Bu değerler hesaplandıktan sonra kutu grafiği çizilir.

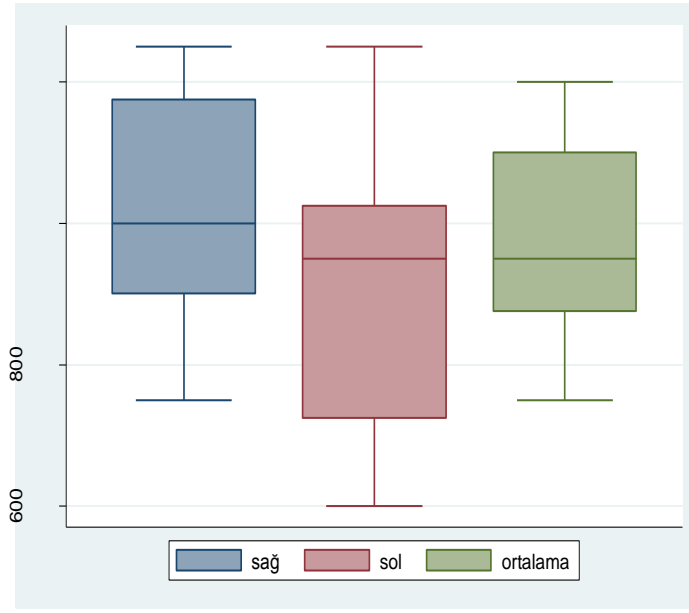
Kutu grafikleri birçok bilgiyi içermeleri açısından son derece işlevsel grafiklerdir. İncelenen dağılımın yayılmasına, çarpıklığına ve çok doğrudan olmasa bile basıklığına dair bilgi sağlarlar. Dağılımın basıklığı doğrudan grafikte görünmez ancak kutu ve çizginin genişlikleri kıyaslandığında bir fikir elde edilebilir. Aynı şekilde dağılımın çarpıklığını kutunun uç değerlerden herhangi birine yakınlığından anlayabiliriz. Yayılma ise kutu grafiğinin çizgisiyle açık bir şekilde ortaya konmaktadır.



Şekil 14. Tüm örnekleme ilişkin Kutu Grafiği



Şekil 15. Erkek Deneklerin Verilerine İlişkin Kutu Grafiği



Şekil 16. Kadın Deneklerin Verilerine İlişkin Kutu Grafiği

Örneklemin tamamına baktığımızda değerler arasında farklılık gözükmemektedir. Fakat erkek deneklerin verileri incelendiğinde verilerin yayılmasında farklılık gözlenmektedir. Daha kesin sonuçlar elde etmek için veri setlerinin dağılımlarını incelemek gerekir.

Elde edilen rezonant frekans değerlerinin normal dağılım gösterip göstermediklerini belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk ve Skewness-Kurtosis testleri kullanılmıştır. Bu testleri uygularken sıfır hipotezi (H_0) veri setinin normal dağılımından geldiği kabul edilir:

H_0 : Veri seti normal dağılmaktadır.

H_A : Veri seti normal dağılmamaktadır.

Tablo 5'te normallik testleri sonucunda elde edilen p-değerleri verilmiştir. %95 güven aralığında, p-değerleri 0,025 kritik değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilememiştir. Elde sonuçlara göre veri setinin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 5. Veri Setlerinin Normal Dağılım Testi

Değişkenler	Tüm Örneklem		Erkek		Kadın	
	Shapiro-Wilk	Skewness-Kurtosis	Shapiro-Wilk	Skewness-Kurtosis	Shapiro-Wilk	Skewness-Kurtosis
Sagrfr	0.72236	0.7976	0.74922	0.163	0.25869	0.1121
Solrfr	0.32447	0.7375	0.41503	0.4445	0.65645	0.9174
Ortalama	0.93368	0.8424	0.36981	0.1803	0.15802	0.1902

Ortalamaların Eşitliğinin Test Edilmesi: T-testi

Bilindiği gibi T-testi iki ayrı dağılımın ortalamalarını kıyaslamak ve iki ayrı örneklemin ortalamaları arasında anlamlı fark olup olmadığının incelenmesi için kullanılan en yaygın testlerden biridir. T-testi tek değişkenli analiz tekniklerindedir. T-testiyle birlikte ilgili değişkenlerin değişik gruplar arasında istatistiksel anlamda fark olup olmadığına da bakılır. T-testi parametrik bir testtir. T-testinin örneklem boyutunun küçük olduğu durumlarda kullanılması tavsiye edilmektedir. T-testi uygulanırken çalışmamızda olduğu gibi popülasyon normal dağılıma sahip olmalı ve örneklem hacminin yeterli büyüklükte olması gerekliliği bulunmaktadır (36). İki farklı gruptan alınan değerlerin ortalamaları arasında fark olup olmadığının test edilmesi için “bağımsız iki örneklem t-testi” kullanılır. Bu çalışmanın analizlerinde bağımsız iki örneklem T testi kullanılmıştır.

Sağ Kulak Rezonant Frekans Değerleri İçin T-Testi: Öncelikle cinsiyet ayrımında sağ kulak rezonant değerlerinin ortalamaları arasında fark olup olmadığı test edilmiştir. Bu amaçla sıfır ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 : Erkek ortalama sağ kulak rezonant değeri ile Kadın ortalama sağ kulak rezonant değeri eşittir.

H_A : Erkek ortalama sağ kulak rezonant değeri ile Kadın ortalama sağ kulak rezonant değeri eşit değildir.

Bağımsız iki örneklem T-testine başlamadan önce varyansların eşit olup olmadığı test edilmelidir. Varyansların aynı olması ve farklı olması durumlarında standart hata hesaplama yöntemleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle öncelikle varyansların eşitliği test edilmiştir.

H_0 : Erkek sağ kulak rezonant değerlerinin varyansı ile kadın sağ kulak rezonant değerlerinin varyansı eşittir.

H_A : Erkek sağ kulak rezonant değerlerinin varyansı ile kadın sağ kulak rezonant değerlerinin varyansı eşit değildir.

Tablo 6. Sağ Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi

Variance ratio test						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	1023.214	27.7558	146.8699	966.2641	1080.164
2	32	1018.75	24.25815	137.2248	969.2752	1068.225
combined	60	1020.833	18.15236	140.6075	984.5106	1057.156
ratio = sd(1) / sd(2)				f = 1.1455		
Ho: ratio = 1				degrees of freedom = 27, 31		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr(F < f) = 0.6446		2*Pr(F > f) = 0.7108		Pr(F > f) = 0.3554		

P değeri 0,7108 > 0,05 kritik değerden daha büyük olduğu için H_0 reddedilememektedir. Bu durumda varyansların birbirine eşit olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve varyanslar birbirine eşit olduğunda kullanılan t-testi analizi yapılmalıdır.

Tablo 7’de görüldüğü üzere P değeri 0,9036 > 0,05 kritik değerden daha büyük olduğu için H_0 reddedilememektedir. Yani sağ kulak değerleri ortalamalarının cinsiyete göre farklılık göstermediğini sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 7. Sağ Kulak Değerleri Ortalamalarının Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample t test with equal variances						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	1023.214	27.7558	146.8699	966.2641	1080.164
2	32	1018.75	24.25815	137.2248	969.2752	1068.225
combined	60	1020.833	18.15236	140.6075	984.5106	1057.156
diff		4.464286	36.6933		-68.98534	77.91392
diff = mean(1) - mean(2)				t =	0.1217	
Ho: diff = 0				degrees of freedom =	58	
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = 0.5482		Pr(T > t) = 0.9036		Pr(T > t) = 0.4518		

Sol Kulak Rezonant Frekans Değerleri İçin T-Testi: Bu bölümde cinsiyet ayrımında sol kulak rezonant değerlerinin ortalamaları arasında fark olup olmadığı test edilmiştir. Hipotezler aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 : Erkek ortalama sol kulak rezonant değeri ile Kadın ortalama sağ kulak rezonant değeri eşittir.

H_A : Erkek ortalama sol kulak rezonant değeri ile Kadın ortalama sağ kulak rezonant değeri eşit değildir.

Yine t-testi uygulanmadan önce varyansların eşit olup olmadığı test edilmelidir.

H_0 : Erkek sol kulak rezonant değerlerinin varyansı ile kadın sol kulak rezonant değerlerinin varyansı eşittir.

H_A : Erkek sol kulak rezonant değerlerinin varyansı ile kadın sol kulak rezonant değerlerinin varyansı eşit değildir.

Tablo 8. Sol Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi

Variance ratio test						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	912.5	33.59274	177.7561	843.5734	981.4266
2	32	1035.938	29.11968	164.7258	976.5475	1095.327
combined	60	978.3333	23.30002	180.4812	931.7101	1024.957
ratio = sd(1) / sd(2)				f = 1.1645		
Ho: ratio = 1				degrees of freedom = 27, 31		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr(F < f) = 0.6608		2*Pr(F > f) = 0.6784		Pr(F > f) = 0.3392		

P-değeri $0,6784 > 0,05$ kritik değerden daha büyük olduğu için H_0 reddedilememektedir. Bu durumda varyansların birbirine eşit olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve varyanslar birbirine eşit olduğunda kullanılan t-testi analizi yapılmalıdır.

Tablo 9’da görüldüğü üzere P değeri $0,0071 < 0,05$ kritik değerden daha küçük olduğu için H_0 reddedilmektedir. Buradan, sol kulak değerleri ortalamalarının cinsiyete göre farklılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 9. Sol Kulak Değerleri Ortalamalarının Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample t test with equal variances						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	912.5	33.59274	177.7561	843.5734	981.4266
2	32	1035.938	29.11968	164.7258	976.5475	1095.327
combined	60	978.3333	23.30002	180.4812	931.7101	1024.957
diff		-123.4375	44.22852		-211.9705	-34.9045
diff = mean(1) - mean(2)				t = -2.7909		
Ho: diff = 0				degrees of freedom = 58		
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = 0.0036		Pr(T > t) = 0.0071		Pr(T > t) = 0.9964		

Ortalama Rezonant Frekans Değerleri İçin T-Testi: Bu kısımda, sağ ve sol kulaktan elde edilen rezonant değerlerinin ortalamaları alınarak incelenmiştir. Cinsiyet ayrımında ortalama rezonant değerlerinin ortalamalarının farklı olup olmadığı test edilmiştir. Hipotezler önceki kısımlarda olduğu gibi aşağıdaki gibi yazılabilir,

H_0 : Erkek rezonant değerlerinin ortalaması ile kadın rezonant değerlerinin ortalaması eşittir.

H_A : Erkek rezonant değerlerinin ortalaması ile kadın rezonant değerlerinin ortalaması eşit değildir.

Tekrardan, t-testine başlanmadan önce varyansların farklı olup olmadığı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10. Sol Kulak Değerleri Varyanslarının Cinsiyete Göre Analizi

Variance ratio test						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	967.8571	24.69581	130.6779	917.1855	1018.529
2	32	1027.344	23.74255	134.3082	978.9205	1075.767
combined	60	999.5833	17.41091	134.8643	964.7442	1034.422
ratio = sd(1) / sd(2)				f = 0.9467		
Ho: ratio = 1				degrees of freedom = 27, 31		
Ha: ratio < 1		Ha: ratio != 1		Ha: ratio > 1		
Pr(F < f) = 0.4454		2*Pr(F < f) = 0.8908		Pr(F > f) = 0.5546		

P-değeri $0,8908 > 0,05$ kritik değerden daha büyük olduğu için H_0 reddedilememektedir. Bu durumda varyansların birbirine eşit olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve varyanslar birbirine eşit olduğunda kullanılan t-testi analizi yapılmalıdır.

Tablo 11'de görüldüğü üzere P değeri $0,0884 > 0,05$ kritik değerden büyük olduğu için H_0 reddedilememektedir. Yani ortalama değerler cinsiyete göre farklılık göstermemektedir. Fakat burada p değerinin görece küçük olduğu dikkati çekmektedir.

Kritik değerin 0.1 olarak seçilmesi durumunda, yani %90 güven aralığında sıfır hipotezi reddedilmektedir.

Tablo 11. Ortalama Değerlerim Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample t test with equal variances						
Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
1	28	967.8571	24.69581	130.6779	917.1855	1018.529
2	32	1027.344	23.74255	134.3082	978.9205	1075.767
combined	60	999.5833	17.41091	134.8643	964.7442	1034.422
diff		-59.48661	34.32143		-128.1884	9.215191
diff = mean(1) - mean(2)					t =	-1.7332
Ho: diff = 0					degrees of freedom =	58
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = 0.0442		Pr(T > t) = 0.0884		Pr(T > t) = 0.9558		

Kolmogorov Smirnov (K-S) Testi

Kolmogorov Smirnov testi T-testinin aksine parametrik olmayan bir testtir ve iki değişik örneklemin aynı olasılık dağılımdan gelip gelmediğinin test edilmesi amacıyla kullanılabilir. Bu bölümde, cinsiyete göre rezonant frekans değerleri dağılımlarının farklılık gösterip göstermediği Kolmogorov Smirnov testi ile incelenmiştir. Yukarıda yapılan Shapiro-Wilk ve Skewness-Kurtosis normal dağılım testleri sonucunda rezonant frekans değerlerinin normal dağılımdan geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda, K-S testleri sonucunda rezonant frekans değerleri dağılımlarının cinsiyete göre farklılık göstermemesi beklenmemektedir.

Sağ Kulak İçin K-S Testi: Kolmogorov Smirnov testi için sıfır ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 : Erkek Sağ kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile Kadın Sağ kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynıdır.

H_A: Erkek Sağ kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile Kadın Sağ kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynı değildir.

Tablo 12. Sağ Kulak RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions			
Smaller group	D	P-value	Corrected
1:	0.1295	0.606	
2:	-0.1875	0.350	
Combined K-S:	0.1875	0.670	0.577

Tablo 12’de verilen K-S test sonucuna göre, p-değeri ($0,577 > 0,05$) kritik değerden büyük bulunmuştur ve H_0 hipotezi reddedilememektedir. Buradan sağ kulak kadın ve erkek rezonant değerlerinin dağılımlarının aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sol Kulak İçin K-S Testi: Kolmogorov Smirnov testi için sıfır ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi yazılabilir.

H₀: Erkek Sol kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile Kadın Sol kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynıdır.

H_A: Erkek Sol kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile Kadın Sol kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynı değildir.

Tablo 13. Sol Kulak RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions			
Smaller group	D	P-value	Corrected
1:	0.2455	0.165	
2:	0.0000	1.000	
Combined K-S:	0.2455	0.329	0.245

Tablo 13’de verilen K-S test sonucuna göre, p-değeri ($0,245 > 0,05$) kritik değerden büyük bulunmuştur ve H_0 hipotezi reddedilememektedir. Buradan sol kulak kadın ve erkek rezonant değerlerinin dağılımlarının aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ortalama İçin K-S Testi: Kolmogorov Smirnov testi için sıfır ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibi yazılır.

H_0 : Erkek ortalama kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile kadın ortalama kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynıdır.

H_A : Erkek ortalama kulak rezonant değerlerinin dağılımı ile kadın ortalama kulak rezonant değerlerinin dağılımı aynı değildir.

Tablo 14. Ortalama RF Değerleri Dağılımlarının Cinsiyete Göre Analizi

Two-sample Kolmogorov-Smirnov test for equality of distribution functions			
Smaller group	D	P-value	Corrected
1:	0.1295	0.606	
2:	-0.1875	0.350	
Combined K-S:	0.1875	0.670	0.577

Tablo 14’de verilen K-S test sonucuna göre, p-değeri ($0,577 > 0,05$) kritik değerden büyük bulunmuştur ve H_0 hipotezi reddedilememektedir. Buradan ortalama kadın ve erkek rezonant frekans değerlerinin dağılımlarının aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Güven Aralıkları

Tablo 15’de rezonant frekans değerlerine ilişkin temel istatistikler verilmiştir. Tablo 15 incelendiğinde toplam örneklem için aralık değerlerinin sol, ortalama ve sağ

kulak için sırasıyla 750, 650, 700 olarak bulunmuştur. En yüksek aralığın sol kulakta elde edildiği dikkat çekmektedir. Erkeklerde sol kulak aralık değeri yüksekken, kadınlarda sağ kulak aralık değeri daha yüksektir. Aralık uç değerlerden fazlasıyla etkilendiği için veri setinin yaygınlığı hakkında net bir görüş sunamayabilir. Bu nedenle veri setinin yaygınlığı için standart sapmaları incelemek gerekmektedir. Standart sapmalar incelendiğinde kadınlar ve erkekler için sol kulak rezonant frekans değerlerinin daha yaygın olduğu gözlenmiştir. Kadın ve erkek veri setleri incelendiğinde ise her iki kulak içinde erkeğe ait rezonant frekans değerlerinin daha yaygın olduğu dikkat çekmektedir. Tablo 15’de veri setleri için % 5 -% 95 ve % 10 - % 90 sınırlarına denk gelen değerler verilmiştir. Literatürde bu değerlerin ilgili grupların normatif sınırları olarak kabul edildiği gözlemlenmiştir.

Tablo 15. Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Temel İstatistikler

İstatistik	Toplam örneklem			Erkek			Kadın		
	ortalama	sagrfr	solrfr	ortalama	sagrfr	solrfr	ortalama	sagrfr	solrfr
Mean	999,6	1020,83	912,5	967,857	1023,21	1035,94	1027,344	1018,75	978,3
Sd	134,864	140,608	177,756	130,677	146,87	164,726	134,308	137,225	180,481
p25	925	950	725	875	900	950	962,5	950	900
Medyan	1025	1000	950	950	1000	1000	1025	1000	975
p75	1087,5	1100	1025	1100	1175	1150	1075	1100	1100
Aralık	650	700	650	450	500	650	650	700	750
p5	762,5	775	650	775	800	750	725	700	675
p95	1200	1250	1200	1150	1250	1300	1300	1250	1275
p10	800	875	650	775	850	900	900	900	700
p90	1162,5	1200	1150	1150	1250	1250	1200	1150	1250

Tablo 16, Tablo 17 ve Tablo 18’de sırasıyla tüm örneklem, kadın ve erkekler için rezonant frekans değerlerinin ortalamalarına ait % 95 güven aralıkları verilmiştir.

Tablo 16. Tüm Örneklem Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları

Tüm örneklem					
Değişkenler	n	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
sagrfr	60	1020,833	18,15236	984,5106	1057,156
solrfr	60	978,3333	23,30002	931,7101	1024,957
ortalama	60	999,5833	17,41091	964,7442	1034,422

Tablo 17. Erkek Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları

Erkek					
Değişkenler	n	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
sagrfr	28	1023,214	27,7558	966,2641	1080,164
solrfr	28	912,5	33,59274	843,5734	981,4266
ortalama	28	967,8571	24,69581	917,1855	1018,529

Tablo 18. Kadın Rezonant Frekans Değerlerine İlişkin Güven Aralıkları

Kadın					
Değişkenler	n	Ortalama	Std. Hata	95% Güven Aralığı	
sagrfr	32	1018,75	24,25815	969,2752	1068,225
solrfr	32	1035,938	29,11968	976,5475	1095,327
ortalama	32	1027,344	23,74255	978,9205	1075,767

5. TARTIŞMA

Standart timpanometri uygulamasında kullanılan 226 Hz probe ton ya da 678 Hz'lik probe tonlu timpanometriler ile kesin ayırıcı tanısı yapılamayan durumlarda multifrekans timpanometri yardımcı olmaktadır. Yüksek frekanslı probe tonlar özellikle orta kulak sisteminin kitlesel etkisini arttıran patolojilerde daha çok değer taşımaktadır. Multifrekans timpanometri otoskleroz, ossiküler zincirde parsiyel ve total devamsızlık, orta kulak malformasyonları, primer kolesteatom, orta kulak tümörleri, osteogenesis imperfekta ve ossiküler zincirin fibröz displazisi gibi patolojilerin ayırıcı tanısında önemli tanı ölçütlerini sunar (37).

Multifrekans timpanometri admitans ve unsurlarına dair ayrıntılı bilgi veren bir test yöntemidir. Admitans kompleks bir niceliktir. Vektörel bir büyüklüktür. Admitans ve unsurlarını belirleyen 3 değişken vardır: sertlik, kütle ve sürtünme. Sertlik değişkeni admitansın kendisiyle aynı adı taşıyan unsur sertlik suseptansını, kütle değişkeni ise admitansın diğer unsuru olan kütle suseptansını belirler. Daha önce de belirtildiği gibi rezonant frekansta total suseptans 0'dır. RF değerinin altında kalan frekanslarda sistem sertlik kontrollü üstünde kalan frekanslarda ise kütle kontrollüdür. Sonuçta kondüktansdan bağımsız olarak yüksek rezonans frekansı olan sistemler yüksek sertliği olan, düşük rezonans frekansı olan sistemler ise yüksek kütle etkisi altındaki sistemlerdir. Kütle etkisi altındaki orta kulaklara örnek kolesteatoma veya kemikçik zincir ayrılması iken sertlik etkisi altındaki kulaklara da otoskleroz ve timpanoskleroz örnek olarak verilebilir (37). Multifrekans timpanometrinin özellikle otosklerotik kulağı normal kulaktan ayırmakta standart timpanometriye göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebi otosklerozun önemli bir etkisinin orta kulak sertliğini ve rezonans frekansını artırmasıdır (3,38).

Avantajlı bir test olmasına rağmen multifrekans timpanometrinin klinik uygulamada yaygınlaşmamış olması birçok araştırmacı tarafından da belirtilen bir gerçektir. Multifrekans timpanometri kullanımının yaygınlaşmamasının önemli sebeplerinden biri de yeterli verilerin henüz var olmamasıdır (13,14). Multifrekans

timpanometrinin sunduğu çoklu frekans uygulamalarının karmaşıklığı, bu konuda yeterli çalışma bulunmaması ve MFT kullanımının kliniklerde yaygınlaşmamış olması dikkate alındığında patolojik kulaklardan elde edilen değerlerle sağlıklı kulaklardan elde edilen değerlerin kıyaslanmasını sağlıklı kılmak ve klinik uygulamanın yaygınlaşmasını sağlamak için normatif değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği gibi orta kulak ve dış kulak yapıları yaşa ve kalıtsal özelliklere göre değişkenlik göstermektedir. Bu farklılıklar orta kulak admitansı ve ilgili değerleri de etkilemekte ve normatif değerlerin değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır. (10,11). Dolayısıyla birçok araştırmacı farklı popülasyonlar ve klinikler için normalizasyon çalışmaları yapmıştır.

Literatüre bakıldığında yurt içinde ve uluslar arası literatürde araştırmaların büyük kısmının sağlıklı kulaklarda rezonant frekans normatif değerleri belirleme ile orta kulak effüzyonu ve otoskleroz tanısı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışmalara bir örnek olarak, “Multifrekansiyel Timpanometri Ölçümlerinin Otosklerotik ve Normal Orta Kulaklardaki Karşılaştırılması” adlı yüksek lisans tezinde Fatih Öğüt, 50 normal işitmeye sahip yetişkinden elde ettiği verilerde sağ kulak ortalama RF değerini 956.4, sol kulak değerini ise 912.8 olarak açıklamış, her iki kulaktan elde edilen verilerin ortalamasını ise 142.69’luk bir standart sapma derecesi ile 934.6 Hz olarak belirlemiştir. Ancak bu çalışmada elde edilen değerlerin erkek ve kadın olarak cinsiyet farklılıkları ortaya konmamıştır (37).

Uluslar arası literatüre bakıldığında özellikle seksenli yılların sonlarına doğru benzer çalışmaların yapıldığını ancak elde edilen sonuçların değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Örneğin Lutman 1984’te orta kulak admitans komponentleri mekanizmasını teorik olarak açıkladığı çalışmasında baktığı 67 normal kulakta ortalama rezonans frekansını 871 olarak bulmuştur (39). Bir başka araştırmacı, Wada (1989) RF normatif değerini ortalama 1000 Hz civarında bulurken (40), Russolo 1991’de 54 katılımcı ile yaptığı çalışmasında normal kulaklarda rezonant frekans değerini 834 ± 153 , 31 otosklerotik kulaklarda ise 1282 ± 188 olarak saptamıştır (41). Bu çalışmadan beş yıl sonra Valvik ve arkadaşları (1994) yaptıkları çalışmada daha geniş bir hasta grubunu ele almışlar ve orta kulak RF normatif değerini 1049 ± 261 Hz olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada otosklerotik kulaklardan elde edilen ortalama RF değeri 1238 ± 209 Hz,

postoperatif stapedektomili kulaklardan elde edilen ortalama değer ise 692 ± 127 Hz olarak saptanmıştır (42). Uluslar arası literatür bize bu verileri sunarken, çalışmamızda kullandığımız GSI Tymptstar Version 2 model multifrekans timpanometri ölçümü sağlayan elektroakustik imitansmetre cihazının dağıtımcı firması Meders'in internet sitesinde yayınladığı broşüründe ise patolojisi bulunmayan, normal kulaklardan elde edilmesi beklenen RF değerlerinin 800Hz-1200Hz aralığında olduğu belirtilmektedir (43).

Normal İşitmeye Sahip Yetişkinlerde Multifrekans Timpanometri Normalizasyon Sonuçları adlı çalışmamıza katılan, yaşları 21 ile 46 arasında değişen, 60 gönüllü yetişkinin yaşları ortalaması 31.8'dir (std. sapma 7.1). Tüm katılımcıların, her iki kulaklarından (120 kulak) birden alınan RF değerlerinin ortalaması 999.6 Hz (std. sapma 134.9), sağ kulaklardan elde edilen değerlerin ortalaması 1020.8 (std. sapma 140.6), sol kulak ortalamaları ise 978.3 Hz (std. sapma 180.5) olarak belirlenmiştir. Uluslar arası literatürle kıyaslandığında sonuçlarımızın en çok Japon araştırmacı Hiroshi Wada ve arkadaşlarının 1989 yılında yaptığı "Dynamic Behavior of Middle Ear Based on Sweep Frequency Tympanometry" adlı çalışmasında elde ettiği bulgular ile benzerlik gösterdiği görölmektedir (40). Diğer alışmalar dikkate alındığında bulguların 800 Hz ile 1100 Hz aralığında değerler aldığı görölmektedir. Literatürde rezonant frekans normalizasyon değerlerinin farklılıklar göstermesi orta kulak ve dış kulak yapılarının yaşa ve kalıtsal özelliklere göre değişkenlik göstermesi (10,11) ile açıklanmakta dolayısıyla da farklı popölasyonlardan farklı değerlerin elde edilmesi olası karşılanmaktadır.

Literatürde dikkat çeken bir başka nokta ölkemizde daha önce yapılan çalışmalarda (2,13,37) araştırılan normatif değerlerin erkek ve kadın olarak cinsiyet farklılıklarının ortaya konmamış olmasıdır. Yaptığımız çalışmada 32'si 21-46 yaşları arasında kadın, 28'i ise 22-46 yaşları arasında erkek olmak üzere 60 yetişkin kişiden veriler elde edilmiştir. Erkeklerde ortalama RF değerleri 917 – 1018 arasında belirlenirken, kadınlarda ortalama RF değerleri 978 – 1075 arasında kabul edilmiştir. Liu ve Chen (2000) geriatric popölasyonda yaptıkları araştırmada eksternal kulak rezonansını kadınlarda erkeklere oranla daha yüksek bulmalarına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlememişlerdir (44). Wiley ve ark (1999) alışmalarında yine

orta kulak rezonant frekans değerini kadınlarda anlamlı derecede yüksek elde etmişlerdir (45). Sonuçlardan görüleceği gibi çalışmamızın bulguları cinsiyet farklılığı açısından uluslar arası literatür ile uyumluluk göstererek RF değerleri kadınlarda erkeklere göre daha yüksek aralıkta normal kabul edilmektedir.

Literatürde klinikler arası normalizasyon değerlerinin farklılığı (12), lkemizde daha önce yapılan çalışmalarda cinsiyet farklılıklarının ortaya konmamış olması ve bulguların güven aralıklarının belirlenmemiş olması (2,13,37) göz önünde bulundurulacak yapılan çalışmamızda, patolojik kulaklarda tanıyı kuvvetlendirmek için, kullanılan yeni test modalitelerinden multifrekans timpanometrinin ölçtüğü önemli parametrelerden biri olan rezonant frekans değerleri için hem kliniğimizin normalizasyon değerlerini belirlemek hem de kliniğimizde multifrekans timpanometrinin klinik kullanımını arttırmak ve bu konuda yapılacak ileri araştırmalara referans sağlamak hedeflenmiştir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Normal İşitmeye Sahip Yetişkinlerde Multifrekans Timpanometri Normalizasyon Değerleri adlı çalışmamıza katılan, normal otoskopik bulgulara ve işitme eşiklerine sahip, yaşları 21 ile 46 arasında değişen, 60 gönüllü yetişkinin yaşları ortalaması 31.8'dir (std. sapma 7.1). Tüm katılımcıların, her iki kulaklarından (120 kulak) birden alınan RF değerlerinin ortalaması 999.6 Hz (std. sapma 134.9), sağ kulaklardan elde edilen değerlerin ortalaması 1020.8 (std. sapma 140.6), sol kulak ortalamaları ise 978.3 Hz (std. sapma 180.5) olarak belirlenmiştir. Bu verilerle yaptığımız istatistik analizlerden elde ettiğimiz sonuçlar ve güvenilirlik yüzdeleri şöyledir;

- Erkeklerde sağ kulak için 966 – 1080 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)
- Erkeklerde sol kulak için 843 – 981 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)
- Erkeklerde kulakların ortalama değerleri için 917 – 1018 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)
- Kadınlarda sağ kulak için 969 – 1068 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)
- Kadınlarda sol kulak için 976 – 1095 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)
- Kadınlarda kulakların ortalama değerleri için 978 – 1075 arasında kalan rezonant frekans değerleri normal olarak kabul edilebilir. (% 95 güvenilirlikle)

Şüphesiz yerinde ve net olarak belirlenmiş normatif verilerin varlığı bu değerlerin dışına çıkan veriler elde edildiğinde uzmanların tanısını kolaylaştıracak bir ölçüt olacaktır (15). Avantajlı bir test olmasına rağmen multifrekans timpanometri

klirik ortamlarda rutin uygulamaya dahil olamamıştır. Bu durumun önemli sebeplerinden biri MFT parametrelerinin karmaşıklığı bir diğer sebebi ise bu parametrelerle ilgili yeterli çalışmanın bulunmamasıdır (13,14). Dolayısıyla elde ettiğimiz sonuçların ışığında;

- Kliniğimizde ve ülkemizde MFT kullanımının yaygınlaşması,
- Elde ettiğimiz normatif değerler temel alınarak orta kulak patolojisi bulunan kulaklarda RF değerleri üzerine araştırmaların yapılması,
- MFT'nin sunduğu diğer parametrelerle (Vanhuyse Kalıpları, admitans faz açısının 45 olduğu durumdaki Frekans (F45) ve çoklu frekanslarda statik admitans) ilgili normatif ve patolojileri inceleyen ileri araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, çalışmamız sonucunda elde edilmiş olan verilerin, orta kulak patolojilerine karar vermek için kliniğimizin normatif değerlerini göstermesi ve dolayısıyla uygulamada ne yazık ki henüz yaygınlaşmamış olan rezonant frekans ölçümü için bir ölçüt sağlayarak kullanımını yaygınlaştırması hedeflenmiştir. Ayrıca multifrekans timpanometrinin önemli bir parametresi olan rezonans frekans değerinin patolojilerin tanısı üzerine etkilerini araştırarak çalışmalara bir alt yapı sağlaması da umut edilmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Margolis RH., Van Camp KJ., Wilso RH. & Creten WL. (1985). "Multifrequency Tympanometry in Normal Ears", *J. Audiology*, Sayı 24, s. 44-53.
2. Ogut F., Serbetcioglu B., Kirazli T., Kirkim G. & Gode S. (2008). Results of Multi-Frequency Tympanometry Measures in Normal and Otosclerotic Middle Ears", *International Journal of Audiology*, Sayı 47, s. 615-620.
3. Shahnaz N. & Linda P. (1997). "Standard and Multifrequency Tympanometry in Normal and Otosclerotic Ears", *Ear Hear*, Sayı 18, s. 326-341.
4. Terkildsen, K., & Thomson, K. (1959). "The Influence of Pressure Variations on the Impedance of the Human Ear Drum", *Journal of Laryngology and Otology*, Sayı 73, s. 409-418.
5. Lilly, D. (1973). *Modern developments in audiology*, New York: Academic Press, s. 345-360.
6. Colletti V. (1976). "Tympanometry from 200 Hz to 2000 Hz Probe Tone", *Audiology*, Sayı 15, s. 106-119.
7. Margolis RH. & Saly GL. (1999). "Wideband Reflectance Tympanometry in Normal Adults", *Journal Acoustical Society of America*, Sayı 106, s. 265-280.
8. Calandrucchio L., Fitzgerald TS. & Prieve BA. (2006). "Normative Multifrequency Tympanometry in Infants and Toddlers", *J. Am Acad Audiol*, Sayı 17, s. 470-480.
9. Shahnaz N. & Bork K. (2006). "Wideband Reflectance Norms for Caucasian and Chinese Young Adults", *Ear & Hearing*, Sayı 27, s. 774-788.
10. Margolis, R., & Shanks, J. E. (1991). "Tympanometry: Principles and Procedures" In W. F. Rintelmann (Ed.), *Hearing Assessment*, Pro-Ed., Texas: Austin, s. 179-246.

11. Shanks, J. E., & Shelton, C. (1991). "Basic Principles and Clinical Applications of Tympanometry", *Otolaryngology Clinics of North America*, Sayı 24, s. 299-328.
12. Shahnaz, N., & Davies, D. (2006). "Standard and Multifrequency Tympanometric Norms for Caucasian and Chinese Young Adults" , *Ear & Hearing*, Sayı 27(1), s.75-90.
13. Tahincioğlu, Z. (2003). "*Orta Kulak Patolojilerinde Multifrekans Timpanometri Bulguları*", Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
14. Margolis R.H., Van Kamp K.J., Wilson R.H., Creten W.L. (1985). "Multifrequency Tympanometry in Normal Ears" , *Audiology*, Sayı 24 s.44-53.
15. O'Rourke C, Driscoll C, Kei J, Smyth V. (2002). "A Normative Study of Distortion Product Otoacoustic Emissions in Six Years Old School Children", *International Journal of Audiology*, Sayı 41(3) s. 162-169.
16. Canalis R.F. & Lambert P.R. (2000). *The Ear: Comprehensive Otology*, Philedelphia: Williams & Wilkins, s. 39-51.
17. Moller A.R. (2006). *Hearing: Anatomy, Physiology and Disorders of the Auditory System*, San Diego; California: Elseiver, s. 6,7,8.
18. Koç, C. (2004). *Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi*, Ankara: Güneş Kitabevi, s. 52-56.
19. Sana M., Russo A. &De Donato G. (1996). *Color Atlas of Otoscopy*, Stuttgart; New York: Thieme, s. 5.
20. Seikel J.A., King D.W. & Drumright D.G. (2005). *Anotomy and Physiology for Speech, Language and Hearing*, New York: Delmar Learning Press, s. 441-447.
21. Moller A.R. (2006). *Hearing Anatomy, Physiology and Disorders of The Auditory System*, San Diego CA: Elsevier, s. 6-10.
22. Moller A.R. (2000). *Hearing: It's Physiology and Pathophysiology*, San Diego CA: Academic Press, s. 9-15.
23. Katz, J. (2002). *Handbook of Clinical Audiology*, Maryland: Williams & Wilkins, s. 159-175.

24. Martin F.N. (1984). *Principles of Audiology: A Study Guide*, Maryland: University Park Press, s. 3.
25. Shanks, E. Janet & Diğerleri. (1988). "Tympanometry", *American Speech-Language-Hearing Association*, August 1987. www.asha.org/docs/html/RP1988-00027.html (Erişim Tarihi: 12.04.2011)
26. Roeser R.J., Valente M. & Hosford-Dunn H. (2000). *Audiology Diagnosis*, New York: Thieme, s. 381-402.
27. Stach B.A. (2010). *Clinical Audiology: An Introduction*, New York: Delmar, s. 313-331.
28. Esmer N., Akiner M.N., Karasalihoğlu A.R. & Saatçi M.R. (1995). *Klinik Odyoloji*, Ankara: Özışık Matbaacılık, s. 92-93.
29. Jerger J. & Northern J. (1970). *Clinical Impedance Audiometry*, Stuttgart: Thieme, s. 18-64.
30. Gelfand S.A. (2001). *Essentials of Audiology*, New York: Thieme, s. 226-236.
31. 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*, Sayı 15, s. 310-323.
32. Jerger J. (1970). "Clinical Experience With Impedance Audiometry", *Arch. Otolaryngol*, Sayı 92, s. 311-324.
33. Liden G., Harford E. & Hallen O. (1974). "Tympanometry For The Diagnosis Of Ossicular Disruption", *Arch. Otolaryngol*, Sayı 19, s. 23-29.
34. <http://ivertigo.net/vertigo3.html> (Erişim Tarihi: 09.04.2011)
35. http://www.specialtyinstruments.com/specialtygrason_stadler.html (Erişim Tarihi: 05.04.2011)
36. Akar M, Şahinler S. (1993). *İstatistik*. Adana: Ç.Ü.Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 74. Ders Kitapları Yayın 17 s. 15-21
37. Ögüt F. (2006). *Multifrekansiyel Timpanometri Ölçümlerinin Otoklerotik ve Normal Kulaklarda Karşılaştırılmasıdır*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

38. Margolis RH, Goycoolea HG. (1993). "Multifrequency tympanometry in normal adults." *Ear & Hear*, Sayı 14, s. 408-413.
39. Lutman ME. (1984). "Phasor admittance measurements of the middle ear: I. Theoretical approach." *Scand Audiol*, Sayı 13, s. 253–264.
40. Wada H, Kobayashi T, Suetake M, Tachizaki H. (1989). "Dynamic Behavior of Middle Ear Based on Sweep Frequency Tympanometry." *International Journal of Audiology*, Sayı 28 (3), s. 127-134.
41. Russolo M., Bianchi M., Miani C. (1991). "La timpanometria multifrequenziale nella diagnosi di otosclerosi fenestrata." *Audiol Ital*, Sayı 8, s. 87–94.
42. Valvik B.R., Johnsen M., Laukli E. (1994). "Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercial available middle-ear analyzer." *Audiology*, Sayı 33, s. 245–253.
43. <http://www.meders.com.tr/tr/gsi-odyolojik-tani-cihazlari/diagnostik-tani-cihazlari/tympstar-middle-ear-analyzer.html> (Erişim Tarihi: 14.05.2011)
44. Liu TC, Chen YS. (2000). "Aging and External Ear Resonance." *International Journal of Audiology*, Sayı 39 (5) s. 235-237.
45. Wiley TL, Cruickshanks KJ, Nondahl DM, Tweed TS. (1999). "Self- Reported Hearing Handicap and Audiometric Measures in Older Adults." *Journal of the American Academy of Audiology*, Sayı 10 s. 173-179.