

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

**GERİATRİK VAKALARDA YÜKSEK FREKANSLARDA
İZLENEN HAVA KEMİK ARALIĞIN GENİŞ BANT
TİMPANOMETRİ VE DPOAE YANITLARINA ETKİSİ**

Dr. Ody. Bilgehan TEKİN DAL

**Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı
DOKTORA TEZİ**

ANKARA

2019

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim sürecimde bilimsel ve mesleki tecrübeleri ile beni yetiştiren, tez çalışmamın her aşamasında yaptığı danışmanlık yanında fikirleriyle çalışmalarında bana yol gösteren, çalışma disiplini geliştiren çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Gülsüm Aydan GENÇ' e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Mesleki bilgisi ve bilimsel bakış açısını örnek aldığım, akademik gelişimimde büyük katkılar sağlayan Odyoloji Bölüm Başkanı sayın hocam Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Engin bilgileriyle doktora eğitimime katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Songül AKSOY, Prof. Dr. Esra YÜCEL, Doç. Dr. Suna YILMAZ ve Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a şükranlarımı sunarım.

İlgi ve desteklerini esirgemeyen, çalışmalarıyla bana örnek olan Dr.Öğr. Üyesi Merve Batuk, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Yaralı, Dr. Öğr. Üyesi Filiz Aslan ve Dr. Öğr. Üyesi Betül ÇİÇEK ÇINAR'A en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Dr. Ody. Büşra ALTIN, Dr. Ody. Emre GÜRSES, Dr. Ody. Görkem Ertuğrul, Dr. Ody. Öznur Yiğit, Dr. Ody. Tuncay BATUK, Uzm. Ody. Murat ŞAHİN, Uzm. Ody. Merve İKİZ, Uzm. Ody. Samet KILIÇ'a ve bölüm personellerimize teşekkür ederim.

Odyoloji eğitimimde bugüne kadar önemli katkılar sağlayan, bilimsel ufku genişleten Gazi Üniversitesi KBB Anabilim Dalı Başkanı sayın hocam Yusuf KEMALOĞLU nezdine tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Doktora eğitim sürecinde enerjileri ile bana güç veren Gazi Üniversitesi Odyoloji ailem Uzm. Ody. Sibel TURHAN, Uzm. Ody. Melis KESKİN KILIÇ, Uzm. Ody. Gurbet İpek ŞAHİN KAMIŞLI'ya, değerli mesai arkadaşlarım Uzm. Ody. Elçin ORÇAN, Uzm. Ody. Işık Sibel KÜÇÜKÜNAL'a ve sayın hocalarım Doç. Dr. Bülent Gündüz ve Dr. Ody. Şenay ALTINYAY'a çok teşekkür ederim.

Son olarak bu süreçte verdikleri destek, gösterdikleri sabır ve anlayış için sevgili eşim Demirhan DAL'a, sevgili annem Huriye TEKİN'e ve canım yavrularım Utku ve İdil'e sonsuz teşekkürler.

ÖZET

Tekin Dal, B., Geriatrik Vakalarda Yüksek Frekanslarda İzlenen Hava Kemik Aralığın Geniş Bant Timpanometri ve DPOAE Yanıtlarına Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı Doktora Tezi, Ankara, 2019. Yaşlanmaya bağlı olarak dış ve orta kulakta bazı anatomik, histolojik ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir. Bu çalışmada, yaşlı bireylerin ve farklı yaşlı gruplarının geniş bant timpanometri sonuçları incelenmiş ve yaşlı bireylerin geniş bant timpanometri sonuçları, davranışsal ve elektrofizyolojik (distorsiyon ürünü otoakustik emisyon) test sonuçları ile ilişkilendirilmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda 65 yaş üstü 34 birey (60 yaşlı kulak); erken yaşlılık (65 – 74yaş), orta yaşlılık (75 – 84 yaş) ve ileri yaşlılık (85 yaş ve üstü) dönemlerine göre üç alt grupta incelenmiştir. Kontrol grubunda 18 – 25 yaş arası 30 genç birey (60 genç kulak) değerlendirilmiştir. Çalışmada, yaşlı ve genç gruplar arasında geniş bant timpanometri ölçüm sonuçlarında tüm değerlendirme parametrelerinde anlamlı fark olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur. Yaşlı alt gruplarında ise ileri yaşlılık döneminde, belirli yüksek frekans absorbands değerlerinde beklenenin aksi yönünde anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0,05$). Yaşlı bireylerde geniş bant timpanometri test sonuçları ile davranışsal odyometri ve distorsiyon ürünü otoakustik emisyon testleri arasında, belirli yüksek frekans bölgelerinde orta derecede pozitif yönde bir ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bulgular, geriatrik popülasyonda orta kulak ses iletim fonksiyonlarının yüksek frekans bölgesinde daha fazla etkilendiği bu nedenle yüksek frekans ses iletim özelliklerinin odyolojik değerlendirmelerde gözönüne alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışma sonuçları, yaşlı bireylerde geniş bant timpanometri sonuçları ile davranışsal odyometri ve DPOAE test sonuçlarının, odyolojik değerlendirmelerde birlikte kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaşlı bireyler, geniş bant timpanometri, DPOAE

ABSTRACT

Tekin Dal B., The Effect of Air-Bone Gap Observed at High Frequencies on Wide Band Tympanometry and DPOAE Responses in Geriatrics, Hacettepe University, Graduate School of Health Sciences, Philosophy Thesis in Audiology and Speech Disorders Programme, Ankara, 2019. Some anatomical, histological, and physiological changes occur in the external and middle ear depending on aging. In this study, we investigated the wideband tympanometry results of elderly people and different old age groups and looked for the relationships of the wideband tympanometry results of elderly people with behavioral and electrophysiological (distortion-product otoacoustic emission) test results. In this context, 34 individuals over the age of 65 (60 old ears) were investigated in three subgroups according to the following age groups: Youngest-old (65-74 years), middle-old (75-84 years), and oldest-old (≥ 85 years). We found that there was a significant difference between the old and young groups for all assessment parameters of the wideband tympanometry measurements ($p < 0.05$). Regarding the elderly subgroups, contrary to expectations, we determined a significant inverse correlation in high-frequency absorbance values in the oldest-old group ($p < 0.05$). In elderly people, we found also a moderate positive correlation between the wideband tympanometry test results and behavioral audiometry and distortion-product otoacoustic emission tests in certain high-frequency fields. The findings obtained in this study showed that the middle-ear transfer of sound functions was more affected in the high-frequency range in the geriatric population and therefore we conclude that the high-frequency sound of transfer characteristics should be taken into consideration during the audiological examination. In addition, the study results indicated that the wideband tympanometry results and behavioral audiometry and DPOAE test results may be used to cross-check in the audiological assessments in elderly people.

Key Words: Elderly, wideband tympanometry, DPOAE

İÇİNDEKİLER

ONAY	vi
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYAN	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. İşitme Sisteminin Anatomisi ve Fizyolojisi	3
2.2. Yaşlanma ile İşitme Sisteminde Meydana Gelen Anatomik ve Fizyolojik Değişiklikler	6
2.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybı	8
2.4. Yaşa Bağlı İşitme Kayıplarında Değerlendirme ve Müdahale	10
2.5. Geniş Bant Timpanometri	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Bireyler	22
3.2. Yöntem	24
3.3. Değerlendirme Parametreleri	25
3.4. İstatiksel Analiz	26
4. BULGULAR	28

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri	28
4.2. Geniş Bant Timpanometri Test Bulguları	29
4.2.1. Rezonans Frekansı Analiz Sonuçları	29
4.2.2. Ortam Basıncında, 1/3 Oktav Frekansların Absorbans Analiz Sonuçları	30
4.2.3. Tepe Basıncında, 1/3 Oktav Frekansların Absorbans Analiz Sonuçları	33
4.2.4. Ortam Basıncında ve Tepe Basıncında 107 Frekansın Absorbans Analiz Sonuçları	37
4.3. Davranışsal Odyometri Test Bulguları	41
4.4. Distorsiyon Ürünü Otoakusik Emisyon Test Bulguları	43
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
7. KAYNAKLAR	68
8. EKLER	
EK-1: Etik Kurul Onayı	
EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

A-GBT	Averajlanmış Geniş Bant Timpnogram
cm³	Santimetreküp
daPa	DekaPaskal
DKY	Dış Kulak Yolu
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DPOAE	<i>Distorsion Product Otoacoustic Emission</i> (Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyon)
HKA	Hava Kemik Aralığı
HYE	Hava Yolu Eşiği
Hz	Hertz
KAE	Konuşmayı Anlama Eşiği
KYE	Kemik Yolu Eşiği
ml	Mililitre
OAE	Otoakustik Emisyon
RF	Rezonans Frekansı
SBS	Ses Basınç Seviyesi
SGO	Sinyal Gürültü Oranı
SOK	Superior Olivary Komplex
teSBS	Tepe Eşdeğer Ses Basınç Seviyesi
TG	Timpanometrik Gradyan
TTB	Timpanometrik Tepe Basıncı
GBT	Geniş Bant Timpanometri
V_{ek}	Eş Değer Kulak Kanalı Hacmi
Y_{tm}	Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Akustik admitans (Ya) ve alt bileşenleri	14
2.2.	Timpanogram ve değerlendirme parametreleri	15
2.3.	Geniş bant timpanometri ölçüm çıktıları	20
4.1.	Genç ve yaşlı grupların ortam ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri	39
4.2.	Yaşlı alt gruplarının ortam ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri	40

TABLULAR

Tablo		Sayfa
4.1.	Grupların cinsiyet açısından tanımlayıcı ve karşılaştırma analizleri	29
4.2.	Genç ve yaşlı gruplara ait RF değerleri ve karşılaştırma sonuçları	30
4.3.	Yaşlı alt gruplarına ait RF değerleri ve karşılaştırma sonuçları	30
4.4.	Genç ve yaşlı grupların ortam basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	31
4.5.	Yaşlı alt gruplarının ortam basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	32
4.6.	Ortam basıncında absorbands değerlerinin, yaşlı alt grupları arasında ikili karşılaştırma sonuçları	33
4.7.	Genç ve yaşlı grupların tepe basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	34
4.8.	Yaşlı alt gruplarının tepe basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları	35
4.9.	Tepe basıncında absorbands değerlerinin, yaşlı alt grupları arasında ikili karşılaştırma sonuçları	37
4.10.	Yaşlı bireylerde GBT test sonuçları ile HKA değerleri arasındaki ilişki	43
4.11.	Genç ve yaşlı gruplara ait SGO değerleri ve karşılaştırma sonuçları	44
4.12.	Yaşlı bireylerde GBT test sonuçları ile SGO değerleri arasındaki ilişki	45

1. GİRİŞ

Akustik immitansmetri alt testlerinden olan timpanometri, orta kulak ses iletim fonksiyonunu değerlendirmede ve ses iletim yolundaki patolojileri tanımlamada kullanılmaktadır (1,2). Ayrıca timpanometri ölçüm sonuçları, davranışsal ve elektrofizyolojik odyometri test sonuçlarını yorumlamada da kullanıldığından, klinik açıdan çok önemli bir yere sahiptir. Timpanometrik ölçüm sonuçlarını etkileyebilecek bireysel değişkenlerin (yaş, cinsiyet vb.) diğer odyolojik test (davranışsal ve elektrofizyolojik) sonuçlarını da etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (2).

İşitme sisteminde yaşlanmaya bağlı olarak birtakım değişiklikler meydana gelir. Anatomik çalışmalar, yaşlanma sürecinde dış kulak yolu, kulak zarı, ortak kulak boşluğu ve kemikçiklerde görülen değişiklikleri net bir şekilde ortaya koymaktadır (3-5). Bu süreçteki anatomik değişiklikler, sesin iç kulağa iletimini ve dolayısıyla timpanometrik ve diğer odyolojik test sonuçlarını da etkileyebilir. Yaşlanmanın orta kulak ses iletim fonksiyonundaki etkilerini inceleyen fizyolojik çalışmalarda; tek frekans timpanometri, multifrekans timpanometri veya daha yakın zamanlarda geniş bant timpanometri (GBT) ölçüm yöntemleri kullanılmıştır (6-12). Tek frekans ve multifrekans timpanometriyle yapılan çalışmaların farklı sonuçlar verdiği ve bazı durumlarda yetersiz kalabildiği görülmektedir. Bu çalışmalarda, elde edilen çelişkili sonuçların ölçüm yöntemlerinin hassasiyetlerinin düşük olmasına bağlı olduğu bildirilmektedir (6-9). Son yıllarda GBT ile yapılan çalışmalarda, yaşlanmanın orta kulak ses iletim fonksiyonlarını etkilediği, yaşa bağlı işitme kayıplarında farklı frekanslarda iletim tip bir komponentin de olabileceği, odyometrik frekans aralığında değerlendirme sağlayan GBT'nin yaşlanma etkilerini daha iyi tanımladığı ve daha hassas bir ölçüm sağladığı belirtilmektedir (10-12). Ayrıca yapılan çalışmalarda GBT sonuçlarının yaş, cinsiyet ve etnisite gibi demografik faktörlerden etkilendiği de bildirilmektedir (10-14). Yaşa bağlı işitme kayıplarında iletim tip komponentin varlığını araştıran çalışmalarda, orta kulak ses iletim mekanizmasında yaşlanmaya bağlı meydana gelen değişikliklerin diğer odyolojik test sonuçlarını da etkileyebileceği ve bu etkinin belirlenmesinin önemli olduğu bildirilmiştir (12, 15-17).

Bu çalışma, yaşlı bireylerde ve farklı yaşlı gruplarında dış ve orta kulakta meydana gelen anatomik, histolojik ve fizyolojik değişikliklerin orta kulak ses iletim fonksiyonu üzerine etkisini, orta kulak ölçümlerinde daha hassas sonuçlar verdiği bildirilen GBT ile değerlendirmek amacıyla planlanmıştır. Bunun yanısıra, yaşlı bireylerde, GBT sonuçları ile diğer odyolojik (davranışsal ve elektrofizyolojik) test sonuçları arasındaki ilişki de incelenmiştir. Böylece yaşlı bireylerde, GBT sonuçları ile diğer odyolojik test sonuçlarının çapraz test kontrollerinde birlikte kullanılıp kullanılmayacağını ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda çalışmanın hipotezleri aşağıdaki gibidir;

1-H₀: Yaşlanmaya bağlı orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana gelen değişiklikler, GBT sonuçlarını etkilememektedir.

1-H₁: Yaşlanmaya bağlı orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana gelen değişiklikler, GBT sonuçlarını etkilemektedir.

2-H₀: Yaşlı bireylerde yaş artışı, GBT sonuçlarını etkilememektedir.

2-H₁: Yaşlı bireylerde yaş artışı GBT sonuçlarını etkilemektedir.

3-H₀: Yaşlı bireylerde GBT bulguları ile davranışsal odyometri test bulgularından hava kemik aralığı değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

3-H₁: Yaşlı bireylerde GBT bulguları ile davranışsal odyometrik test bulgularından hava kemik aralığı değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

4-H₀: Yaşlı bireylerde GBT bulguları ile distorsiyon ürünü otoakustik emisyon test bulgularından sinyal gürültü oranı değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

4-H₁: Yaşlı bireylerde GBT bulguları ile distorsiyon ürünü otoakustik emisyon test bulgularından sinyal gürültü oranı değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

1. GENEL BİLGİLER

2.1. İşitme Sisteminin Anatomisi ve Fizyolojisi

İşitme sistemi periferik işitme sistemi ve santral işitme sistemi olarak iki kısımda incelenir. Periferik işitme sistemini dış kulak, orta kulak, iç kulak ve koklear sinir, santral işitme sistemini ise koklear nukleuslar, superior oliver kompleks (SOK), lateral lemniskus, inferior kollikulus, medial genikulat cisim, işitsel subkorteks (subkortikal beyaz cevher ve bazal ganglion alanı), korteks ve interhemisferik bağlantılar (korpus kallozum) oluşturur (18).

Dış kulak; kulak kepçesi, dış kulak yolu (DKY) ve kulak zarı dış yüzü olmak üzere üç ana komponentten oluşur. Üzeri deriyle örtülü, elastik kartilajdan oluşan kulak kepçesinin girintili ve çıkıntılı bir yapısı vardır. Çevre seslerinin toplanması, DKY'na iletilmesi, ses lokalizasyonu, kulak kanalının korunması ve seslerin amplifikasyonu (4500 Hz'de) fonksiyonlarına sahiptir (19). Yaklaşık 25 cm uzunluğunda dar bir kanal olan DKY'nun şekli eliptiktir ve kulak zarına yaklaşırken aşağı doğru kıvrılır. Üzeri deri ile kaplı DKY'nun, 1/3'lük dış kısmı kıkırdak 2/3'lük iç kısmı kemik dokudan oluşur. Kıkırdak kısmındaki deri dokusunda serumen salgılayan bezler bulunur. Kanalin dar, kıvrımlı yapısı ve serumen salgısı işitsel sistemin kalan kısmını zararlı yabancı cisimlerden korur (20). Rezonans özelliği de olan DKY, sesi kulak zarına iletir (18).

Orta kulak; mukoza ile kaplı yaklaşık 2 cm³ hacminde içi hava dolu bir boşluktur. Kulak zarı iç yüzü, malleus, inkus ve stapes olarak bilinen kemikçik zincir, bu kemikçikleri orta kulağa ve birbirine bağlayan kas ve ligamentler ile hava basıncını düzenleyen östaki borusu, orta kulakta yer alan önemli yapılardır. Seslerin iç kulağa iletimi, iletilen bu seslerin amplifikasyonu ve iç kulağı yüksek şiddetli seslerden koruma gibi temel görevleri bulunur. Ses dalgaları hava dolu dış kulaktan içi sıvıyla dolu olan iç kulağa geçerken ortam yapılarının farklılığından dolayı bir direnç ile karşılaşır. Bu direnç yaklaşık olarak ses şiddetinde 30dB'lik bir kayıba neden olur. Orta kulak, kemikçik zincirinin kaldıraç etkisi ve aktif titreşen kulak zarı alanı (55mm²) ile stapes tabanı alanı (3.2mm²) arasındaki farkın oluşturduğu etkiyle (alanlar arası oran) ses dalgalarının enerjisini artırır. Böylece dış ve iç kulak

ortamları arasındaki empedans uyumsuzluğu nedeniyle oluşan 30 dB'lik kaybı kompanse eder (18-20).

İç kulak; temporal kemiğin petröz parçası içine yerleşmiş, işitme (koklea) ve denge (vestibüler) organlarından oluşur (19). Koklea, modiolus denen koni biçiminde yumuşak bir kemik etrafında iki buçuk kıvrım yapmış, salyangoza benzeyen işitme organıdır. Modiolusun içinde koklear sinir liflerinin ve damarların geçtiği kanallar bulunur. Koklea, baziller membran ve Reissner membranıyla üç kanala (skala vestibuli, skala media, skala timpani) ayrılır. Skala media (duktus koklearis), potasyumdan zengin sodyumdan fakir endolenf ile dolu iken skala vestibuli ve skala timpani, potasyumdan fakir sodyumdan zengin perilenf ile doludur. Skala medianın alt duvarını baziller membran, üst duvarını Reissner membranı oluşturur. Yan-dış kısmında ise lateral duvar denen bir tabaka yer alır. Bu tabakanın en dış kısmında spiral ligament olarak isimlendirilen bir bağ dokusu bulunmaktadır. Spiral ligamentin iç yüzeyinde ise endolenfle komşu, damardan zengin, çok katlı epitelden oluşan stria vaskularis yer alır. Stria vaskularis endolenfatik iyon miktarlarının ayarlanmasından sorumludur. Baziller membran; modiolusdan uzanan iki ince yaprak şeklindeki lamina spiralis ossea'nın lateralinden başlar ve spiral ligament içinde sonlanır. Lamina spiralis ossea'yı oluşturan ince yapraklar arasında modiolusa uzanan kanallar bulunur. Baziller membran kokleanın stapese yakın olan bazal kısmında dar ve sert iken, apikale doğru çıktıkça genişler ve daha gevşek olur. Baziller membranın üzerinde tüy ve destek hücrelerinden oluşan "korti" olarak adlandırılan reseptör bir organ bulunur. Korti organındaki tüy hücreleri mekanik ses enerjisini elektrik sinyallerine dönüştüren hücrelerdir. İç tüy ve dış tüy hücreleri olmak üzere iki tiptir. Korti organında yanyana üç sıra halinde dizili şekilde yaklaşık 13.000 kadar dış tüy hücresi ve tek sıra halinde dizili yaklaşık 3500 kadar iç tüy hücresi vardır. Tüy hücrelerinin apikal kısmında 6-7 sıra stereosilia denen, kokleanın bazal kısmından apikal kısmına gittikçe uzunlukları artan, sert mikrovilluslar bulunur. Ayrıca stereosilioların uzunlukları içten dışa doğru da gittikçe artar. İç tüy hücrelerinin stereosilioları daha kalındır. Skala mediada korti organının üzerini örten tektorial membran olarak isimlendirilen bir membran yer almaktadır. Dış tüy hücrelerinin en uzun stereosilioları tektorial membranın alt yüzeyine bağlanırken, iç tüy hücrelerinin

sterosilyaları ile tektorial membranın bağlantısı bulunmaz. Kokleanın bazalinde yüksek frekanslı sesler, apikalinde alçak frekanslı sesler algılanır (18-20).

Koklear sinir, afferent ve efferent lifler içerir. Afferent liflerin hücre gövdeleri modiolusda bulunan spiral gangliondadır. Efferent lifler ise SOK'dan başlar. Afferent nöronlar bipolar nöronlardır. Kısa kol olan dentritler, lamina ossea'nın içindeki kanallardan geçerek korti organına ulaşır. Uzun kol olan aksonlar ise işitme sinirini oluşturarak 8. kranial sinire katılır. Spiral ganglionda tip I ve tip II olmak üzere iki tip afferent nöron bulunur. Liflerin %90 – 95'ini oluşturan tip I afferentler miyelinlidir ve her nöron bir iç tüy hücresi ile sinaps yapar. Liflerin %5 – 10'unu oluşturan tip II afferentler ise miyelinsizdir ve birden çok dış tüy hücresi ile sinaps yapar. Lateral superior oliver nukleusdan başlayan efferent lifler, tip I afferent sinyal kompleksinin bütünleşik bileşenidir ve tip I afferent liflerin modülasyonunda önemli rol oynarken, medial superior oliver nukleusdan başlayan lifler dış tüy hücrelerini innerve eder. Afferent lifler, koklea gibi tonotopik organizasyona sahiptir. Yüksek frekans bölgesinden bilgi taşıyan lifler koklear sinirin dış kısmında, alçak frekans bölgesinden bilgi taşıyan lifler ise iç kısımda yer alır (18, 21-22).

Koklear nukleuslar, santral işitsel sisteminin başlangıç noktasıdır. Kaudal pons'un lateroposteriorunda yer alır. Korti organının tüm afferent lifleri aynı tarafta yer alan koklear nukleuslar ile sinaps yapar. Koklea ve koklear sinir gibi tonotopik organizasyona sahiptir. Kokleanın bazalinden gelen ve yüksek fekans bilgisini taşıyan lifler dorsal koklear nukleuslarda, apikalinden gelen ve alçak frekans bilgisini taşıyan lifler ventral koklear nukleuslarda sonlanır. Koklear nukleusdan çıkan liflerin bir kısmı ipsilateral ilerlerken bir kısmı ise kontrolateral ilerler (18).

Superior oliver kompleks, koklear nukleuslardan sonra liflerin ikinci durak noktasıdır. Ponsta yer alır. Sağ ve sol koklear nukleusdan lif alır. Superior oliver kompleks; medial superior oliver nukleus, lateral superior oliver nukleus, trapezoid cismin medial nukleus ve perioliver nukleus olmak üzere birkaç nukleustan oluşur. İpsilateral ve kontralateral koklear nukleuslardan uyarı alan SOK, sesin lokalizasyonunu ve lateralizasyonunu belirlemede rol alır. Superior oliver kompleks'den çıkan lifler lateral lemniskus, inferior kollilusta ve medial genikulata ilerler (18,19).

Superior oliver kompleks'den sonra yer alan işitsel santral yollar ve bağlantılar; Musiek ve Sandford tarafından yazılan kitapta şu şekilde anlatılmaktadır. Lateral lemniskus; dorsal, ventral ve intermediate olmak üzere üç majör nukleustan oluşur. Bu nukleuslar hem afferent hem de efferent ipsilateral ve kontralateral lifler gönderir. Burada yer alan nukleuslar da tonotopik organizasyona sahiptir. Dorsal nukleus alçak frekans bilgisini taşıyan liflerle, ventral nukleus yüksek frekans bilgisini taşıyan liflerle sinaps yapar. Dorsal ve ventral lateral lemniskus interaural zaman ve şiddet farklılıklarına duyarlıdır. İnfirior kollikulus; mezensefalonda yer alır. Koklear nukleus, lateral lemniskus, Superior oliver kompleks'dan ipsilateral ve kontraletaral lifler alır. Çoğunlukla medial genikulat cisim olmak üzere daha üst merkezlere lifler gönderir. Dorsal, santral ve eksternal olmak üzere üç çeşit nukleus vardır. Santral nukleuslar tonotopik organizasyon gösterir. Medial genikulat cisim; talamusta yer alır. İnfirior kollikulusdan afferent lifler alır. Sesin lokalizasyonu, lateralizasyonu, temporal kodlama fonksiyonları vardır. İşitsel korteks ve subkorteks; medial genikulat cisimden uyarılar alır. İşitsel korteks, sinir liflerinin çekirdeği olan gri cevherden, subkorteks hem beyaz hem de gri cevherden oluşur. Kore, belt ve parabelt alanlarına sahip olan pimer işitsel korteks, beynin diğer işitsel ve işitsel olmayan alanları ile bağlantı kurar (18).

2.2. Yaşlılığa Bağlı İşitme Sisteminde Meydana Gelen Değişiklikler

Tanımında belli bir standart ölçüt olmayan yaşlılığın; fizyolojik, psikolojik, sosyolojik ve kronolojik ölçütlere göre birkaç tanımı bulunmaktadır. Ancak çoğu araştırmada, uluslararası kabul görmesi nedeniyle Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tanımı kullanılır. Kronolojik ölçütü temel alan DSÖ, 65 yaş ve üstünü yaşlılık olarak tanımlar (23). Gerontolojistler de kronolojik olarak yaşlılığı genç yaşlı (65 – 74 yaş), orta yaşlı (75 – 84 yaş) ve ileri yaşlı (85 yaş ve üstü) olmak üzere üç döneme ayırmışlardır (24).

Yaşlanmaya bağlı olarak tüm sistemlerde olduğu gibi işitme sisteminde de bazı anatomik ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir. Yaşlanmayla birlikte kulak kepçesi ve dış kulak yolu elastikiyetini kaybeder, dış kulak kanalının kıkırdak kısmında bulunan yağ ve serumen bezlerinin sekresyonu azalır. Sekresyondaki bu azalma ile dış kulak kanalını örten deride kuruluk, dehidratasyon gibi birtakım

değişiklikler meydana gelir ve deri travmalar karşısında bütünlüğünü daha kolay kaybeder. Yetersiz epitel atılımı serumenin yoğunluğunu ve katılığını artırır. Kulak kanalındaki kıl folliküllerinin boyunda ve kalınlığında artış olur. Kulak kepçesi ve dış kulak kanalının 1/3'lük dış kısım kırkırdığında büyüme görülür. Tüm bu morfolojik değişiklikler dış kulağın rezonans ve hava yolu iletim özelliklerinde bozulmalara neden olur (25,26).

Anatomik çalışmalar, yaşlanmanın orta kulakta sertlik etkisinin artmasına neden olduğunu desteklemektedir. Işık ve elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde yaşlanmaya bağlı olarak kulak zarının elastikiyetini kaybettiği, özellikle orta fibröz tabakada daha fazla sertlik (rijit) olduğu, vaskülaritesinde ve kollojen yapısında azalma meydana geldiği bulunmuştur (5). Yapılan bir histolojik çalışmada, yaşlanmayla inkudo-malleol ve inkudo-stapedial eklemlerde artiritik değişiklikler meydana geldiği ve orta kulak kemikçik zincirine ait bağlarda da bozulmalar olduğu gösterilmiştir (4).

Sensöriyel, nöral, vasküler, metabolik, destekleyici, sinaptik ve mekanik gibi çeşitli fonksiyonel komponentlerden oluşan iç kulak, orta ve dış kulağa göre yaşa bağlı değişikliklerden daha fazla etkilenmektedir. İç kulakta yaşlanmaya bağlı olarak meydana gelen değişiklikler, insan temporal kemiğinin histopatolojik çalışmaları ve hayvan modelleri ile ortaya konmuştur. Tüy ve destekleyici hücrelerde azalma, korti organında atrofi, spiral laminadaki sinir liflerinde kayıp, spiral ganglion hücrelerinde progresif kayıp ve dejenerasyon, afferent nöronlarda kayıp, işitsel sinirde azalmış aktivite, koklear lateral duvar ile stria vaskülarisde atrofi, koklear endolenfatik potansiyelde azalma, baziller membranda atrofi ve elastikiyet kaybı yaşlanmayla ortaya çıkan en temel değişikliklerdir (27). Tüy hücre kaybı ilk olarak dış tüy hücrelerinde ve kokleanın bazal kısımda başlar. Dış tüy hücrelerinin dış sıralarında dejenerasyon diğer sıralara göre daha şiddetlidir. Dış tüy ve iç tüy hücre dejenerasyonu birbirinden bağımsız olarak meydana gelir. Bununla birlikte iç tüy hücre kaybı ile ganglion hücre kaybı hemen hemen her zaman ilişkilidir. Ganglion hücre kaybının lokalizasyonu ve miktarı ile saf ses eşikler arasında ilişki vardır. İşitme kaybı ilk olarak bu nöral birimdeki hücre sayısı, akustik enerjinin işlenmesi için gerekli olan sayının altına düştüğünde ortaya çıkar. Koklear sinirin

aksiyon potasyelinde ve nöral inhibisyonda azalma ile nörotransmitter seviyelerinde görülen değişiklikler de yaşla ilgili olarak meydana değişikliklerdir (28).

Periferik işitsel sistemde meydana gelen değişiklikler santral işitsel sistemi de etkiler. Özellikle periferik sistemden kaynaklanan işitsel yoksunluk, mezensefalon ve korteksin tonotopik organizasyonunu bozar. Yaşlanmaya bağlı olarak periferik ve santral işitsel sistemde meydana gelen değişiklikler, işitsel kortekste reorganizasyona neden olur böylece tonotopik haritanın bozulmuş alanlarına bitişik olan bozulmamış alanlar, daha duyarlı hale gelir (28).

Santral işitsel sistemin ilk bölümü olan koklear nukleuslarda, yaşlanmaya bağlı olarak nöronların sayısında, hacminde ve boyutlarında azalma olur. Ayrıca, kalsiyum bağlayıcı proteinlerdeki değişiklikler kalsiyum homeostazını bozar ve bu durum koklear nöronlarda dejenerasyona neden olur. Koklear nukleuslardan aldığı bilgiyi daha üst merkezlere taşıyan SOK'da ise yaşlanmayla özellikle trapezoid cisim medial nukleusunda dejenerasyon ve sinaptik terminallerde kayıplar olur. Santral işitsel sistemin bir sonraki durağı olan inferior kolliskulusda, akustik uyarıların zamansal işlenmesini etkileyen sitokimyasal değişiklikler meydana gelir. Gelen işitsel sinyallerin akustik özelliklerini değiştirerek (iyileştirme, filtreleme) korteks ve subkortikal yapılara ileten medial genikulat cisiminde ise yaşlanmayla birlikte inhibitör nörotransmisyon defisitleri ortaya çıkar. Yapılan hayvan deneylerinde, işitsel kortekste yaşlanma ile birlikte kalsiyum bağlayıcı pozitif nöron sayısında azalma, reseptif alan nöronlarının sayısında ve ateşlemesinde azalma olduğu ortaya konmuştur. İnsan üzerinde görüntüleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalarda ise yaşlanmayla birlikte primer işitsel korteksin gri cevher hacminde azalma, işitsel korteksin yanındaki alanlarda ise hem beyaz hem de gri cevher hacminde azalma olduğu belirlenmiştir (27).

2.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybı

İşitme, çeşitli mekanizmaların rol aldığı kompleks bir fonksiyondur. Bu mekanizmalar ve fonksiyonları yaşlanmadan etkilenir (29,30). İlk kez Zwaardemaker tarafından 1893 yılında kullanılmış ve “yaşlılıkta işitme” anlamına gelen presbiakuzi teriminin (30) yerine, günümüzde “yaşa bağlı işitme kaybı” (*age-related hearing loss-ARHL*) teriminin kullanımı daha çok tercih edilmektedir (31).

Tüm dünyada, yaşa bağlı işitme kaybı prevalansının %30 ile %40 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu oran yaşam süresinin uzamasına bağlı olarak her yıl artmaktadır. 2050 yılına kadar dünyadaki toplam nüfusa göre yaşlı nüfus oranının yaklaşık %22'ye ulaşacağı (1.2 milyon) ve 500 milyondan fazla yaşlı bireyin, yaşa bağlı işitme kaybından önemli ölçüde etkileneceği öngörülmektedir (30,32). Ülkemizde ise 2050 yılında yaşlı nüfus oranının %20,8'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (33).

Yaşa bağlı işitme kaybının birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenler; genetik yatkınlık, çevresel faktörler ve tıbbi durumlar olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilir. Yaşa bağlı işitme kaybında genetik yatkınlıkla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, glutamat metabolizmasında yer alan "*Glutamat Metabotropik Reseptör 7 (GRM7)*" geninin, yaşa bağlı işitme kaybında etken olduğu bildirilmektedir. Kronik orta kulak enfeksiyonları, hipertansiyon, diyabet, ateroskleroz, hormonlar (cinsiyete bağlı farklılık gösterenler dahil) işitme kaybı riskini artıran tıbbi durumlardır. Sigara kullanımı, gürültüye maruz kalma, kimyasallar ve ototoksik ilaçlar da çevresel etyolojik faktörler arasında yer almaktadır (29-32).

Yaşa bağlı işitme kaybı, araştırmacılar arasında farklı şekilde yorumlanmaktadır. Bazı araştırmacılar, yaşlılığın neden olduğu kokleadaki değişikliklerden kaynaklanan işitme bozukluğu şeklinde tanımlarken, diğerleri işitsel sistemin tüm kısımlarında meydana gelen değişikliklerden dolayı ortaya çıkan işitme bozukluğu olarak tanımlamaktadır (30).

İç kulak ve iç kulağın santral bağlantılarında yaşlılığa bağlı meydana gelen değişiklikler çok iyi bir şekilde ortaya konmuştur. Schuknet 1974 yılında yaşa bağlı işitme kayıplarını; kokleada meydana gelen histopatolojik değişikliklere, vaka öyküsüne ve odyometrik konfigürasyonlara göre dört alt başlıkta sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre yaşa bağlı işitme kayıpları, tüy ve destek hücrelerinin kaybına bağlı olarak yüksek frekanslarda belirgin düşüş gösteren "*senröriyel tip presbiakuzi*", afferent nöronların kabıyla oluşan ve konuşmayı anlama skorlarında ciddi düşüş gözlenen "*nöral tip presbiakuzi*", lateral duvar ve stria vaskülaris atrofisi sonucu, flat işitme kaybının olduğu "*strial tip presbiakuzi*" ve baziller membranın elastiketin kaybı nedeniyle yüksek frekanslara doğru tedrici işitme kaybının olduğu

“*koklear kondüktif tip presbiakuzi*” olarak gruplandırılmıştır (31). Daha sonra Schuknet ve Gacek 1993 yılında yaptıkları başka bir çalışmada yukarıda belirtilen patolojik özelliklerin bir arada görüldüğü “*mikst tip presbiakuzi*” ve yukarıda sayılan hiçbir patolojiyi içermeyen “*belirsiz (indeterminate) tip presbiakuzi*” olmak üzere bu sınıflandırmaya iki alt başlık daha eklemiştirler (31,34). Ancak bu sınıflandırmanın aksine yaşa bağlı işitme kaybının birçok nedeni vardır. Yaşa bağlı işitme kaybı, sadece iç kulakta meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmayıp, aynı zamanda orta kulaktaki değişikliklerden ya da santral sinir yolları boyunca meydana gelen çoklu değişikliklerden de kaynaklanabilir (30). Uzun yıllar yaşlılarda iletim tipi işitme kaybı ile ilgili çalışmalar diğer kategorilere göre daha az ilgi görmüş, hatta yaşlanmaya bağlı olarak işitsel sistemin ses iletim mekanizmasında meydana gelen değişikliklerin işitme bozukluğuna neden olacak kadar ciddi bir rol oynamadığı ileri sürülmüştür. Oysa günümüzde bu bulgunun dış/orta kulağı değerlendiren cihazların teknolojisinden kaynaklandığı ve orta kulağın dinamik özelliklerinde yaşlanmaya bağlı olarak bazı değişiklikler olduğu ortaya konmuştur (6,7,10,35).

Sonuç olarak yaşa bağlı işitme kayıplarında iletim tip, sensörinöral tip ve santral işitsel bozukluklar görülebilmektedir (36). Bu nedenle, yaşlılarda doğru teşhis ve uygun müdahaleyi sağlayabilmek için dış, orta ve iç kulak değerlendirmeleri ile birlikte santral işitsel yolların ve işlemlenin de değerlendirilmesi çok önemlidir (35,37)

2.4. Yaşa Bağlı İşitme Kayıplarında Değerlendirme ve Müdahale

Yaşa bağlı işitme kayıplarında değerlendirme; anamnez, fiziki muayene ve işitme testlerini içerir. Hastaların durumunu daha doğru bir şekilde ortaya koymak ve elde edilen bilgiler doğrultusunda en uygun müdahaleyi planlamak için temel yaklaşımlara ek olarak santral işitsel ve mental değerlendirmeler de yapılmalıdır (37).

Kulak Burun Boğaz uzmanı tarafından dış kulak yolu ve kulak zarının otoskop ile incelenmesini içeren fiziki muayeneden sonra anamneze geçilir. Anamnezin, hastayı yormamak ve dikkatini kaybetmemek için uzun sürmemesi, sessiz ve rahat bir ortamda alınması tavsiye edilmektedir. Şikâyetin süresi, progresyonu, etyolojik risk faktörleri (gürültüye maruz kalma, ototoksik ilaç

kullanımı, aile öyküsü gibi) ve eşlik eden diğer semptomların (tinnitus, baş dönmesi gibi) varlığı sorgulanmalıdır. Daha sonra periferal işitsel sistem fonksiyonunun değerlendirilmesine geçilir. Periferal işitsel sistem değerlendirilmesi, subjektif testler (saf ses odyometri, konuşma odyometrisi) ve objektif testler (immitansmetri, otoakustik emisyon testleri) olmak üzere iki başlık altında listelenebilen temel odyolojik değerlendirme yöntemlerini içerir (30,37).

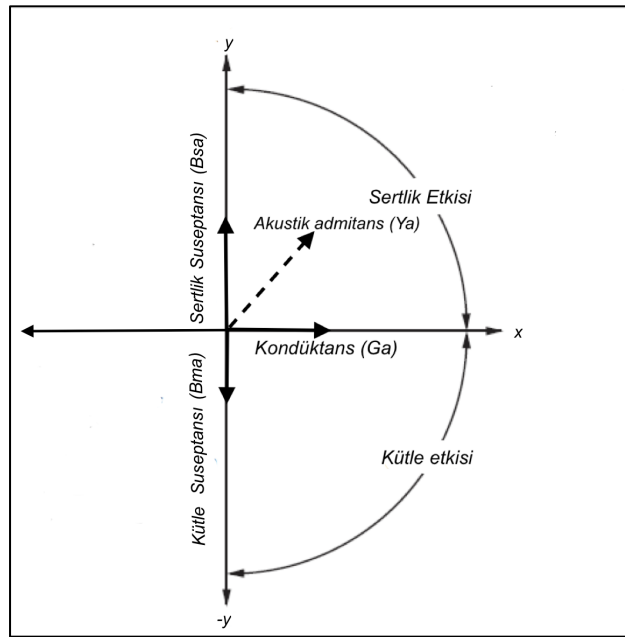
Saf ses odyometri ve konuşma odyometrisi testleri; uygun müdahalenin belirlenmesi, müdahale öncesi ve sonrası sonuçlarının karşılaştırılması açısından çok yararlı bilgiler sağlar. Saf ses odyometri testinde hava yolu ve kemik yolu işitme eşikleri belirlenir (38). Akustik enerji, hava ve kemik olmak üzere iki yol ile kokuyla ulaşır. Hem hava hem de kemik yol ile iletilen akustik enerji, kokleada aynı bölgeyi uyarır. Odyolojik açıdan hava ve kemik yolu işitmenin değerlendirilmesi, iletim ve sensörinöral tip işitme kayıplarının ayırıcı tanısında önemli bir yere sahiptir. Hava yolu iletim, çevreden gelen seslerin DKY'dan başlayıp oval pencereye kadar iletiildiği ve akustik enerjinin kokleayı uyardığı ses iletim yoludur. Kemik yolu iletim ise daha karmaşık bir yoldur. Yapılan çalışmalar, akustik enerjinin kemik yolu iletimi ile ilgili farklı mekanizmalar olduğunu göstermektedir. Bu mekanizmalar, ses titreşimlerinin kafatasına ulaşması ve kafatasının titreştirmesi sonucu titreşimleri kokleaya ileten, kokleanın uyarılmasını sağlayan yollardır. Mekanizmalardan biri, dış kulak yoludur. Kafatası titreştiğinde, dış kulak yolunun titreşmesine neden olur. Bu durum dış kulak kanalındaki hava partiküllerini hareketlendirir ve titreşimler hava yolu ses iletiminde olduğu gibi kokleaya iletilir. Bir diğer kemik yolu iletim mekanizması ise orta kulak kavitesidir. Kafatasında meydana gelen titreşimler, orta kulak kavitesinin esnekliği (komplians özelliği) sayesinde, titreşimlerin kemikçiklere iletilmesini ve uyarının kokleaya ulaşmasını sağlar. Orta kulak kemikçiklerinin hareketsizliği (eylemsizliği) bir başka kemik yolu iletim mekanizmasıdır. Orta kulak kemikçikleri, orta kulak kavitesinin kemik duvarlarına ligament ve tendonlar ile bağlanır. Bu yapılar sayesinde orta kulak kavitesinde hareketsiz kalırlar. Kafatası titreşimleri bu bağ ve tendonlar aracılığıyla da orta kulak kemikçiklerini harekete geçirir ve akustik uyarınlar kokleaya ulaşır. Kemik yolu ile ses enerjisinin kokleaya iletiildiği diğer mekanizma, koklear sıvıların eylemsizliğidir. Temporal kemikte meydana gelen titreşimler, hareketsiz olan koklear sıvılarda basınç oluşturur. Bu

basınç, oval ve yuvarlak pencere arasında koklear sıvının akışına neden olarak, kokleada uyarı oluşturur. Kafatasında titreşim meydana getiren transvers dalgaların kokleanın duvarlarını oluşturan kemik dokuda sıkışmaya ve gevşemeye neden olduğu, bu durumda koklear sıvıyı harekete geçirerek uyarı oluşturduğu mekanizma ise kemik yolu iletimde koklear duvarların kompresyonu olarak bilinen mekanizmasıdır. Serebrospinal sıvı yoluyla basınç iletim mekanizması da uyarıların kokleaya iletiminde gösterilen bir başka kemik yolu iletim mekanizmasıdır. Bu mekanizmada, kafatası titreşimlerinin serebrospinal sıvıda basınç oluşturduğu, bu basıncın koklear kanal yoluyla koklear sıvılara iletiildiği belirtilmektedir. Ayrıca bu mekanizmaların farklı frekanslarda etkili olduğu, alçak frekanslarda (1kHz'in altındaki frekanslarda) koklear sıvının eylemsizlik mekanizmasının, orta frekanslarda (1 ila 3 kHz arasındaki frekanslarda) orta kulak kavitesinden iletim mekanizmasının, yüksek frekanslarda (4kHz'in üzerindeki frekanslarda) ise koklear duvarın kompresyon mekanizmasının daha etkili olduğu belirtilmektedir (39-41). Hava ve kemik yolu ile işitme eşiklerini belirlemede *Hughson-Westlake* protokolü kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu protokolde, kişinin rahat duyabileceği düşünülen ses şiddetinden başlanılır. Ses şiddeti 10 dB azaltılıp, 5 dB artırılarak işitme eşikleri belirlenir. Kemik yolu işitme eşiğinden hava yolu işitme eşiğinin çıkarılması ile elde edilen farka, hava kemik aralığı (HKA) denir. Orta kulak fonksiyonunun, klinik değerlendirme ölçütlerindedir. Bu değerin 15 dB ve üstünde olması, işitme kaybında iletim tip komponent varlığını göstermektedir (38). Konuşma odyometrisi testinde ise konuşmayı algılama (tanıma) becerisi değerlendirilir. Yaşa bağlı işitme kayıplarında konuşulanları anlama ve günlük yaşamda karşılaşılan zorlukları belirlemek için gürültüde konuşmayı tanıma yeteneğinin ölçülmesi önerilmektedir (30,37).

İmmittansmetrik ölçümler, dış ve orta kulağın değerlendirildiği timpanometri testi ile iç kulak ve daha üst işitsel yolların değerlendirildiği akustik stapedial refleksi testi olmak üzere iki alt testten oluşur (42). Timpanometri, dış kulak kanalındaki basıncın değiştirilmesiyle orta kulağın akustik immitansını ölçen objektif bir testtir (43). Akustik immitans, orta kulak sisteminin akustik enerjiye gösterdiği direnci ifade eden akustik impedans (Z_a) ve akustik enerjinin orta kulak sisteminden geçiş kolaylığını ifade eden akustik admitans (Y_a) ile bunların alt bileşenlerini içeren genel

bir terimdir. Akustik impedans ve akustik admitans kavramı matematiksel olarak birbiri ile ters orantılı ($Y_a = 1/Z_a$), vektörel olarak da birbirinin zıttıdır (42,43). Orta kulağın sertlik, kütle ve sürtünme etkileri akustik admitansı ile akustik impedansı belirleyen temel akustik ve mekanik değişkenlerdir. Sertlik (*stiffness*) etkisi; kulak kanalı, kulak zarı, orta kulak kavitesinde yer alan hava, bağlar ve tendon yapılarından kaynaklanır. Kütle (*mass*) etkisi; kulak zarının pars flaccida kısmı, orta kulak kemikçikleri ve koklea içerisinde yer alan perilemf sıvısından kaynaklanır. Kulak zarı, orta kulak kavitesi kaplayan mukozanın viskozitesi, orta kulak kavitesinde yer alan tendonlar ve bağlar, orta kulak ve mastoid kavitedeki dar pasajlar ve kokleanın içerisinde yer alan perilemf viskozitesi de sürtünme (*friction*) etkisine neden olan yapılardır (44). Günümüzde kliniklerde yaygın olarak kullanılan akustik immittansmetri cihazları akustik admitansı ölçer. Akustik impedans yerine akustik admitansın ölçülmesinin iki temel nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, admitans ölçümlerinde kulak kanalına yerleştirilen prob ucu ile kulak zarı arasında kalan havanın hacmi, ölçüm sonucunda çizilen timpanogramların şeklini etkilemezken, impedans ölçümlerinde kulak kanalındaki havanın hacmi timpanogramların şeklini etkiler, taban çizgisini değiştirir, bu nedenle karmaşık hesaplamalar gerektirir. Akustik admitansın ölçülmesinin diğer nedeni ise, orta kulak durumundaki değişikliklere admitans ölçümleri sonucunda çizilen timpanogram şekillerinin daha duyarlı olmasıdır. Bu durum, timpanogram şekillerinin sınıflandırılmasını da sağlamıştır. Orta kulak ses iletim fonksiyonunun ölçümünde, ses iletimini etkileyen üç değişkenin (sürtünme, sertlik ve kütle) vektörel olarak toplanması ile elde edilen akustik admitans hesaplanır. Sertlik değişkeni, sertlik suseptansı (B_{sa}) olarak adlandırılır ve y ekseninde pozitif alanda yer alır. Kütle değişkeni, kütle suseptansı (B_{ma}) olarak adlandırılır ve y ekseninde negatif alanda yer alır. Sertlik ve kütle suseptansının vektörel toplamı (şekil 2.1.) veya cebirsel toplamı [$B_{sa} + (-B_{ma})$] toplam suseptans (B_a) değerini verir. Toplam suseptans vektörü pozitif alanda ise (veya cebirsel toplam değeri pozitif ise) orta kulak sistemi sertlik etkisi altında, toplam vektör negatif alanda ise (veya cebirsel toplam değeri negatif ise) orta kulak sistemi kütle etkisi altındadır. Akustik suseptans değeri, iletilen sesin frekansından etkilenir. Sürtünme değişkeni ise akustik kondüktans (G_a) olarak adlandırılır ve her zaman x ekseninde pozitif alanda yer alır. Akustik kondüktans

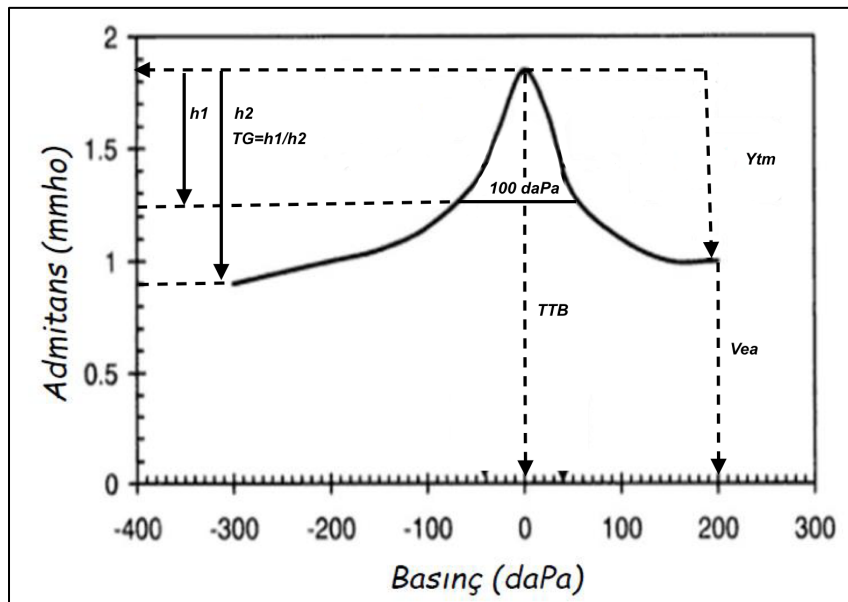
değeri, iletilen sesin frekansından etkilenmez, bir diğer deyişle iletilen sesin frekansı ne olursa olsun, her zaman sürtünme yapılarının etkisi altındadır. Gönderilen sesin ne kadarının orta kulak sisteminden geçtiğini veren akustik admitans değeri, toplam akustik suseptans ile akustik kondüktansın vektörel olarak toplanması ile hesaplanır (bkz şekil 2.1.). Akustik admitans değeri, sesin fiziksel özellikleri nedeniyle (yansınması ve emilinin değişimini etkilediğinden), iletilen sesin frekansına göre değişir. İletilen sesin frekansı arttıkça akustik admitans değeri artar (42).



Şekil 2.1. Akustik admitans (Y_a) ve alt bileşenleri

Timpanometri testi, çeşitli frekanslarda uyarınlar ile yapılmakla beraber, tek frekans (226 Hz/1000 Hz) uyarın kullanılarak yapılan değerlendirmeler kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek frekans (226 Hz) timpanometri testinde, timpanometrik tepe basıncı (TTB), kompanse edilmiş statik admitans (Y_{tm}), eşdeğer kulak kanalı hacmi (V_{ek}) ve timpanometrik gradyan (TG) sonuçların incelenmesinde kullanılan değerlendirme parametreleridir (Şekil 2.2.). Orta kulakta bulunan havanın basınç değerine TTB denir. Dış kulak yolu ile orta kulak basınç seviyesinin birbirine eşit, kulak zarı esnekliğinin en yüksek olduğu, dış kulak yolundan gelen ses enerjisinin orta kulağa geçişinin (admitansın) en fazla olduğu basınç seviyedir. Ölçüm sonucunda elde edilen timpanogramın en yüksek noktasından (tepe noktasından) x eksenine çizilen dik çizginin, x ekseninde geldiği noktadaki basınç değerini ifade eder. Birimi dekaPaskal (daPa)'dır. Y_{tm} , kulak zarının orta kulağa ve dış kulak

kanalına doğru hareketlerine göre orta kulak esnekliği (komplians) hakkında bilgi verir. Kulak zarının medial ve lateral yüzündeki basıncın eşit olduğu noktada ölçülen admitans değerinden, dış kulak kanalının admitansının çıkarılması ile elde edilir ve bu nedenle kompanse edilmiş olarak adlandırılır. Timpanogramda, tepe basınç noktasından y eksenine çizilen dik çizginin denk geldiği admitans değerinden, ± 200 daPa basınç noktasından y eksenine çizilen dik çizginin denk geldiği admitans değerinin çıkarılması ile elde edilir. Birimi ml, cm^3 veya mmho ile ifade edilir. V_{ek} , kulak zarının geçirgenliğinin sıfır olduğu ± 200 daPa noktasında, dış kulak kanalına yerleştirilen prob ucu ile kulak zarı arasında kalan havanın admitansını ifade eder. Timpanogramda ± 200 daPa noktasından y eksenine çizilen dik çizginin denk geldiği admitans değeridir. Birimi ml, cm^3 veya mmho ile ifade edilir. TG, ölçüm sonucunda elde edilen timpanogramın tepe eğiminin ölçüm değeridir. Timpanogramda ± 100 daPa noktasından x eksenine çizilen paralel çizgi ile tepe noktası arasındaki yüksekliğin, timpanogram yüksekliğine oranı ile elde edilir (42).



Şekil 2.2. Timpanogram ve değerlendirme parametreleri

Otoakustik emisyon (OAE) testleri; kokleadaki dış tüy hücreleri tarafından üretilen ses dalgalarının dış kulak yolundan kaydedilip, değerlendirdiği objektif odyometri testleridir. Klinik açıdan OAE testlerinin amacı, dış tüy hücrelerinin fonksiyonlarını değerlendirmektir. Buna ek olarak orta kulağın ses iletim fonksiyonu hakkında bilgi verir ve diğer odyolojik test bulgularının yorumlanmasına katkı sağlar.

Uyaran verilerek (uyarılmış OAE testi) ve uyaran verilmeden (spontan OAE testi) kayıtların alınmasına göre iki ana alt testi bulunmaktadır. Uyarılmış OAE testleri de kullanılan uyaran tipine göre, anlık uyarılmış OAE testi, distorsiyon ürünü OAE testi ve uyaran frekansı OAE testi olmak üzere sınıflandırılır. Distorsiyon ürünü OAE testi (DPOAE)'nin, 30 ile 50 dB arasında koklear işitme kayıplarında da yanıt elde edilebilmesi ve frekansa spesifik bilgi vermesi avantaj sağlamaktadır. DPOAE testinde, uyaran şiddetinin sabit tutulup frekansın artırılarak kayıtların alındığı (DP-gram) ölçüm yöntemi, kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır (45).

Yaşlı bireylerde işitsel işleme bozuklukları çok sık görülmektedir. Ayrıca işitme eşikleri normal olmasına karşın yaşlı hastaların %31'nin işitme bozukluğundan şikayetçi olduğu ve bu durumun santral işitsel yoldaki disfonksiyona bağlı olarak konuşulanları anlamadaki zorluktan kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Santral işitsel yolun fonksiyonunu değerlendirmeye yönelik olarak yapılan testler de aynı şekilde, objektif ve subjektif testler olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Objektif testler, iç kulaktan kortekse kadar sinir yollarını değerlendiren, üretildikleri yere ve ortaya çıktıkları zamana göre isimlendirilen işitsel uyarılmış potansiyelleri içeren odyolojik testlerdir. Bunlar; koklear potansiyeller (*Electrocochleography-EcochG*), işitsel beyinsapı cevabı (İBC), işitsel orta latans cevap (*Auditory Middle Latency Response-AMLR*), işitsel geç latans cevap (*Auditory Late Latency Response-ALLR*), kognitif potansiyeller (P300) ve *Mismatch Negativity* (MMN) testleridir. Subjektif testler, kendi içinde verbal (Monaural Konuşma Testleri, Dikotik Konuşma Testleri, Binaural Entegrasyon Konuşma Testleri) ve nonverbal (Rastgele Aralık Tespit Etme Testi, Frekans Patern Testi ve Süre Patern Testi gibi zamansal işlemlemeyi değerlendiren testler) olmak üzere ikiye ayrılır (30). Odyoloji kliniklerinde İBC, yaygın olarak kullanılan objektif odyometri testlerindedir. Kayıtlar, işitsel uyaranı takiben 1-7 ms içinde yedi dalga formundan oluşur ve ilk beş dalga klinik değerlendirmelerde kullanılır. Bu dalgaların ortaya çıkış süreleri, işitme siniri ve beyinsapının senkronize aktivitesi hakkında bilgi verir. Kayıtlarda elde edilen I. dalga işitsel sinirin periferik kısmından, II. dalga işitsel sinirin santral kısmından, III. dalga koklear nukleuslardan, IV. dalga SOK'dan, V. dalganın LL'dan kaynaklanır. İBC değerlendirmelerinde kliniklerde yaygın olarak dalga ve dalgalararası latans değerlerinde meydana gelen değişiklikler incelenir (46).

Yaşa bağılı işitme kayıplarında hastalarda zihinsel bozukluklar, depresyon, sosyal izolasyon ve anksiyete sıklıkla görülmektedir. Bunları değerlendirmek için geliştirilen anket ve ölçeklerin (yaşlılar için versiyonlarını) kullanımı da hastalara uygulanacak müdahale açısından önemlidir (37).

Yaşa bağılı işitme kaybını önleyen veya etkilerini geri çeviren bir müdahale mevcut değildir. Bununla birlikte günlük yaşam fonksiyonlarını ve iyi olma halini iyileştirebilen, işitme kaybının olumsuz etkilerini azaltabilen veya kompanse edebilen müdahale seçenekleri bulunmaktadır. Hastanın işitme kaybının tipine ve derecesine göre verilen işitme cihazları ilk ve etkili bir müdahale yöntemidir. Ancak yaşlı popülasyonun küçük bir kısmı işitme cihazlarından fayda görmektedir. İşitme kaybı şiddetinin artmasına bağılı olarak işitme cihazlarından fayda sağlanamayan durumlarda koklear implant, fonksiyonel iyileşmeyi sağlayan diğer müdahale seçeneğidir. İşitme kaybına bağılı olarak yaşam kalitesini etkileyen iletişim yeteneklerinin azaldığı durumlarda hastalara ek olarak işitsel rehabilitasyon (aktif dinleme eğitimi, konuşmanın okunması, iletişimi geliştirme gibi müdahaleleri içeren) uygulanmalıdır (32).

2.5. Geniş Bant Timpanometri

Ses iletim mekanizmasında rol alan dış ve orta kulak fonksiyonunun değerlendirildiği ölçüm yöntemi “akustik immitans veya immitansmetri” olarak adlandırılır. İmmitansmetri; timpanometri ve akustik stapedial refleksi testlerini içerir. Timpanometri, akustik uyarının iç kulağa aktarımını değerlendiren, ses iletim mekanizmasındaki patolojileri tanılamak amacıyla uygulanan akustik immitans alt testlerinden biridir. Kliniklerde konvansiyonel timpanometri, multifrekans timpanometri ve daha yakın zamanlarda ise GBT olmak üzere üç tip timpanometri kullanılmaktadır. Konvansiyonel timpanometri tek frekans (220 Hz, 226 Hz, 678 Hz veya 1000 Hz) prob ton, multifrekans timpanometri 226 Hz ila 2000Hz arasında çeşitli prob ton’lar, GBT ise 226 Hz ila 8000 Hz arasındaki frekansları içeren klik veya *chirp* uyarı kullanılarak uygulanan test yöntemleri olarak özetlenebilir (2,47).

Orta kulak anatomisi, fizyolojisi ve fonksiyonunun değerlendirilmesi ile ilgili ilk çalışmalar 16. Yüzyılın başlarında başlamıştır. 1932 yılında George van Bekeşy’nin insan kulağındaki akustik immitans konulu öncü çalışmalarıyla,

günümüzde orta kulağın değerlendirmesinde kullanılan akustik immitans ölçümlerinin temeli atılmıştır. Klinik ölçümleri 1940'lı yıllarda ilk geliştiren kişi Otto Metz olmasına rağmen 1960'lı yıllarda Terkildsen ve arkadaşları tarafından günümüzde kliniklerde yaygın olarak kullanılan tek frekans (226 Hz prob ton) elektroakustik immitans cihazı geliştirilmiş ve dünyaya tanıtılmıştır. Ancak bu cihazın kliniklerde kullanımının yaygınlaşması 1970 yılında Jerger'in, orta kulak patolojileri ile ilişkilendirilmiş timpanometri paternlerini (Tip A, Tip B ve Tip C timpanogramlar) sınıflandırması ile başlamıştır. 1972 yılında Granson-Stadler Şirketi tarafından 226 Hz, 678 Hz ve 1000 Hz prob tonu bulunan yeni bir klinik cihaz tanıtılmıştır. Bu cihaz, yetişkinlerde Tip D ve Tip E olmak üzere yeni iki timpanometrik paterninin elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bunun yanı sıra bu cihazın kullanımı ile edinilen bilgiler ve yapılan çalışmalara paralel olarak 226 Hz prob ton timpanometri ölçümünün, altı aylıktan küçük bebeklerin orta kulak fonksiyonunun güvenilir ve doğru değerlendirilmediği ortaya konmuştur. Timpanometride bir sonraki gelişme multifrekans timpanometri olmuştur. 1976 yılında Coletti ve arkadaşları tarafından çalışılan multifrekans timpanometri, 1985 yılında Virtual Corporation tarafından klinik olarak kullanılabilen bir ekipman olarak sunulmuştur. Multifrekans timpanometrinin orta kulak patolojilerini belirlemede tek frekans timpanometriye göre daha iyi olduğu, bebeklerde ise normal ve patolojik orta kulak durumlarını belirlemede daha duyarlı olduğu ileri sürülmüştür. Bu gelişmeleri, Douglas Keefe tarafından geliştirilen ve çalışma prensibi konvansiyonel timpanometriye benzemekle beraber, prob ton olarak klik veya *chirp* uyaran kullanılabilen GBT ölçüm yöntemi takip etmiştir (2).

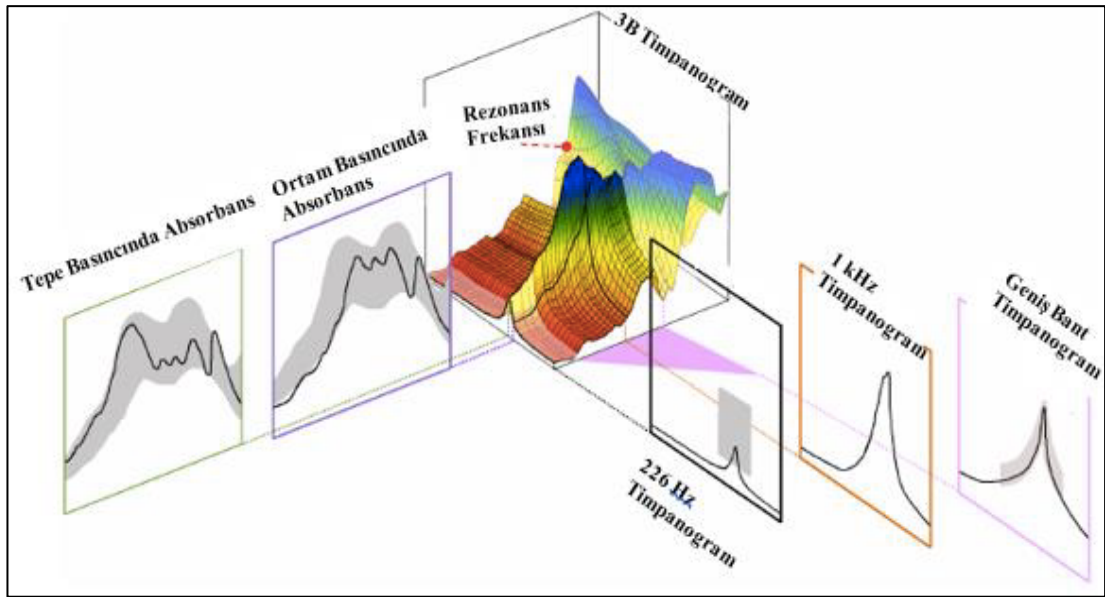
Orta kulak fonksiyonunu değerlendiren GBT, hızlı, güvenilir, uygun maliyetli, objektif bir değerlendirme aracıdır. Kulak kanalındaki yansıyan veya emilen ses enerjisini, konuşma ve lisanı anlama için önemli olan frekans aralığı boyunca ölçer. Eksternal basınç olmadan da dış ve orta kulağın sesi aktarma yeteğini değerlendirebilir. Konvansiyonel timpanometriden farklı bir terminoloji kullanılır. Ölçümler, enerji absorbans veya enerji reflektans şeklinde tanımlanmaktadır. Enerji reflektansı geri yansıyan akustik enerjinin kulak kanalına verilen akustik enerjiye oranının yüzdesi olarak tanımlanır. Enerji reflektansı, basınç reflektans $R(f)$ değeriyle hesaplanır. Basınç reflektansı $R(f)$, dış kulağa gönderilen ses dalgasına ait

ses basıncının, orta kulaktan yansıyan (reflekte olan) ses dalgasına ait ses basıncıyla karşılaştırılarak hesaplanır. Enerji reflektans değeri ise basınç reflektans büyüklüğünün karesine eşittir [$R = |R(f)|^2$]. Enerji reflektans değeri bir oranı ifade eder, birimi yoktur. Tüm enerjinin geri yansıdığını gösteren 0 ile tüm enerjinin emildiğini gösteren 1 değerleri arasında değerler alır. Enerji absorbands ise enerji reflektansın tersi veya orta kulak ve kulak kanalı tarafından absorbe edilen akustik enerjinin, cihaz tarafından kulak kanalına verilen akustik uyarının enerjisine oranının yüzde olarak ifadesidir. Bu durum “*enerji absorbandsı = %100 – enerji reflektansı*” şeklinde de ifade edilebilir (48,49). Geniş bant immitansmetreler, ölçüm yöntemine göre isimlendirilirler. Cihaz enerji reflektansını ölçüyorsa, genişbant reflektans timpanometre olarak, enerji absorbandsını ölçüyorsa genişbant absorbands timpanometri olarak adlandırılırlar (50).

Genişbant timpanometri ölçüm yöntemi ilk olarak 1982 yılında Stinson ve arkadaşları tarafından bir araştırma projesi olarak geliştirilmiştir. Bu proje kapsamında, 0 daPa’da yetişkin bireylerin enerji reflektans ölçümü yapılmıştır (51). Yaklaşık bir yıl sonra, Hudde (1983) tarafından yapılan araştırmada, dinamik basınç noktalarında enerji reflektansı ölçülmüştür. Ancak Hudde tarafından geliştirilen bu sistemin kliniklerde kullanımı, uygulama açısından pratik değildi (52). Keefe ve diğ. (53) tarafından, 1992 yılında ortam basıncında geniş bant enerji reflektansı ve geniş bant enerji absorbandsı ölçebilen sistem tanımlanmıştır. Günümüzde Mimosa Acoustics ve İnteacoustics firmaları tarafından üretilen, kliniklerde orta kulak değerlendirmelerinde kullanılmak üzere GBT ölçümü yapan, iki ticari sistem bulunmaktadır. Bu cihazlardan İnteracoustic Titan sistemi hem ortam basıncında hem de dinamik basınç noktalarında ölçüm yapabilmektedir (54).

İnteracoustics Titan sistemi ile yapılan GBT ölçümleri sonucunda, üç boyutlu timpanogram, 226 Hz timpanogram, 1000 Hz timpanogram, rezonans frekansında timpanogram, orta kulak rezonans frekansı, averajlanmış timpanogram grafikleri görüntülenir (Bkz Şekil 2.3.). Ayrıca ortam basıncında ve tepe basıncında 226 Hz-8000 Hz arasında yer alan 107 frekans noktasına ait absorbands değerleri ile bu değerlere ait absorbands grafikleri de elde edilir (55). Ölçüm sonucunda elde edilen veriler, normal ve patolojik durumlarda elde edilen verilerle karşılaştırılarak yorumlanır (49,56,57). Üç boyutlu GBT timpanogramda, 226 Hz ile 8000 Hz

arasındaki her bir frekansa ait timpanogramların biraraya getirilmesiyle oluşmaktadır. Üç boyutlu GBT timpanogramda x eksenini basınç, y eksenini absorptans, z eksenini ise frekans değerlerini göstermektedir. Üç boyutlu timpanogramın renkli bir yapısı olduğu şekil 2.3.'de görülmektedir. Bu timpanogram üzerinde görülen mavi alanlar yüksek absorptans değerlerini, kırmızı alanlar ise düşük absorptans değerlerini belirtmektedir (58).



Şekil 2.3. Geniş bant timpanometri ölçüm çıktıları (59)

Üç boyutlu timpanogramda elde edilen görüntüyü yorumlamak güç olduğundan, bu timpanogram iki boyutlu grafikler haline dönüştürülür. Absorptans grafiği, 226 Hz ile 8000 Hz arasındaki frekanslara ait absorptans değerlerinin gösterildiği iki boyutlu grafikdir. Ortam basıncında ve tepe basıncında olma üzere iki absorptans grafiği elde edilir. Ortam basıncı absorptans grafiği 0 dapa basınçta elde edilen absorptans değerlerini gösterirken, tepe basıncı absorptans grafiği üç boyutlu timpanogramda tepe basıncında elde edilen absorptans değerlerinin gösterildiği iki boyutlu grafikdir. Averajlanmış geniş bant timpanogram ise 375 Hz ile 2000 Hz arasındaki frekansların absorptans değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen iki boyutlu grafiğe denir. Bu timpanogram, 6 aydan küçük çocuklarda ise 800 ile 2000 Hz arasındaki frekanslara ait absorptans değerlerinin ortalamasını göstermektedir. Geniş bant timpanometri ölçüm sonucunda elde edilen 226 Hz ve 1000 Hz timpanogramlar, klik uyararı sonucunda elde edilen 226 Hz ve 1000 Hz frekanslara

ait timpanogramlardır. Rezonans frekansı, orta kulakta sertlik ve kütle etkilerinin birbirine eşit olduğu diğer bir ifadeyle orta kulakta ses geçirgenliğinin en yüksek olduğu frekans değeridir. Orta kulak patolojileri hakkında bilgi verir. Geniş bant timpanometri ölçüm sonucunda ayrıca rezonans frekansına ait timpanogramda elde edilmektedir. Ek olarak GBT ölçümleri sonucunda 107 frekans noktasına ait absorbans değerleri de ek yazılımla elde edilmektedir (42,60).

Konvansiyonel timpanometri ve multifrekans timpanometriye göre birçok tanı avantajına sahip olan GBT, bu ölçüm yöntemlerine göre orta kulak fonksiyonunu daha geniş bir frekans aralığında daha hızlı değerlendirir (48). GBT ölçümleri diğer timpanometri ölçüm yöntemlerindeki (tek/multi frekans) gibi kulak zarı ile prob arasındaki kulak kanalı hacminin hesaplanması ile elde edilen statik admittans değerlendirilmesine dayanmaz. Bu nedenle GBT ölçümlerinde probun kulak kanalındaki yerleşimi o kadar kritik değildir ve ölçümler probun yerleşiminden etkilenmez (61). Diğer bir avantajda, yetişkinlerde 10 kHz'e bebeklerde ise 20 kHz'e kadar GBT ölçümlerinin yapılabilmesidir (62). Günümüzde erken bebeklik döneminde effüzyonlu kulakları normal göstermesi nedeniyle 226 Hz prob ton timpanometri kullanımının, etkisiz olduğu kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar her ne kadar yüksek frekanslı prob ton ile yapılan timpanometrilerin bebeklerde iletim tipi işitme kayıplarını tanımlamada daha duyarlı olduğunu gösterse de bu ölçümlerdeki pozitif ve negatif basınç uygulamasının bebeklerde kulak kanalında değişikliklere neden olduğu bilinmektedir. Ortam basıncında yapılan GBT ölçümleri, kulak kanalında basınç değişikliği yapılmasını gerektirmediği için bebeklerde daha güvenilir sonuçlar vermektedir (48,63). Ayrıca kulak zarının sağlam olduğu, orta kulak havalandırmasında problem olmayan; osiküler fiksasyon (genellikle otoskleroz kaynaklı), kemikçik zinciri kopukluğu ve süperior semisirküler kanal dehisansı gibi orta kulak patolojileri, klinikte ayırıcı tanısı konulması zor durumlardır. Ancak GBT, 226 Hz ve multifrekans timpanometri ile karşılaştırıldığında bu patolojilerin ayırıcı tanısında klinik açıdan daha etkilidir (64,56). Ek olarak stapediale rekonstrüktif cerrahi protokollerinin ve protez cihazların orta kulak iletimi üzerindeki etkisini objektif olarak değerlendirmede, konvansiyonel timpanometriye kıyasla daha güvenli ve daha kullanışlı olması GBT ölçümlerinin klinik açıdan avantajları arasında yer almaktadır (65).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Yaşlanmaya ve yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak orta kulak ses iletim fonksiyonundaki değişikliklerin GBT sonuçları üzerindeki etkiyi incelemek ve yaşlı bireylerin GBT bulguları ile klinikte rutin uygulanan odyolojik test (davranışsal ve elektrofizyolojik) sonuçları arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla planlanan bu çalışma, 15.07.2017 ile 10.04.2019 tarihleri arasında, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilimdalı, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Doktora Programı kapsamında, Erişkin Hastanesi, Odyoloji Ünitesinde gönüllü katılımcılar ile gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın evrenini, Hacettepe Üniversitesi Hastanelerine herhangi bir nedenle gelen bireyler oluşturmuştur. Bu çalışma için, Hacettepe Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 08.06.2017 tarihli KA-17031 no'lu karar ile izin alınmıştır (Ek-1). Çalışma gözlemsel tipte, tanımlayıcı bir araştırmadır.

3.1. Bireyler

Çalışmada, 65 yaş ve üstü bireylerin yer aldığı çalışma grubu ve 18 – 25 arası bireylerin yer aldığı kontrol grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Ayrıca yaşlılarda yaş artışının GBT sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla çalışma grubunda yer alan yaşlı bireyler, yaşlarına göre üç alt gruba ayrılmıştır. Yaşlı bireylerden; 65 – 74 yaş arası I. alt grup, 75 – 84 yaş arası II. alt grup ve 85 yaş ve üstü III. alt grup olmak üzere, yaşlı alt grupları oluşturulmuştur. Grupların yaş aralıklarının belirlenmesinde, DSÖ ve gerontolojistler tarafından yapılan kronolojik yaş sınıflamaları ve benzer çalışmalar (61,66,67) dikkate alınmıştır.

Çalışma grubu, 65 ile 89 yaş arası (ortalama 77 ± 8 yaş) 20 'si erkek ve 14'ü kadın toplam 34 bireyden (60 kulak), kontrol grubu ise 18 ile 25 yaş arası (ortalama 22 ± 2) 13'ü erkek, 14'ü kadın toplam 30 bireyden (60 kulak) oluşmuştur. Çalışma grubunda yaşlı bireylerin yaşlarına göre oluşturulan alt gruplarda ise, I. alt grup 65 ile 71 yaş arası (ortalama 68 ± 2) 6'sı erkek 5'i kadın toplam 11 bireyden (20 kulak), II. alt grup 75 ile 82 yaş arası (ortalama 77 ± 2) 4'ü erkek 8'i kadın toplam 12 bireyden (20 kulak) ve III. alt grup 85 ile 89 yaş arası (ortalama 86 ± 1) 4'ü erkek 7'si kadın toplam 11 bireyden (20 kulak) oluşmuştur.

Çalışmanın örneklem hacmi, yaş grupları ve GBT değerlendirme parametreleri yönünden çalışmamızın amacına en uygun benzer çalışma (12) referans alınarak belirlenmiştir. Etki büyüklüğünün 0.755 olarak hesaplandığı ve etki büyüklüğünü %90 güç ve 0.05 hata payı ile gözlemlemenin amaçlandığı çalışmada, her grupta (çalışma ve kontrol) en az 40 kulak, toplamda 80 kulak olması gerektiği belirlenmiştir. Çalışmada oluşturulan alt gruplar da göz önüne alınarak, her grup için en az 60 kulak, toplamda ise 120 kulak olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışma ve kontrol grupları için aşağıda belirtilen dahil olma kriterlerinde yer alan 2 ve 3 numaralı kriterler, çalışmanın amacı doğrultusunda Rosowski ve diğ. (68)'nin sağlıklı yetişkinlerde timpanometrik bulguları inceledikleri araştırmanın yöntemi temel alınarak belirlenmiştir.

Çalışma grubu dahil edilme kriterleri:

- 1- 65 yaş ve üstü olmak.
- 2- Anamnezde son iki yıldır geçirilmiş orta kulak hastalığı veya patolojisi öyküsü bildirmemek.
- 3- Otolojik cerrahi geçirmemiş olmak
- 4- Normal otoskopik muayene sonucuna sahip olmak.
- 5- En az bir kulakta normal sınırlarda 226 Hz prob ton timpanogram sonucu elde etmek.
- 6- Çalışmaya katılmayı kabul etmek.

Kontrol grubu dahil edilme kriterleri:

- 1- 18 – 25 yaş arası olmak.
- 2- Anamnezde son iki yıldır geçirilmiş orta kulak hastalığı veya patolojisi öyküsü bildirmemek.
- 3- Otolojik cerrahi geçirmemiş olmak
- 4- Normal otoskopik muayene sonucuna sahip olmak.
- 5- En az bir kulakta normal sınırlarda 226 Hz prob ton timpanogram sonucu elde etmek.
- 6- Çalışmaya katılmayı kabul etmek.

Dışlanma Kriterleri

- 1- Tip A timpanograma sahip olmamak.
- 2- Değerlendirmeler tamamlanmadan çalışmadan çıkmayı istemek.
- 3- Kemik eşikleri net bir şekilde elde edememek.

Çalışmaya katılan bireylerin her iki kulaktan tüm ölçümleri tamamlanmış ancak dahil edilme ve dışlanma kriterlerini karşılayan kulaklar istatistiksel analize dahil edilmiştir.

3.2.Yöntem

Katılımcılar, önce çalışmanın amacı ve uygulanışı ile ilgili detaylı olarak bilgilendirilmiştir. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylerin imzalı onamları alınmıştır. Daha sonra tıbbi hikayeleri alınan katılımcılar, otoskopik muayene için KBB uzmanına yönlendirilmiştir. Otoskopik muayene sonrasında, aynı gün çalışma için planlanan tüm değerlendirmeler yapılmıştır.

Değerlendirmelere timpanometrik ölçümler ile başlanmıştır. Timpanometrik ölçümler, Interacoustics TITAN Geniş Bant Timpanometri cihazıyla yapılmıştır. Cihazda aynı seansta önce tek frekans (226 Hz probe tone) timpanometrik ölçümün daha sonra geniş bant timpanometrik ölçümün yapılacağı bir protokol oluşturulmuştur. Tek frekans (226 Hz) timpanometri için cihazın verdiği prob ton şiddet seviyesi 85 dB SBS (Ses Basınç Seviyesi) idi. Tek frekans (226 Hz) timpanometri ile basınçlı GBT ölçümünde, ± 200 ile $- 400$ daPa aralığında, yaklaşık 200 daPa/sn hızla değişen basınç uygulanarak ölçümler yapılmıştır. Prob ton olarak GBT ölçümlerinde, 226 Hz ile 8000 Hz frekans aralığında, 100 dB teSBS (65 dB nHL) ses şiddetinde, 21.5 Hz oranında, geniş bant klik uyaran kullanılmıştır. Katılımcılardan ölçüm sırasında hareketsiz ve sessiz olmaları istenmiştir. Ölçüme, dış kulak yoluna uygun boyutta silikon prop ucu seçimi ve yerleşimi ile başlanmıştır. Ölçüm verileri cihazdaki çalışma protokolüne ait hedef dosyaya otomatik olarak kaydedildi. Kaydedilen bu veriler, Interacoustics firması tarafından oluşturulan, verilerin sayısal ve grafiksel dökümünü sağlayan özel bir Microsoft Office Excel dosyasına aktarılmıştır.

Tek frekans (226 Hz) timpanometri ölçüm sonucunda, en az bir kulakta Jerger ve diğ. (69) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre normal kabul edilen Tip A timpanogram (tepe noktası basınç değeri ± 50 daPa ila -100 daPa arasında, tepe noktası amplitüdü 0.3 – 1.6 ml arasında olma) elde edilen katılımcıların verileri istatistiksel analize dahil edilmiştir. Her iki kulağında Tip A timpanogram elde edilmeyen bireyler çalışma dışı bırakılarak istatistiksel analize dahil edilmemiştir. Bir kulağında Tip A timpanogram elde edilmeyen katılımcıların ise o kulakları çalışma dışı bırakılarak istatistiksel analize alınmamıştır.

Timpanometrik ölçümlerden sonra, katılımcılar davranışsal odyometri testleri ile değerlendirilmiştir. Testler, ANSI S3.1-1999 test standartlarına uygun sessiz kabinlerde, AC40 Klinik Odyometre Cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hava yolu işitme eşikleri TDH-50P *supra-aural* kulaklık ile kemik yolu eşikleri ise Radiear B71 kemik iletim vibratörü ile belirlenmiştir. Hava yolu işitme eşikleri belirlenirken 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 ve 8000 Hz'ler, kemik yolu işitme eşikleri belirlenirken 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'ler kullanılmıştır. Tüm işitme eşikleri Hugson – Westlake protokolü uygulanarak belirlenmiştir. Konuşma testleri yapılarak davranışsal odyometri değerlendirmeleri tamamlanmıştır.

Otoakustik emisyon ölçümleri ile testler tamamlanmıştır. Bu ölçüm, Otometrics Capella Otoacoustic Emission cihazı ve Vivasonic İntegrity™ V500 cihazı kullanılarak standart sessiz test odasında yapılmıştır. Saf ses ve konuşma odyometrisini takiben DPOAE testine geçilmiştir. Ölçümlere dış kulak kanalına uygun silikon prop ucu seçimi ve yerleşimi ile başlanmış, ölçümler sırasında katılımcılardan test süresince sessiz ve hareketsiz kalmaları istenmiştir. Ölçümler 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 Hz frekanslarda, 1.2'lik $f1/f2$ oranı ile primer frekanslar sırasıyla 65dB SBS (L1) ve 55 dB SBS (L2) düzeylerinde yapılmıştır.

3.3. Değerlendirme Parametreleri

Çalışmada GBT ölçümünde; RF, ortam basıncında ve tepe basıncında absorbans değerleri incelenmiştir. Ortam ve tepe basıncı absorbans değerlendirmelerinde hem 1/3 oktav frekanslarda (226 – 297.3 – 385.55 – 500 – 629.96 – 793.7 – 1000 – 1259.92 – 1587.4 – 2000 – 2519.84 – 3174.8 – 4000 –

5039.68 – 6349.6 – 8000 Hz) hem de 107 frekans noktasından elde edilen değerler analiz edilmiştir.

Davranışsal odyometri testinde, elde edilen eşiklerin sağlamlasında kullanılmak üzere katılımcılara tüm odyometrik değerlendirmeler yapılmış olmakla birlikte, bulguların analizinde odyometrik değerlendirme parametreleri olarak orta kulak fonksiyonunun klinik değerlendirme ölçütlerinden olan HKA değerleri (38) analiz edilmiştir.

Bu çalışmada DPOAE ölçüm sonucunda ,1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ve 6000 Hz frekanslardan elde edilen sinyal gürültü oranı (SGO) değerleri, değerlendirme parametresi olarak alınmıştır.

3.4. İstatiksel Analiz

İstatistiksel Analizler SPSS 25.0 programı ile yapılmıştır. Değerlendirme parametrelerinden elde edilen sayısal verilerin, normal dağılım gösterip göstermediği görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro – Wilk testler) yöntemler ile yapılmıştır. Normal dağılım gösteren sayısal verilerin tanımlayıcı istatistikleri, ortalama ve standart sapma değerleriyle, normal dağılım göstermeyen sayısal verilerin tanımlayıcı istatistikleri ise ortanca ve çeyrekler arası genişlik değerleriyle gösterilmiştir. Kategorik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri sayı ve yüzde ile verilmiştir.

Çalışma ve kontrol grupları arasında sayısal verilerin karşılaştırmasında, normal dağılım gösteren değişkenler için “Bağımsız Gruplar Student t testi”, normal dağılım göstermeyen değişkenler için “Mann-Whitney U testi” kullanılmıştır. Anlamlılık (p) değeri 0.05’in altında elde edildiği ($p < 0.05$) durumlar istatistiksel anlamlı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma ve kontrol grupları arasında anlamlı fark bulunan GBT değerlendirme parametrelerinde, çalışma alt grupları arasında da anlamlı fark olup olmadığına bakılmıştır. Çalışma alt gruplarının karşılaştırılmasında, değişkenler normal dağılım gösterdiği için “Tek Yönlü Varyans Analizi testi” ile değerlendirilmiştir. Gruplararası anlamlı fark bulunan durumlarda ($p < 0.05$), farkın hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için gruplar birbiriyle ikişerli olarak post-hoc testler ile karşılaştırılmıştır. Post-hoc testlerin belirlenmesinde “Levene

testi” ile yapılan varyans homejenliği dikkate alınmıştır. Varyanslar homojen ise ($p>0.05$) “Tukey testi”, homojen değilse ($p<0.05$) “Tamhane T2 testi” kullanılmıştır. Anlamlılık (p) değeri 0.05’in altında elde edildiği ($p<0.05$) durumlar istatistiksel anlamlı olarak değerlendirilmiştir.

Kategorik değerkenler için gruplararası karşılaştırılmalar “Ki-Kare testi” ile yapılmıştır. İstatistiki analizde anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak alınmıştır.

Çalışma grubunda GBT lm parametreleri ile diğer ölçüm parametreleri arasında ilişki olup olmadığını belirlemede, tüm değerkenler normal dağılım göstermediği için “Spearman testi” uygulanmıştır. Elde edilen korelasyon katsayısı (r)’na göre 0.01 – 0.29 arasında “zayıf”, 0.30 – 0.64 arasında “orta”, 0.65 – 0.99 arasında “güçlü” korelasyon olarak tanımlanmıştır (70).

4. BULGULAR

Çalışmada bulgular sırasıyla, katılımcıların demografik özellikleri, GBT bulguları, davranışsal odyometri bulguları ve DPOAE bulguları başlıkları altında sunulmuştur. Tablolarda çalışma grubu “yaşlı” ve kontrol grubu “genç” olarak isimlendirilmiştir. Çalışma grubunda yer alan yaşlı bireylerden oluşturulan alt gruplar da ise I. alt grup “erken yaşlı”, II. alt grup “orta yaşlı” ve III. alt grup “ileri yaşlı” olarak adlandırılmıştır.

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Bu çalışmada, çalışma grubunda 34 birey (68 kulak), kontrol grubunda ise 30 birey (60 kulak) olmak üzere toplam 64 birey (128 kulak) değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 65 yaş üstü toplam 47 bireyin değerlendirmeleri yapılmış, en az bir kulakta dahil edilme kriterlerini karşılayan 34 birey’e ait veriler istatistiksel analize alınmıştır. Çalışma grubunda Tip B timpanogram elde edilen 3 kulak, Tip A_s timpanogram elde edilen 2 kulak, Tip A_d timpanogram elde edilen 1 kulak, Tip C timpanogram elde edilen 1 kulak ve çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan 1 kulak olmak üzere toplam 8 kulak, dışlanma kriterlerine uygun olarak çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışma grubunda 60 kulak, kontrol grubunda 60 kulak olmak üzere toplam 120 kulağa ait değerlendirme verileri, istatistiksel analize dahil edilmiştir.

Genç, yaşlı ve yaşlı alt gruplarının cinsiyet değişkeni açısından tanımlayıcı istatistikleri ve gruplar arasında cinsiyet dağılımı açısından fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırma istatistik sonuçları Tablo 4.1.’de, gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Grupların cinsiyet açısından tanımlayıcı ve karşılaştırma analizleri

	Test Edilen Kulaklar						χ^2	p
	Cinsiyet				N	sd		
	Erkek		Kadın					
N	%	N	%					
Gruplar								
Genç	26	43	34	57	60	1	.31	.577
Yaşlı	23	38	37	62	60			
Yaşlı Alt Gruplar								
Erken Yaşlı	9	45	11	55	20			
Orta Yaşlı	7	35	13	65	20	2	.56	.754
İleri Yaşlı	7	35	13	65	20			

sd: serbestlik derecesi *p<0.05

Çalışmada, hem yaşlı ve genç grupları arasında hem de yaşlı alt grupları arasında, cinsiyet dağılımı açısından istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Diğer bir deyişle çalışmada karşılaştırılan grupların, cinsiyet dağılımı açısından birbiriyle benzer olduğu bulunmuştur.

4.2. Geniş Bant Timpanometri Bulguları

Grupların GBT bulguları sırasıyla; RF analiz sonuçları, ortam basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbands analiz sonuçları, tepe basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbands analiz sonuçları ve ortam basıncı ile tepe basıncında 107 frekans noktasındaki absorbands analiz sonuçları olmak üzere dört alt başlıkta sunulmuştur. Çalışmada GBT ölçüm sonucunda elde edilen sayısal verilerin, tüm gruplarda normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle tanımlayıcı istatistikleri ortalama ve standart sapma değerleriyle gösterilmiştir.

4.2.1. Rezonans Frekansı Analiz Sonuçları

Genç ve yaşlı gruplara ait RF değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistik sonuçları Tablo 4.2.'de sunulmuştur. Yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak, RF değerlerindeki değişiklikleri incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları ise Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.2. Genç ve yaşlı gruplara ait RF değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Değişken	Gruplar			t Testi	
	Genç	Yaşlı	sd	T	p
RF(Hz)	870 ± 135	780 ± 188	118	3.02	*.003

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Tablo 4.2. incelenildiğinde, ortalama RF değerinin yaşlılarda gençlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğu ($p<0.05$) görülmektedir.

Tablo 4.3. Yaşlı alt gruplarına ait RF değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Değişken	Yaşlı Alt Gruplar			sd	ANOVA	
	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı		F	P
RF(Hz)	759 ± 122	745 ± 146	837 ± 261	2	1.41	.253

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Yaşlı alt gruplarının RF analiz sonuçları incelenildiğinde, gruplar arasında RF değerleri açısından anlamlı fark olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). Bununla birlikte yaşlı alt gruplarının ortalama RF değerleri incelenildiğinde, orta yaşlılık döneminde RF değerinin, erken yaşlılık dönemine göre sayısal olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Buna karşın ileri yaşlı grupta RF’da beklenen düşmenin olmadığı, beklenenin aksine alt gruplar arasında en yüksek RF değerine sahip olduğu görülmüştür. Özetleyecek olursak, farklı yaşlı grupları arasında RF değeri açısından istatistiksel anlamlı farklılık bulunmamasına karşın, sayısal değer açısından yaşlı bireylerde ileri yaşlılık dönemine kadar RF değerinin düştüğü, ileri yaşlılık döneminde ise RF’nın yüksekliği Tablo 4.3’de dikkati çekmektedir.

4.2.2.Ortam Basıncında, 1/3 Oktav Frekansların Absorbans Analiz Sonuçları

Genç ve yaşlı gruplara ait ortam basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbans değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistik sonuçları Tablo 4.4.’te sunulmuştur. Yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak ortam basıncında 1/3 oktav frekansların absorbans değerlerindeki değişimleri incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları ise Tablo 4.5.’te verilmiştir.

Tablo 4.4. Genç ve yaşlı grupların ortam basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans (Hz)	Grup Absorbans Değerleri		sd	t Testi	
	Genç	Yaşlı		T	p
226	.147 ± .067	.210 ± .111	118	-3.74	<.001*
297	.146 ± .073	.213 ± .117	118	-3.77	<.001*
386	.194 ± .090	.275 ± .132	118	-3.96	<.001*
500	.293 ± .109	.379 ± .139	118	-3.75	<.001*
630	.369 ± .135	.454 ± .143	118	-3.32	.001*
794	.504 ± .154	.592 ± .140	118	-3.31	.001*
1000	.627 ± .155	.704 ± .143	118	-2.84	.005*
1260	.728 ± .146	.775 ± .132	118	-1.86	.065
1587	.767 ± .148	.800 ± .121	118	-1.33	.187
2000	.775 ± .163	.794 ± .131	118	-.70	.488
2520	.743 ± .177	.720 ± .143	118	-.78	.437
3175	.689 ± .178	.621 ± .163	118	2.20	.030*
4000	.634 ± .153	.511 ± .196	118	3.84	<.001*
5040	.583 ± .171	.486 ± .201	118	2.84	.005*
6350	.622 ± .154	.506 ± .180	118	3.79	<.001*
8000	.436 ± .176	.459 ± .188	118	-.68	.496

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Tablo 4.4.'de sunulan ortam basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerleri incelenildiğinde, yaştan bağımsız olarak hem genç grupta hem de yaşlı grupta, en alçak frekans (226 Hz) noktasından yaklaşık 1587 ile 2000 Hz frekans noktalarına doğru, frekans arttıkça absorbands değerlerinin arttığı, bu frekans noktalarında absorbandsın en üst değerlerde olduğu ve bu frekans noktalarından yüksek frekanslara doğru, frekans arttıkça absorbands değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte tablo 4.4.'de, yaşlı grup absorbands değerlerinin genç grup absorbands değerlerinden, 2000 Hz'in altındaki frekanslarda daha yüksek, 2000 Hz'in üstündeki frekanslarda ise daha düşük olduğu görülmektedir. Yaşlı ve genç gruplar arasında ortam basıncı absorbands değerlerinde görülen bu farklılıkların, istatistiksel açıdan anlamlılığını görmek amacıyla, tablo 4.4'de verilen gruplar arası karşılaştırma sonuçları incelenildiğinde; yaşlılarda gençlere göre ortam basıncı absorbands değerlerinin alçak frekanslarda (226, 297, 386, 500, 630, 794 Hz) anlamlı derecede daha yüksek ($p<0.05$), 8000 Hz dışındaki bütün yüksek frekanslarda (4000,

5040, 6350 Hz) ise anlamlı derecede daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Orta frekanslarda ise (1000, 1260, 1587, 2520 ve 3175 Hz) 1000 Hz ve 3175 Hz'lerdeki gruplar arası absorban farkının anlamlı olduğu, absorban değerinin yaşlılarda gençlere göre 1000 Hz'de daha yüksek ($p<0.05$), 3175 Hz'de ise daha düşük ($p<0.05$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5. Yaşlı alt gruplarının ortam basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorban değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans (Hz)	Yaşlı Alt Grup Absorbans Değerleri			ANOVA		
	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	Sd	F	p
	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS			
226	.187 ± .130	.219 ± .117	.224 ± .082	2	.63	.536
297	.188 ± .138	.226 ± .123	.224 ± .087	2	.66	.523
386	.243 ± .152	.298 ± .140	.284 ± .098	2	.91	.408
500	.348 ± .163	.408 ± .146	.381 ± .103	2	.93	.399
630	.432 ± .176	.490 ± .144	.438 ± .097	2	1.00	.374
794	.597 ± .170	.626 ± .137	.553 ± .102	2	1.39	.257
1000	.735 ± .151	.738 ± .131	.640 ± .128	2	3.12	.061
1260	.819 ± .120	.806 ± .110	.699 ± .134	(-)	(-)	(-)
1587	.825 ± .122	.830 ± .090	.744 ± .133	(-)	(-)	(-)
2000	.801 ± .136	.833 ± .099	.749 ± .146	(-)	(-)	(-)
2520	.760 ± .110	.725 ± .135	.675 ± .173	(-)	(-)	(-)
3175	.681 ± .139	.595 ± .145	.587 ± .189	2	2.14	.127
4000	.562 ± .197	.444 ± .173	.526 ± .208	2	1.97	.148
5040	.505 ± .211	.398 ± .174	.556 ± .191	2	3.53	.036*
6350	.492 ± .177	.437 ± .160	.588 ± .179	2	3.91	.026*
8000	.450 ± .188	.492 ± .182	.434 ± .200	(-)	(-)	(-)

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Tablo 4.5'de sunulan yaşlı alt gruplarının ortam basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorban değerleri incelenildiğinde, tüm yaşlı alt gruplarında da yaştan bağımsız olarak, en alçak frekans (226 Hz) noktasından yaklaşık 1587 ile 2000 Hz frekans noktalarına doğru, frekans arttıkça absorban değerlerinin arttığı, bu frekans noktalarında absorbanın en üst değerlerde olduğu ve bu frekans noktalarından yüksek frekanslara doğru, frekans arttıkça absorban değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, orta yaşlılık döneminde absorban değerlerinin erken yaşlılık dönemine göre sayısal olarak, 2000 Hz'in altındaki

frekanslarda daha yüksek, 2000 Hz'in üstündeki frekanslarda daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak benzer durumun, ileri yaşlı grup için geçerli olmadığı, ileri yaşlılık dönemine ait absorbands değerlerinin bir frekans noktasına göre diğer dönemler ile kıyaslama yapılmasını mümkün kılamayacak kadar farklı olduğu görülmüştür.

Yaşlı ve genç grupları arasında absorbands değerlerinde anlamlı farklılık elde edilen frekanslarda, yaşlı alt gruplarına ait absorbands değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma istatistiği sonuçları incelenildiğinde; ortam basıncında 5040 ve 6350 Hz'lerde yaşlı üç alt grubun sonuçları arasında anlamlı fark olduğu ($p<0.05$), diğer frekanslarda ise absorbands değerlerinin benzer olduğu ($p>0.05$) görülmüştür.

Yaşlı alt gruplar arasında anlamlı fark elde edilen 5040 ve 6350 Hz frekanslarda, farkın hangi yaşlı alt grup veya gruplardan kaynaklandığını belirlemek için alt gruplar arasında ikili karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.6.'da sunulmuştur. Sonuçlar incelenildiğinde, 5040 Hz ve 6350 Hz'lerde farkın ileri yaşlı ve orta yaşlı grupları arasında olduğu, bu frekanslardaki absorbands değerlerinin ileri yaşlılık döneminde orta yaşlılık dönemine göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.6. Ortam basıncında absorbands değerlerinin, yaşlı alt grupları arasında ikili karşılaştırması

Frekans (Hz)	Grup (i)	Grup (J)	Absorbans Değerleri	
			Ortalama Farkı (İ-J)	P
5040	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.107	.191
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.158	.031*
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.051	.680
6350	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.055	.576
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.150	.021*
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.096	.193

* $p<0.05$

4.2.3. Tepe Basıncında, 1/3 Oktav Frekansların Absorbans Analiz Sonuçları

Genç ve yaşlı gruplara ait tepe basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbands değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistik sonuçları Tablo 4.7.'de,

sunulmuştur. Yaşlı alt gruplarına ait tepe basıncında 1/3 oktav frekans absorbanans değerlerindeki değişiklikleri incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları ise Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Genç ve yaşlı grupların tepe basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbanans değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans (Hz)	Grup Absorbans Değerleri		Sd	t Testi	
	Genç	Yaşlı		t	p
226	.164 ± .071	.249 ± .115	118	- 4.89	<.001*
297	.164 ± .078	.256 ± .121	118	-4.98	<.001*
386	.217 ± .094	.331 ± .139	118	- 5.27	<.001*
500	.322 ± .112	.450 ± .152	118	- 5.21	<.001*
630	.409 ± .139	.541 ± .161	118	- 4.79	<.001*
794	.551 ± .158	.682 ± .148	118	- 4.70	<.001*
1000	.669 ± .149	.776 ± .124	118	- 4.30	<.001*
1260	.749 ± .132	.810 ± .107	118	-2.77	.007*
1587	.774 ± .137	.811 ± .106	118	- 1.64	.104
2000	.779 ± .160	.788 ± .127	118	-34.	.734
2520	.739 ± .185	.704 ± .141	118	1.14	.256
3175	.675 ± .187	.607 ± .160	118	2.15	.034*
4000	.624 ± .151	.501 ± .187	118	3.94	<.001*
5040	.579 ± .170	.483 ± .194	118	2.90	.004*
6350	.622 ± .154	.509 ± .182	118	3.66	<.001*
8000	.437 ± .176	.460 ± .189	118	-68	.499

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Tablo 4.7.'de sunulan tepe basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbanans değerleri incelenildiğinde, ortam basıncında olduğu gibi tepe basıncında da yaştan bağımsız olarak hem genç grupta hem de yaşlı grupta, en alçak frekans (226 Hz) noktasından yaklaşık 1587 ile 2000 Hz frekans noktalarına doğru, frekans arttıkça absorbanans değerlerinin arttığı, bu frekans noktalarında absorbanansın en üst değerlerde olduğu ve bu frekans noktalarından yüksek frekanslara doğru, frekans arttıkça absorbanansın azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte tablo 4.7'de, ortam basıncında olduğu gibi tepe basıncında da yaşlı grup absorbanans değerlerinin genç grup absorbanans değerlerinden, 2000 Hz'in altındaki frekanslarda daha yüksek, 2000 Hz'in üstündeki frekanslarda ise daha düşük olduğu görülmektedir. Yaşlı ve genç gruplar arasında

tepe basıncı absorbans değerlerinde de belirtilen bu farklılıkların, istatistiksel açıdan anlamlılığını görmek amacıyla, tablo 4.7’de verilen gruplar arası karşılaştırma sonuçları incelenildiğinde; yaşlılarda gençlere göre tepe basıncı absorbans değerlerinin alçak frekanslarda (226, 297, 386, 500, 630, 794 Hz) anlamlı derecede daha yüksek ($p<0.05$), 8000 Hz dışındaki bütün yüksek frekanslarda (4000, 5040, 6350 Hz) ise anlamlı derecede daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Orta frekanslarda (1000, 1260, 1587, 2520 ve 3175 Hz) ise 1000, 1260 ve 3175 Hz’lerdeki gruplar arası absorbans farkının anlamlı olduğu, ($p<0.05$), absorbans değerlerinin yaşlılarda gençlere göre 1000 ve 1260 Hz’de daha yüksek ($p<0.05$), 3175 Hz’de ise daha düşük olduğu ($p<0.05$) görülmektedir.

Tablo 4.8. Yaşlı alt gruplarının tepe basıncında, 1/3 oktav frekanslardaki absorbans değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans (Hz)	Yaşlı Alt Grup Absorbans Değerleri			ANOVA		
	Erken Yaşlı Ort ± SS	Orta Yaşlı Ort ± SS	İleri Yaşlı Ort ± SS	Sd	F	p
226	.243 ± .141	.254 ± .119	.251 ± .082	2	.05	.949
297	.248 ± .148	.263 ± .126	.258 ± .085	2	.08	.925
386	.324 ± .173	.339 ± .145	.330 ± .096	2	.06	.944
500	.449 ± .191	.461 ± .153	.439 ± .106	2	.10	.903
630	.563 ± .200	.557 ± .164	.503 ± .106	2	.83	.441
794	.736 ± .160	.689 ± .158	.622 ± .105	2	3.19	.049*
1000	.840 ± .096	.780 ± .138	.708 ± .102	2	6.71	.002*
1260	.862 ± .074	.804 ± .106	.762 ± .116	2	5.00	.01*
1587	.830 ± .117	.816 ± .089	.787 ± .112	(-)	(-)	(-)
2000	.797 ± .136	.821 ± .098	.746 ± .136	(-)	(-)	(-)
2520	.739 ± .115	.711 ± .130	.663 ± .169	(-)	(-)	(-)
3175	.659 ± .137	.582 ± .145	.580 ± .187	2	1.64	.203
4000	.543 ± .185	.441 ± .171	.519 ± .198	2	1.68	.196
5040	.495 ± .194	.397 ± .175	.556 ± .188	2	3.75	.030*
6350	.496 ± .180	.439 ± .163	.592 ± .177	2	3.97	.024*
8000	.455 ± .187	.494 ± .186	.430 ± .199	(-)	(-)	(-)

Ort: Ortalama **SS:** Standart sapma **sd:** serbestlik derecesi ***p<0.05**

Tablo 4.8’de sunulan yaşlı alt gruplarının tepe basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbans değerleri incelenildiğinde, tüm yaşlı alt gruplarında da yaştan bağımsız olarak, en alçak frekans (226 Hz) noktasından yaklaşık 1587 ile

2000 Hz frekans noktalarına doğru, frekans arttıkça absorbands değerlerinin arttığı, bu frekans noktalarında absorbandsın en üst değerlerde olduğu ve bu frekans noktalarından yüksek frekanslara doğru, frekans arttıkça absorbands değerlerinin giderek azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, tablo 4.8'de verilen yaşlı alt gruplara ait absorbands değerleri incelenildiğinde, absorbands değerlerinin gruplar arasında bir frekans noktasına göre kıyaslama yapılmasını mümkün kılamayacak kadar farklı olduğu görülmektedir.

Yaşlı ve genç grupları arasında, tepe basıncı absorbands değerlerinde anlamlı farklılık elde edilen frekanslarda, yaşlı alt gruplarına ait absorbands değerleri karşılaştırmıştır. Karşılaştırma istatistiği sonuçları incelenildiğinde; tepe basıncında 794, 1000, 1260, 5040 ve 6350 Hz'lerde yaşlı üç alt grubun sonuçları arasında anlamlı fark olduğu ($p<0.05$), diğer frekanslarda ise absorbands değerlerinin benzer olduğu ($p>0.05$) görülmüştür.

Yaşlı alt gruplar arasında anlamlı fark elde edilen 794, 1000, 1250, 5040 ve 6350Hz frekanslarda, farkın hangi yaşlı alt grup veya gruplardan kaynaklandığını belirlemek için de alt gruplar arasında ikili karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.9.'da sunulmuştur. Sonuçlar incelenildiğinde, 794, 1000 ve 1260 Hz'lerde farkın ileri yaşlı ve erken yaşlı grupları arasında olduğu, bu frekanslarda absorbands değerlerinin ileri yaşlılık döneminde orta yaşlılık dönemine göre anlamlı derecede daha düşük olduğu görülmüştür. Anlamlı fark elde edilen 5040 ve 6350 Hz'lerde ise farkın ileri yaşlı ve orta yaşlı grupları arasında olduğu, bu frekanslardaki absorbands değerlerinin ileri yaşlılık döneminde orta yaşlılık döneminde göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

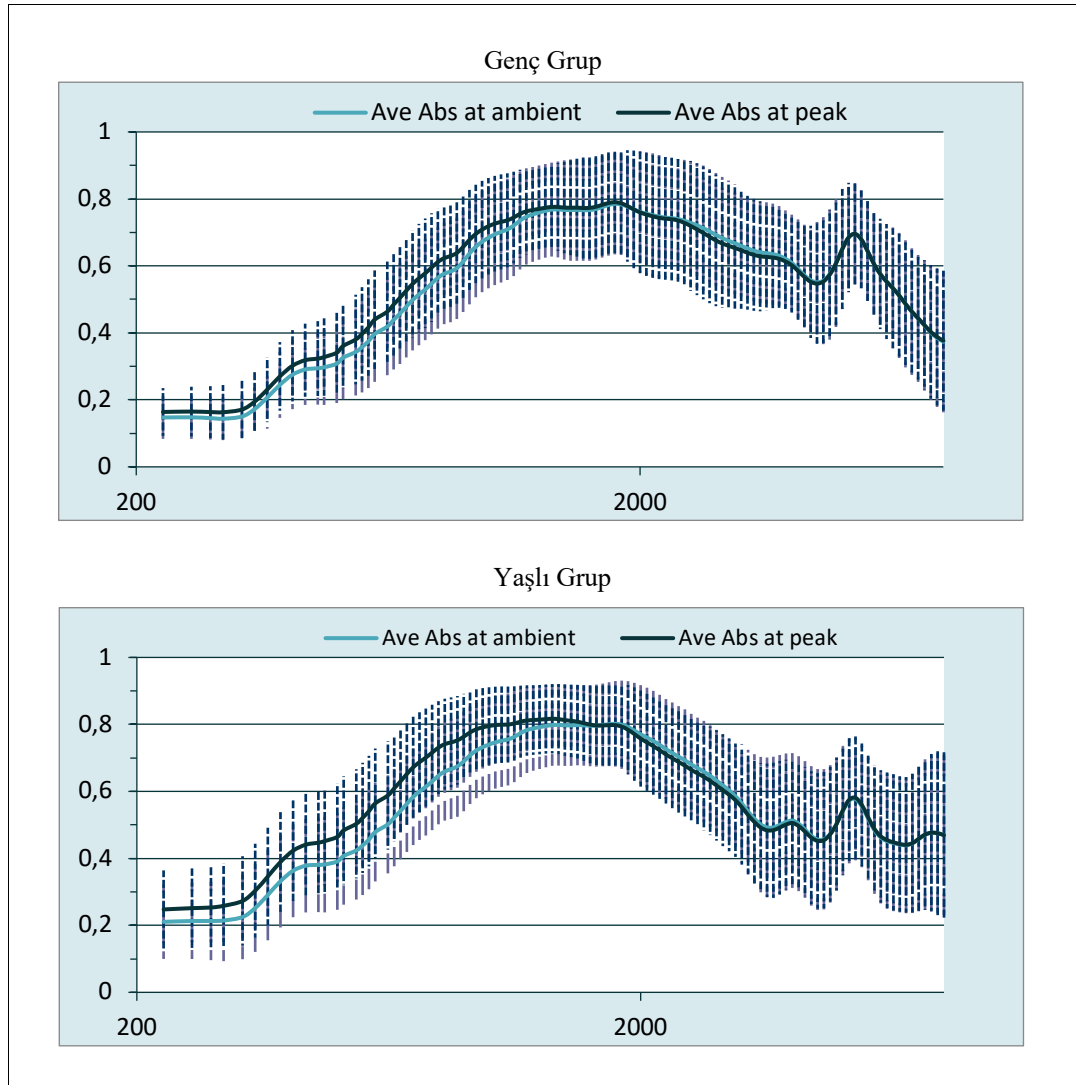
Tablo 4.9. Tepe basıncında absorbands değerlerinin, yaşlı alt grupları arasında ikili karşılaştırması

Frekans (Hz)	Grup (i)	Grup (J)	Absorbans Değerleri	
			Ortalama Farkı (İ-J)	P
794	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.047	.558
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.067	.309
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.114	.039*
1000	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.059	.228
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.071	.123
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.131	.002*
1260	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.058	.171
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.042	.387
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	1.00	.007*
5040	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.098	.225
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.159	.024*
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.061	.554
6350	Erken Yaşlı	Orta Yaşlı	.057	.554
	Orta Yaşlı	İleri Yaşlı	.153	.019*
	İleri Yaşlı	Erken Yaşlı	.096	.197

*p<0.05

4.2.4.Ortam Basıncında ve Tepe Basıncında 107 Frekansın Absorbans Analiz Sonuçları

Grupların ortam basıncında ve tepe basıncında, 226 Hz ile 8000 Hz arasında toplam 107 frekans noktasına ait absorbands sonuçları aşağıda grafiklerle gösterilmiştir. Genç ve yaşlı grupların GBA grafikleri Şekil 4.1.'de, yaşlı alt gruplarına ait absorbands grafikleri ise Şekil 4.2'de sunulmuştur. Grafiklerde, açık mavi çizgi ortam basıncında absorbands değerlerini, koyu mavi çizgi tepe basıncında absorbands değerlerini, kesikli çizgilerle gösterilen taralı alan ise absorbands değerlerinin alt ve üst sınırlarını ifade etmektedir.



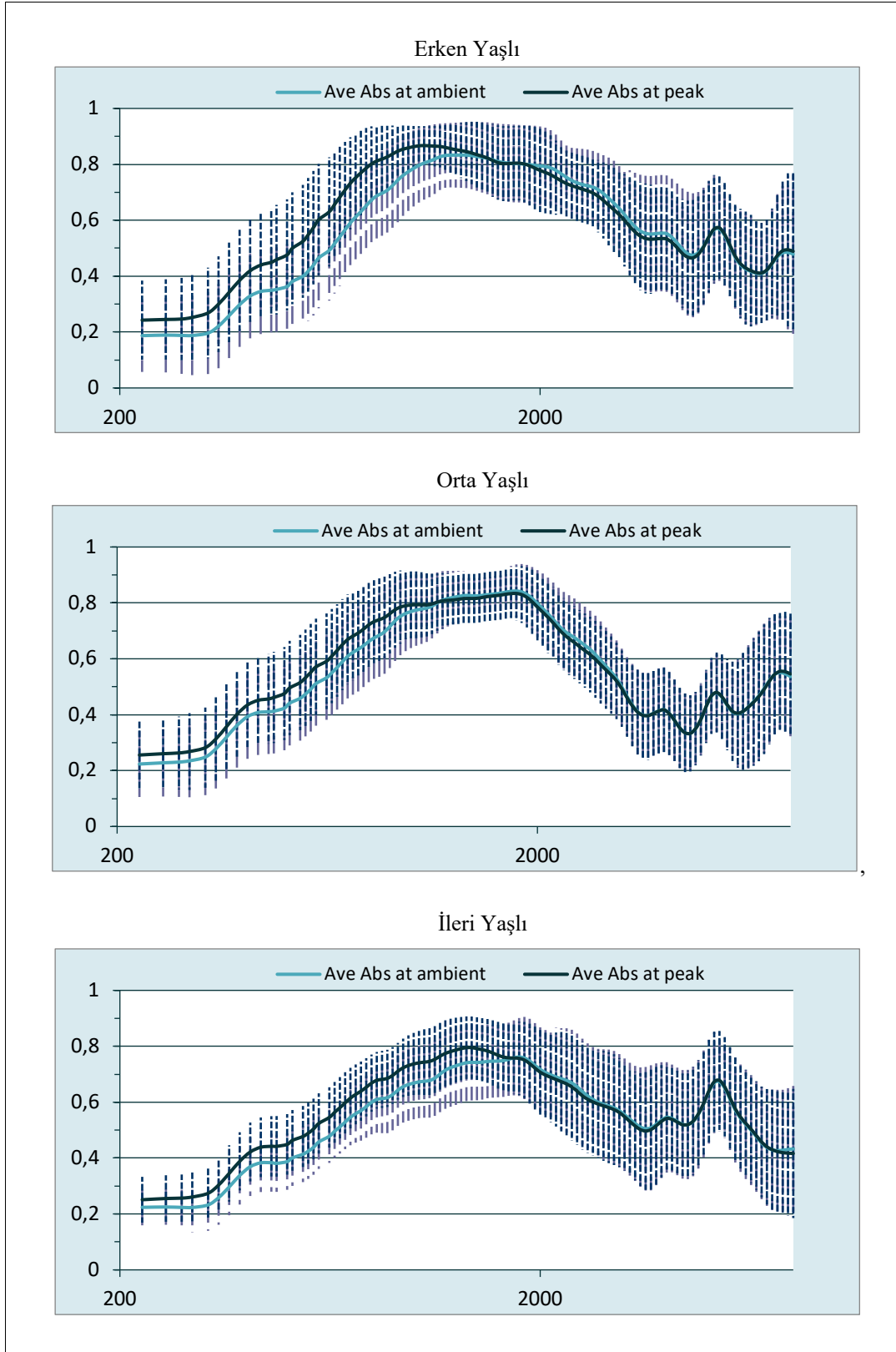
Şekil 4.1. Genç ve yaşlı grupların ortam basıncında ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri

Genç grubun ortam basıncında ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri incelenildiğinde, eğrilerin tüm frekanslar da birbirine paralel ilerlediği, eğrilerin yaklaşık 300 Hz'e kadar düz ilerlediği, bu frekans noktasından sonra 1500 – 2000 Hz'lere kadar bir yükselme gösterdiği, bu noktadan 8000 Hz'e kadar azalarak ilerlediği ancak azalarak ilerlerken yaklaşık 5500 Hz civarında minimal bir tepe oluşturduğu görülmektedir.

Yaşlı grubun ortam basıncında ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri incelenildiğinde, eğrilerin tüm frekanslarda birbirine paralel ilerlediği, eğrilerin yaklaşık 300 Hz'e kadar düz ilerlediği, bu frekans noktasından sonra 1500 – 2000 Hz'lere kadar bir yükselme olduğu, bu noktadan 8000 Hz'e kadar azalarak ilerlediği,

azalarak ilerlerken önce yaklaşık 4000 Hz civarında, daha sonra yaklaşık 5500 Hz civarında daha büyük olmak üzere minimal iki tepe oluşturduğu görülmektedir.

Grafiklerde hem yaşlı hem de genç grupta, ortam basıncı ile tepe basıncı grafik eğrileri arasında yaklaşık 226 Hz ile 1334 Hz arasında bir açıklık olduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafik eğrileri arasında görülen bu farkın, genç grupta 226 ve 1259 Hz'leri arasında, yaşlı grupta ise 226 – 1122 Hz'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Ek olarak, alçak frekanslarda yaşlı grubun, ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafik eğrileri arasındaki farkın, genç gruptan daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışmada bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı analiz edilmiş ve istatistiksel açıdan fark olmadığı ($p>0.05$), diğer bir deyişle yaştan bağımsız, alçak frekanslarda tepe basıncı absorpsiyon değerlerinin ortam basıncı değerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.2. Yaşlı alt gruplarının ortam ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri

Yaşlı alt gruplarının ortam basıncında ve tepe basıncında ortalama GBA grafikleri incelenildiğinde, üç yaşlı alt grupta da eğrilerin tüm frekanslar da birbirine paralel ilerlediği, eğrilerin yaklaşık 300 Hz'e kadar düz ilerlediği, bu frekans noktasından sonra yaklaşık 1500 Hz'e kadar bir yükselme olduğu, bu noktadan 8000 Hz'e kadar azalarak ilerlediği, azalarak ilerlerken önce 4000 Hz'de, daha sonra 5500 Hz'de daha büyük olmak üzere iki minimal tepe oluşturduğu görülmektedir.

Grafiklerde yaşlı üç alt grubun da ortam basıncı ile tepe basıncı grafik eğirileri arasında, yaklaşık 250 Hz ile 1000 Hz arasında bir fark olduğu görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafik eğirileri arasında görülen bu farkın, erken yaşlı grupta 226 ve 1059 Hz'leri arasında, orta yaşlı grupta 226 – 1000 Hz'leri arasında ve ileri yaşlı grupta ise 226 ve 943 Hz'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$).

Alçak frekanslarda erken yaşlı grupta, ortam basıncı ve tepe basıncı absorbans grafikleri arasındaki farkın, orta yaşlı ve ileri yaşlı gruplara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışmada bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı analiz edilmiş ve istatistiksel açıdan fark olmadığı ($p > 0.05$), diğer bir deyişle yaşlı bireylerde de yaştan bağımsız, alçak frekanslarda tepe basıncı absorbans değerlerinin ortam basıncı değerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

4.3. Davranışsal Odyometri Bulguları

Çalışmada, davranışsal odyometri testlerinde orta kulak fonksiyonunun klinik değerlendirme ölçütü olarak kullanılan 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekanslardaki HKA değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Elde edilen HKA sayısal verilerinin tüm gruplarda, normal dağılım göstermediği bulunmuştur. Bu nedenle HKA değerlerinin tanımlayıcı istatistiklerinde, ortanca ve çeyrekler arası genişlik değerleri belirlenmiştir. Yaşlı bireylerde GBT bulguları ile HKA değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları Tablo 4.10.'da gösterilmiştir.

Çalışmada, genç gruba ait hava yolu işitme eşikleri 125 Hz'de 11 ± 5 dB, 250 Hz'de 9 ± 5 dB, 500 Hz'de 4 ± 4 dB, 1000 Hz'de 5 ± 4 dB, 2000 Hz'de 4 ± 5 dB, 4000 Hz'de 5 ± 6 dB, 6000 Hz'de 5 ± 6 dB ve 8000 Hz'de 5 ± 6 dB olarak elde edilmiştir. Yaşlı gruba ait hava yolu işitme eşikleri ise 125 Hz'de 35 ± 9 dB, 250 Hz'de 36 ± 19 dB, 500 Hz'de 31 ± 19 dB, 1000 Hz'de 34 ± 18 dB, 2000 Hz'de

40±18 dB, 4000 Hz'de 53 ± 15 dB, 6000 Hz'de 56 ± 22 dB ve 8000 Hz'de 63 ± 23 dB olarak elde edilmiştir.

Çalışmada, genç gruba ait HKA ortanca ve çeyrekler arası genişlik değerleri 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'lerde 0 dB (0 dB-5 dB) olarak bulunmuştur. Yaşlı gruba ait HKA ortanca ve çeyrekler arası genişlik değerleri 500, 1000 ve 2000 Hz'de 5 dB (0 dB- 5 dB), 4000 Hz'de ise 10 dB (5 dB- 25 dB) olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, tüm frekanslarda HKA ortanca değerlerinin, yaşlı ve genç grupta 15 dB'den az olduğu görülmektedir. Bununla birlikte her iki grubun HKA aralığı değerleri karşılaştırıldığında, 4000 Hz'de HKA değerinin, yaşlılarda gençlere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu (U=955.5 Z=-4.48. p=<0.001) diğer bir deyişle yaşlanmaya bağlı olarak 4000Hz'de HKA'nın arttığı bulunmuştur (p<0.05).

Yaşlı bireylerin GBT bulguları ile HKA değerleri arasındaki korelasyon analizleri incelenildiğinde fark bulunan parametrelerde korelasyon katsayısının 0.60'ın altında olması, elde edilen sayısal farklılıklarda güçlü bir ilişkili olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte 4000 Hz'de HKA değeri ile ortam basıncında ve tepe basıncında 6350 Hz frekansa ait absorbans değerleri arasında orta derece pozitif yönde bir ilişki, diğer farklarda ise zayıf ilişki olduğu görülmüştür (Bkz Tablo 4.10.).

Tablo 4.10. Yaşlı bireylerde GBT test sonuçları ile HKA değerleri arasındaki ilişki

Değişken	500 Hz HKA		1000 Hz HKA		2000 Hz HKA		4000 Hz HKA	
	r	p	r	p	r	p	r	p
RF	-.162	.217	-.268	.039*	-.295	.022*	-.023	.860
Ortam basıncı								
226 Hz Absorbans	.050	.703	.157	.232	.037	.776	.167	.201
297 Hz Absorbans	.035	.793	.142	.280	.022	.866	.126	.336
386 Hz Absorbans	.019	.887	.158	.227	.000	.999	.113	.389
500 Hz Absorbans	.020	.880	.171	.193	.005	.967	.100	.449
630 Hz Absorbans	-.045	.733	.179	.172	-.039	.769	.024	.857
794 Hz Absorbans	-.184	.158	.065	.624	-.041	.754	-.036	.784
1000 Hz Absorbans	-.191	.143	.051	.698	-.063	.634	-.086	.511
1260 Hz Absorbans	-.151	.249	.056	.670	-.140	.287	-.067	.609
1587 Hz Absorbans	-.082	.535	.131	.318	-.156	.234	-.011	.935
2000 Hz Absorbans	-.068	.604	.086	.512	-.113	.391	-.074	.574
2520 Hz Absorbans	.032	.811	.040	.764	.016	.901	-.173	.185
3175 Hz Absorbans	-.049	.713	-.061	.642	.125	.342	-.125	.343
4000 Hz Absorbans	-.015	.909	-.096	.465	.167	.202	.045	.731
5040 Hz Absorbans	.044	.737	-.033	.804	.200	.125	.147	.262
6350 Hz Absorbans	.170	.195	.139	.290	.197	.132	.302	.019*
8000 Hz Absorbans	-.063	.633	.066	.618	-.202	.121	.031	.816
Tepe Basıncı								
226 Hz Absorbans	.185	.158	.259	.045*	.200	.125	.237	.068
297 Hz Absorbans	.196	.134	.244	.060	.205	.115	.225	.084
386 Hz Absorbans	.185	.158	.260	.045*	.213	.103	.226	.082
500 Hz Absorbans	.180	.168	.252	.052	.261	.044*	.234	.072
630 Hz Absorbans	.129	.327	.272	.035*	.285	.027*	.212	.104
794 Hz Absorbans	.010	.942	.245	.059	.210	.107	.143	.275
1000 Hz Absorbans	-.011	.934	.270	.037*	.069	.601	.061	.644
1260 Hz Absorbans	-.078	.555	.179	.172	-.182	.163	.082	.536
1587 Hz Absorbans	-.104	.431	.213	.102	-.206	.114	.122	.354
2000 Hz Absorbans	-.062	.635	.136	.299	-.217	.096	-.107	.415
2520 Hz Absorbans	-.013	.924	-.012	.926	-.020	.882	-.215	.099
3175 Hz Absorbans	-.004	.977	-.074	.572	.088	.502	-.147	.264
4000 Hz Absorbans	.018	.892	-.104	.430	.152	.246	.039	.766
5040 Hz Absorbans	.042	.752	-.029	.825	.211	.105	.142	.278
6350 Hz Absorbans	.165	.208	.142	.281	.209	.109	.310	.016*
8000 Hz Absorbans	-.068	.606	.078	.556	-.206	.114	.024	.855

r: Korelasyon katsayısı *p<0.05

4.3. Distorsiyon Ürünü Otoakusik Emisyon Bulguları

Çalışmada, DPOAE ölçümleri sonucunda, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ve 6000 Hz frekanslardaki SGO değerlerinin, istatistiksel analizi yapılmıştır. Yapılan DPOAE ölçümleri sonucunda elde edilen SGO sayısal verilerinin, tüm gruplarda

normal dağılım göstermediği bulunmuştur. Bu nedenle tanımlayıcı istatistikleri ortanca ve çeyrekler arası genişlik değerleriyle gösterilmiştir. Bununla birlikte ortalama ve standart sapma değerleri de verilmiştir.

Genç ve yaşlı gruplara ait SGO değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistik sonuçları Tablo 4.11.'de sunulmuştur. Yaşlı bireylerde GBT sonuçları ile SGO değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılan analiz sonuçları ise Tablo 4.12'te gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Genç ve yaşlı gruplara ait SGO değerleri ve karşılaştırma sonuçları

Frekans (Hz)	Grup SGO Değerleri				U	Z	p
	Genç		Yaşlı				
	Ortanca (ÇAG)	Ort±SS	Ortanca (ÇAG)	Ort±SS			
1000	10.4 (8.6 – 11.7)	11.7±4.6	6.4 (4.1 – 8.8)	6.5±4.9	2491.5	- 5.98	<.001*
1500	16.8 (13.3 – 17.9)	17.9±5.9	6.8 (2.5 – 9.9)	6.6±5.4	2049.5	- 8.30	<.001*
2000	19.8 (17.0 – 20.2)	20.2±4.9	6.1 (3.5 – 8.3)	4.9±6.3	1897	- 9.10	<.001*
3000	19.7 (17.0 – 23.3)	20.4±4.7	3.7 (-1.7 – 7.9)	3.5±7.6	1916	- 8.99	<.001*
4000	21.5 (20.0 – 24.9)	22.4±3.5	3.8 (-1.4 – 7.1)	2.9±5.9	1831	- 9.44	<.001*
6000	15.8 (13.2 – 18.6)	16.6±5.1	4.3 (1.1 – 6.9)	3.7±5.7	1947	- 8.83	<.001*

ÇAG: Çeyrekler arası genişlik *p<0.05

Tablo 4.11. incelenildiğinde, tüm frekanslarda SGO değerlerinin yaşlılarda gençlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğu ($p<0.05$), bir diğer deyişle yaşlanmaya bağlı olarak SGO'nın azaldığı görülmektedir.

Yaşlı bireylerin GBT bulguları ile SGO değerleri arasındaki korelasyon analizleri incelenildiğinde, fark bulunan parametrelerde korelasyon katsayısının 0.60'ın altında olması, elde edilen sayısal farklılıklarda güçlü bir ilişki olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte 4000 Hz'de SGO değeri ile ortam basıncında ve tepe basıncında 4000 Hz frekanslara ait absorbans değerleri arasında orta derece pozitif yönde bir ilişki olduğu görülmüştür (Bkz. Tablo 4.12.)

Tablo 4.12. Yaşlı bireylerde GBT test sonuçları ile SGO değerleri arasındaki ilişki

Değişken	1000 Hz SGO		1500 Hz SGO		2000 Hz SGO		3000 Hz SGO		4000 Hz SGO		6000Hz SGO	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
RF	.026	.845	.131	.318	.150	.254	-.082	.532	-.016	.904	-.025	.848
OB-GBA												
226 Hz Absorbans	-.020	.882	.068	.604	.140	.284	.184	.160	-.139	.291	-.028	.832
297 Hz Absorbans	-.033	.803	.071	.590	.131	.320	.188	.151	-.129	.328	-.040	.760
386 Hz Absorbans	-.038	.775	.077	.557	.111	.398	.168	.199	-.157	.230	-.080	.543
500 Hz Absorbans	-.043	.745	.067	.609	.075	.568	.191	.145	-.154	.240	-.064	.625
630 Hz Absorbans	.007	.960	.086	.511	.079	.550	.141	.283	-.147	.262	-.043	.743
794 Hz Absorbans	.138	.293	.136	.301	.152	.247	.170	.194	-.064	.630	.024	.857
1000 Hz Absorbans	.175	.180	.164	.211	.152	.247	.197	.132	-.005	.969	.052	.694
1260 Hz Absorbans	.039	.765	.193	.139	.161	.218	.122	.354	.052	.692	.125	.341
1587 Hz Absorbans	-.031	.815	.141	.284	.103	.433	.041	.758	-.092	.483	.001	.997
2000 Hz Absorbans	-.035	.793	.002	.988	.048	.714	-.084	.521	-.103	.435	-.079	.549
2520 Hz Absorbans	.225	.083	.106	.421	.147	.262	-.076	.565	.203	.121	.049	.709
3175 Hz Absorbans	.349	*.006	.090	.492	.217	.096	-.090	.495	.306	*.017	.081	.537
4000 Hz Absorbans	.295	*.022	.050	.704	.224	.085	-.070	.595	.355	*.005	.130	.323
5040 Hz Absorbans	.051	.701	-.076	.565	.231	.075	.072	.585	.278	*.031	.049	.712
6350 Hz Absorbans	-.152	.245	-.103	.432	.147	.264	.144	.271	.249	.055	-.061	.646
8000 Hz Absorbans	-.090	.492	-.040	.760	.231	.076	.291	*.024	-.027	.836	.067	.611
TB-GBA												
226 Hz Absorbans	-.033	.803	-.017	.899	.085	.519	.181	.165	-.005	.970	.054	.681
297 Hz Absorbans	-.051	.698	-.024	.857	.075	.569	.180	.169	-.019	.883	.067	.612
386 Hz Absorbans	-.049	.709	-.046	.727	.039	.767	.184	.159	.016	.905	.045	.734
500 Hz Absorbans	-.083	.528	-.059	.654	-.014	.917	.175	.181	.052	.696	.072	.585
630 Hz Absorbans	-.067	.611	-.069	.598	-.040	.760	.148	.258	.105	.424	.103	.435
794 Hz Absorbans	.060	.649	-.033	.800	.072	.587	.150	.253	.166	.205	.201	.123
1000 Hz Absorbans	.023	.862	-.035	.792	.180	.168	.199	.127	.230	.077	.249	.055
1260 Hz Absorbans	.018	.891	.089	.501	.211	.105	.166	.206	.167	.202	.212	.103
1587 Hz Absorbans	.005	.972	.050	.705	.064	.629	-.002	.988	-.087	.506	.040	.763
2000 Hz Absorbans	.074	.575	.048	.715	.009	.947	-.140	.286	-.097	.460	-.056	.671
2520 Hz Absorbans	.258	*.046	.163	.214	.082	.534	-.117	.374	.169	.197	.027	.837
3175 Hz Absorbans	.361	*.005	.116	.376	.200	.125	-.141	.283	.299	*.020	.094	.475
4000 Hz Absorbans	.278	*.032	.045	.735	.214	.100	-.094	.474	.338	*.008	.107	.415
5040 Hz Absorbans	.058	.660	-.069	.601	.223	.087	.069	.602	.271	*.036	.032	.808
6350 Hz Absorbans	-.147	.262	-.111	.399	.139	.290	.146	.265	.245	.059	-.051	.701
8000 Hz Absorbans	-.072	.586	-.014	.917	.266	.040*	.299	*.020	-.007	.960	.102	.437

r: Korelasyon katsayısı *p<0.05

5. TARTIŞMA

Yaşlanmaya bağlı olarak dış ve orta kulakta bir takım anatomik, histolojik ve fizyolojik değişiklikler meydana gelir (3-5). Bu değişiklikler, sesin iç kulağa iletimini ve dolayısıyla orta kulak fonksiyon testleri ile diğer odyolojik test sonuçlarını etkileyebilir. Orta kulak fonksiyonlarını değerlendirmede, nisbeten daha yeni bir teknik olan GBT ölçümünün, daha duyarlı sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Bununla birlikte GBT ölçüm sonuçlarının, etnisite farklılıklarının neden olduğu anatomik değişikliklerden etkilendiği de ileri sürülmektedir (10-12). Bu çalışma, yaşlı bireylerin ve farklı yaşlı gruplarının orta kulak ses iletim fonksiyonunu GBT ile değerlendirmek amacıyla planlanmıştır. Ayrıca, timpanometrik ölçüm sonuçları ile diğer odyolojik test sonuçları çapraz test kontrollerinde birlikte kullanıldığından, çalışmamızda yaşlı bireylerin GBT sonuçları ile odyolojik (davranışsal ve elektrofizyolojik) test sonuçları arasındaki ilişki de incelenmiştir.

Bu çalışmada, yaşlanmanın GBT sonuçlarını etkileyeceği, 1 numaralı hipotezde ileri sürülmüştür. Bu hipotez doğrultusunda, genç bireylerden oluşan kontrol grubu ve yaşlı bireylerden oluşan çalışma grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Bu grupların GBT ölçümlerinden elde edilen; RF değeri, ortam basıncında ve tepe basıncında 1/3 oktavlık frekanslardaki absorbans değerleri tanımlanmış, bu değerler açısından gruplar arası farklılıklar incelenmiştir. GBT ölçüm sonucunda, ortam basıncında ve tepe basıncında 107 frekans noktasına ait absorbans değerleri elde edilmekte bununla birlikte klinik uygulamada daha pratik olması ve tip I hataları azaltmak için çalışmamızda 1/3 oktavlık 16 frekans noktasına ait absorbans değerleri istatistiksel açıdan incelenmiştir. Bu yaklaşım, Keefe ve diğ (62). tarafından yapılan, absorbans sonuçları üzerinde yaşın etkilerinin incelendiği çalışmada kullanılmış ve orta kulak patolojilerinin dar bir frekans aralığının etkilediği buna karşın diğer frekansların etkilenmediği bildirilen çalışmayla da desteklenmiştir (71). Ek olarak grupların, ortam basıncında ve tepe basıncında yapılan GBT ölçümlerinden elde edilen 107 frekansa ait absorbans değerleriyle oluşturulan, ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafikleri, tanımlanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada, ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafik karşılaştırmaları hem grup içinde hem de gruplar arasında yapılmıştır. Çalışmada, GBT ölçüm sonuçlarını incelemede

kullanılan değerlendirme parametreleri, literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir (12,13,66, 72,73).

Çalışmanın 2 numaralı hipotezi, farklı yaşlı gruplarında GBT sonuçlarının etkileneceği idi. Bu hipotez doğrultusunda da, çalışmanın yaşlı grubuna dahil olan bireyler; erken, orta ve ileri yaşlılık dönemlerine göre üç farklı yaş grubuna ayrılarak, grupların GBT sonuçları incelenmiştir. Oluşturulan bu alt grupların GBT ölçüm sonuçları, 1 numaralı hipotezde belirtilen değerlendirme parametrelerinde ve yine 1 numaraları hipotezde belirtildiği gibi tanımlanmış ve karşılaştırılmıştır. Literatürde, genç ve yaşlı bireylerin GBT sonuçlarını karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır (10-12). Bununla birlikte, farklı yaş gruplarında olan yaşlı bireylerin GBT sonuçlarının incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yetişkin bireylerin GBT sonuçlarını inceleyen çalışmalarda, sonuçların yaş faktöründen etkilediği görülmüş, benzer durumun yaşlı bireylerde de olabileceği düşünülmüştür. Bu düşünceden yola çıkılarak, farklı yaşlı gruplarında GBT sonuçlarını incelemek amaçlanmış ve 2 numaralı hipotez oluşturulmuştur.

Çalışma verilerinin analizlerinde ilk olarak karşılaştırılan grupların cinsiyet dağılımları incelenmiş ve grupların cinsiyet dağılımlarının homojen olduğu bulunmuştur. Literatür incelenildiğinde, yaşlı bireylerin GBT ölçüm sonuçlarının cinsiyet faktöründen etkilendiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (10,11). Feeney ve Sanford (10) yaşlı erkeklerde kulak kanalı hacminin, kadınlara göre az miktarda da olsa daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Her ne kadar kulak kanalı hacmi, kulak zarında perforasyon varlığını ve basınç dengeleme tüplerinin açıklığını değerlendirmede kullanılsa da Shahnaz ve Bork (14), kulak kanalı hacminin RF'yi etkilediğini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, büyük kulak kanalı hacmine sahip yetişkinlerin daha düşük RF'ye sahip olduğunu ve bu durumda alçak frekanslı seslerin orta kulaktan iletimini artıracaklarını, küçük kulak kanalı hacmine sahip yetişkinlerin daha yüksek RF'ye sahip olduğunu ve dolayısıyla bu bireylerde yüksek frekanslı seslerin orta kulaktan iletiminin daha iyi olacağını ileri sürmüşlerdir. Her iki araştırmadan (10,14) elde edilen bilgiler birlikte yorumlandığında, yaşlı kadınların ve erkeklerin farklı kulak kanalı hacmine sahip olduğu, bu nedenle RF'nin ve dolayısıyla orta kulak ses iletim fonksiyonlarının da farklı olacağı düşünülmüştür. Cinsiyet faktörünün GBT ölçüm sonuçlarına etkisi, Mazlan ve diğ. (11) tarafından

yapılan çalışmada da gösterilmiştir. Bu çalışmada, 20 ile 82 yaş arasındaki yetişkinlerin GBA ölçüm sonuçları incelenmiş ve kadınlarda alçak frekans absorbans değerlerinin, erkeklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Literatürden (10,11, 14) elde edilen bu bilgiler ışığında, çalışmamızda grupların kadın, erkek dağılımlarının benzer olması, karşılaştırma sonuçlarımızın yorumlanmasında cinsiyet faktörünün herhangi bir etkisinin olmayacağını göstermektedir. Çalışmamızda, kadın ve erkek bireyler arasındaki farklılıklar incelenmemiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilen parametre sayısının fazla olması nedeniyle, bulguların sunumunda ve yorumlanmasında karmaşıklığı önlemek amacıyla, sadece yaş faktörü açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Bununla birlikte gelecekte, klinik değerlendirmelerde kullanılmak üzere, cinsiyet açısından yaşlı ve yaşlı alt gruplarına ait GBT değerlendirme verilerinin belirlendiği, çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Çalışmada, GBT ölçüm sonuçları incelendiğinde; RF'ye ait değerler, genç bireylerde (kontrol grubu) 870 Hz, yaşlı bireylerde (çalışma grubu) 780 Hz, yaşlılık alt dönemlerinde (çalışma alt grupları) ise erken yaşlılıkta (65-74 yaş arası) 759 Hz, orta yaşlılıkta (75-84 yaş arası) 745 Hz ve ileri yaşlılıkta (85 yaş ve üstü) 837 Hz olarak tanımlanmıştır. Literatürde, yaşlı ve genç bireylere ait RF'lerin bildirildiği çalışmalar incelenildiğinde; Lutman (74), yaş ortalaması 41 olan 67 yetişkin kulağa ait RF değerini, 871 Hz olarak bildirmiştir. Sezin ve diğ. (75) 21-46 yaş arası, yaş ortalaması 32 olan 60 yetişkin bireyin ortalama RF değerini 999.6 Hz, Şahin (72), ise 20-49 yaş arası, yaş ortalaması 32 olan 120 yetişkin kulağın ortalama RF değerini 912 Hz olarak belirtmiştir. Williams (12) tarafından yapılan çalışmada ise 18-25 yaş arası, yaş ortalaması 23 olan, 25 yetişkin kulağın ortalama RF değeri 764 Hz, 50-71 yaş arası, yaş ortalaması 60 olan 26 yaşlı yetişkin kulağın ortalama RF değeri 819 Hz olarak bildirilmiştir. Çalışmalarda bildirilen, yetişkin bireylere ait RF'ler incelenildiğinde, bildirilen değerler arasında farklılıklar olduğu dikkat çekmektedir (12,72,74,75). Ayrıca bu çalışmalarda bildirilen yetişkin RF değerlerinin, kontrol (genç) grubumuza ait değerlerden de farklı olduğu görülmektedir. Bu durumun, çalışmaların farklı yaş aralıklarında veya farklı etnik gruplarda yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda ve Sezin (75) ile Şahin'in (72) yaptığı çalışmalarda, aynı topluma ait yetişkin bireylerin RF değerleri incelenmesine karşın, yaş aralığı ve ortalaması daha genç olan kontrol (genç) grubumuza ait RF

değerinin, daha düşük olduğu görülmektedir. Yaş aralıkları ve ortalamaları kontrol (genç) grubumuzla benzer olan fakat etnik açıdan farklı bir gruba çalışan Williams'ın (12), bildirdiği RF değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatür ve çalışmamızdan elde edilen bu bilgiler ışığında, yetişkin bireylerle yapılan çalışmalarda yaş aralığı ve etnisite farklılıklarının, çalışma sonuçlarını karşılaştırmada ve yorumlarda zorluklara neden olduğu açıkça görülmektedir. Bu sorunun, ilerleyen dönemde yetişkin bireyler ile yapılacak çalışmalarda, uluslararası kabul gören, standart yaş aralıklarının kullanıldığı ve her toplumun kendi değerlerini belirlediği araştırmalar ile aşılabileceği düşünülmektedir. Benzer durumun, yaşlı bireylere ait RF sonuçlarında da olduğu görülmektedir. Williams'ın çalışmasındaki yaşlı gruba göre, yaş ortalaması daha yüksek ve yaş aralığı daha geniş olan yaşlı grubumuzun, RF değeri daha düşük elde edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda farklı yaş aralıklarında oluşturulan, yaşlı alt gruplarının ortalama RF değerlerinin de farklı olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, yaşlı bireylerin RF değerlerinin de etnik farklılıktan ve yaş faktöründen etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle, yaşlı bireylerle yapılacak benzer çalışmaların, 65 yaş ve üstü gibi geniş bir yaş aralığı yerine, farklı yaş gruplarıyla yapılması önerilmektedir. Bununla birlikte çalışmamızda yaşlı alt gruplarından elde edilen RF değerlerinin, gelecekte benzer yaş grupları ile yapılacak çalışmalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, RF değerlerinin gruplar arası karşılaştırma istatistik sonuçları incelendiğinde ise; yaşlılarda RF'nin, gençlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, farklı yaşlı gruplarına ait RF değerlerinde, anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. Ancak yaşlı alt gruplarından elde edilen RF değerleri sayısal açıdan karşılaştırıldığında, orta yaşlı grupta RF'nin erken yaşlı gruba göre daha düşük olduğu görülmüştür. Buna karşın ileri yaşlılık döneminde RF'nin, erken ve orta yaşlılık döneminden daha fazla olduğu görülmektedir. Yaşlı alt gruplarının RF'lerinde görülen bu sayısal farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı çıkmamasının, bu gruplarda analiz edilen kulak sayılarının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, ilerleyen dönemde daha yüksek örneklem hacimli benzer çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Orta kulakta, sertlik etkisinin arttığı durumlarda RF'nin yükseldiği, esnekliği artıran durumlarda ise RF'nin düşük elde edildiği bilinmektedir (56,76,77). Bu bilgidен yola

çıkarak, çalışmanın gruplararası RF karşılaştırma sonuçları yorumlandığında, yaşlanmayla beraber orta kulakta esneklik artışına bağlı olarak, yaşlı grubun RF değerinin genç gruba göre daha düşük elde edildiği söylenebilir. Bununla birlikte yaşlı alt gruplara ait RF verileri de yaşlı bireylerde orta kulak esnekliğinin, ileri yaşlılık dönemine kadar giderek arttığını ancak yaşın daha da ilerlemesiyle birlikte, orta kulakta esnekliğin azaldığını düşündürmektedir. Ancak literatür incelendiğinde, yaşlanmaya bağlı orta kulak esnekliğinde meydana gelen değişiklikleri araştıran histolojik, anatomik ve fizyolojik çalışma sonuçlarının, çelişkili olduğu görülmektedir. Etholm ve Belal (4) 51-70 yaş ve 70 yaş üzerindeki yaşlı bireylerden oluşturdukları grupları da kapsayan histolojik çalışmalarında, yaşlılarda kemik zinciri eklemlerinde, orta kulakta sertlik etkisini artıran artritik değişiklikler olduğunu ortaya koymuşlardır. Gaihede ve Koefoed-Nielsen (78) tarafından yapılan çalışmada da orta kulakta yaşa bağlı anatomik değişikliklerin olduğu belirlenmiş ve elde edilen sonuçların, orta kulakta yaşlanmaya bağlı olarak sertlik etkisinin arttığı teorisini, desteklediği bildirilmiştir. Beattie ve Leamy (79), yaşlanmaya bağlı timpanometrik bulgulardaki değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, orta kulakta sertlik etkisinin azalması ile tutarlı değişiklikler olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuç Wiley ve diğ. (80) tarafından 5 yıllık döneme ait incelemelerin yapıldığı boylamsal çalışmada da ortaya konmuştur. Yaşlılarda GBT ile ilk çalışmayı yapan Feeney ve Sanford (10), yaşlı orta kulaklarda gençlere göre sertlik etkisinin artmış olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Literatürde incelenen bu çalışma sonuçlarında görüldüğü üzere, yaşlanmaya bağlı olarak, orta kulakta hem esnekliğin arttığı hem de azaldığı yönünde farklı bulgular mevcuttur. Anatomik ve histolojik çalışmalarda yaşlanmaya bağlı orta kulakta esnekliğin azaldığı bildirilirken, fizyolojik çalışmaların bir kısmında orta kulakta esnekliğin arttığı, bir kısmında ise sertlik etkisinin arttığı ileri sürülmektedir.

Yaşlanmaya bağlı orta kulakta meydana gelen değişikliklerin araştırıldığı çalışma sonuçları ile çalışmamızdan elde edilen RF karşılaştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; yaşlanmaya bağlı esnekliğin azaldığını bildirilen çalışmalar (79,80), orta yaşlılık dönemine kadar RF'nin giderek azaldığı bulgumuzu desteklerken, yaşlanmaya bağlı sertlik etkisinin arttığını bildiren çalışmalar ise (4,78) orta yaşlılık döneminden sonra RF'nin yükseldiği bulgumuzu desteklemektedir. Bununla birlikte literatürdeki bu çalışmaların, bizim çalışmamızdan farklı olarak,

elde ettikleri sonuçları tüm yaşlı bireyler için genelleme yaparak bildirdikleri görülmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında, literatürde yaşlanmaya bağlı olarak orta kulakta hem esnekliğin arttığı hem de azaldığı yönünde çelişkili bulguların elde edilmesinde, bu çalışmaların farklı yaş gruplarında yürütülmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Gerek literatür gerekse çalışma bulgularımız, yaşlı bireylerde farklı yaş aralıklarında, konuyla ilgili detaylı anatomik, fizyolojik ve histolojik çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Geniş bant timpanometri değerlendirmelerinde, geniş bant reflektans ve geniş bant absorbans olmak üzere iki ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Geniş bant reflektans ölçüm yönteminde, kulağa gönderilen 226 Hz ile 8000 Hz arasında geniş bant akustik enerjinin, orta kulaktan geri yansıyan enerji miktarına oranı esas alınarak yorumlanır. Elde edilen 0 değeri tüm enerjinin absorbe edildiğini, 1 değeri ise tüm enerjinin yansıdığını gösterir (49,50). Birçok GBT çalışması, verilerini geniş bant reflektans olarak sunmuştur (10,56,81-83). Geniş bant absorbans ölçüm yönteminde ise, kulağa gönderilen geniş bant akustik enerjinin, orta kulak ve dış kulak tarafından absorbe edilen enerji miktarı oranına göre yorumlanır. Elde edilen değer 0 ise tüm enerjinin yansıdığını, 1 ise tüm enerjinin absorbe edildiğini gösterir (49). Çalışmamız da dahil geniş bant absorbans verilerini değerlendiren birkaç çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, ortam basıncında 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinin tüm gruplarda; 226 Hz'de akustik enerji absorbanasının en düşük oranda (%15-25) olduğu, 226 Hz'den başlayıp yaklaşık 1587-2000 Hz'e kadar akustik enerji absorbanasının artarak ilerlediği, 1587-2000 Hz'de azami orana (%70-80) ulaştığı, bu noktadan sonra yüksek frekanslara doğru azalarak ilerlediği ve 8000 Hz'de bu oranın %40-49'lara düştüğü görülmüştür. Margolis ve diğ. (81), normal işitmeye sahip 20-53 yaş arasında 20 bireyin ortam basıncında geniş bant reflektans ölçümü sonuçları incelenmiş ve alçak frekanslarda enerji reflektansının yüksek olduğunu (azalmış absorbans), yaklaşık olarak 1200 Hz ile 3500 Hz'e kadar giderek reflektansın düştüğünü, bu frekanslarda en düşük reflektans oranının olduğunu (en yüksek absorbans) ardından 8000 Hz'e kadar giderek tekrar reflektansın yükseldiğini (absorbansın azaldığı) bildirmişlerdir. Bu çalışmada bildirilen enerji reflektans örüntüsü, absorbe edilen enerjiye göre yorumlandığında, çalışmamızdan elde edilen örüntü ile benzer olduğu görülmektedir. Williams (12) tarafından yapılan çalışmada

da yaşlı ve genç erişkin bireylerde, ortam basıncında akustik enerji absorbanasının, 226 Hz’de en düşük oranda olduğu, 1587 Hz’e kadar giderek arttığı bu noktadan 8000 Hz’e kadar giderek azaldığı görülmektedir. Hem literatürden (10,12,81) hem de çalışmamızdan elde edilen absorbanans değerlerinin; 1000-3000 Hz’lerde en yüksek değerlere ulaştığı pivot bir frekans noktasının olduğu, 226 Hz’den pivot frekans noktasına kadar absorbanans giderek arttığı, bu pivot frekans noktasından sonra 8000 Hz’e kadar giderek azaldığı ve bu durumun tüm erişkin bireylerde (genç, orta ve yaşlı) olduğu görülmektedir. Sonuç olarak literatürle uyumlu olarak elde edilen bulgulardan yola çıkarak, ortam basıncında 1/3 oktavlık frekanslardan elde edilen absorbanans değerlerinin bir örüntü oluşturduğu ve bu örüntünün yaş faktöründen etkilenmediği düşünülmüştür.

Çalışmamızda ortam basıncında genç ve yaşlı gruplara ait 1/3 oktav frekanslardaki absorbanans değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistikleri incelendiğinde; yaşlı bireylerde 226 Hz ile 2000 Hz arasındaki frekans absorbanans değerlerinin genç bireylere göre daha fazla olduğu, bu farkın 226 Hz ile 1000 Hz arasındaki frekanslarda istatistiksel açıdan anlamlı olduğu, 2000Hz ile 8000 Hz arasındaki frekans absorbanans değerlerinin ise yaşlılarda daha düşük olduğu ve bu farkın 3175 Hz ve 6350 Hz arasındaki frekanslarda istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde; Feeney ve Sanford (10) tarafından yapılan, 40 genç erişkin ve 30 yaşlı erişkinin ortam basıncında geniş bant reflektans ölçüm sonuçlarını karşılaştırdıkları çalışmada, 800-2000 Hz arasındaki alçak frekanslarda reflektansın yaşlılarda gençlere göre daha az (absorbanansın daha fazla) olduğu, 4000 Hz’e yakın yüksek frekanslarda ise reflektansın gençlere göre daha fazla (absorbanansın daha az) olduğu bildirilmektedir. Williams (12), 26 yaşlı erişkin kulak ile 25 genç erişkin kulağın ortam basıncında 1/3 oktavlık frekanslardaki genişbant absorbanans değerlerini karşılaştırmış, alçak frekanslarda absorbanansın yaşlılarda gençlere göre daha fazla olduğunu, yüksek frekansda ise yaşlı erişkinlerde absorbanansın genç erişkinlere göre daha düşük olduğunu bildirmiştir. Mazlan ve diğ. (11)’nin erişkinlerde yaşın, ortam basıncında geniş bant absorbanans sonuçları üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, en yüksek absorbanans noktalarının 1780 ve 2830 Hz olduğu, 2200 Hz ile 5000 Hz arasındaki yüksek frekanslar absorbanans değerlerinin, yaşlılarda gençlere göre anlamlı derecede

daha düşük olduğu bulunmuştur. Carpenter ve diğ. (67), ortam basıncında 1007 ile 5039 Hz arasında reflektans değerlerinin yaşlı bireylerde daha yüksek olduğunu (düşük absorbans) bulmuşlardır. Çalışmamızda da yaşlı bireylerin ortam basıncı absorbans değerlerinin gençlere göre alçak frekanslarda daha yüksek, yüksek frekanslarda daha düşük olduğu bulunmuştur. Literatürle (10-12, 67) uyumlu olarak elde edilen bu bulgular, GBT değerlendirme parametrelerinden olan ortam basıncı 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinin, yaşlanmaya bağlı orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana gelen değişikliklerden etkilendiğini göstermektedir. Shahnaz ve diğ. (56), orta kulakta sertlik etkisinin arttığı durumlarda, ortam basıncı alçak frekans reflektans değerlerinin arttığını (absorbansın azaldığını) belirtmişlerdir. Feeney ve diğ. tarafından 2003 yılında ve 2009 yılında yapılan iki farklı çalışmada (82,83) ise orta kulakta esnekliğin arttığı durumlarda ortam basıncı alçak frekans reflektansının azaldığını (absorbansın arttığını) bildirilmiştir. Bu çalışma bulgularından yola çıkarak, çalışmamızda yaşlı bireylerin ortam basıncı alçak frekans absorbans değerlerinin gençlere göre daha yüksek elde edilmesinin, yaşlanmanın orta kulak esnekliğini artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca bu çalışmalardan farklı olarak, çalışmamızda yaşlı bireylerin yüksek frekans absorbans değerleri daha düşük elde edilmiş ve orta kulakta esneklik artışının, alçak frekans absorbans değerlerini artırmasına ek olarak yüksek frekans absorbans değerlerini de azalttığı düşünülmüştür. Bununla birlikte, çalışmamızda elde edilen bu bulguyu ve yorumu (orta kulakta esneklik artışının yüksek frekans absorbans değerlerini de azalttığı), destekleyecek herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, gelecekte farklı orta kulak patolojileri olan yetişkinlerde (esnekliği artıran, sertliği artıran) alçak ve yüksek frekans absorbans değerlerinin incelendiği çalışmaların yapılmasının, yararlı bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

Farklı yaşlı gruplarına ait ortam basıncı 1/3 oktavlık frekanslardaki absorbans değerlerinde meydana getirdiği değişiklikleri incelediğimizde; 5040 ve 6350 Hz frekans absorbans değerlerinde elde edilen farklılığın anlamlı olduğu, bu iki yüksek frekans noktasında da absorbans değerlerinin orta yaşlılık dönemine kadar giderek azaldığı, ileri yaşlılık döneminde ise erken ve orta yaşlılık dönemlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Literatür incelenildiğinde farklı yaşlılık dönemlerine ait GBT ölçüm sonuçlarını inceleyen bir çalışmaya rastlanılmadığı gibi orta kulakta meydana gelen

değişiklerin yüksek frekans absorbans değerleri üzerindeki etkisini gösteren herhangi bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Bu durumun, GBT ölçümlerinin kliniklerde yaygın olarak kullanılmaya başlamamasından kaynakladığı düşünülmektedir. Bununla birlikte yaşlı alt gruplarından elde ettiğimiz bu bulgular, çalışmamızda yaşlı alt grup RF değerlerinin ve yaşlı ile genç grup ortam basıncı absorbans değerlerinin karşılaştırma sonuçlarından yola çıkılarak tartışılmıştır. Çalışmamızda yaşlı alt grup RF'den elde edilen veriler, yaşlanmayla beraber orta kulakta esnekliğin ileri yaşlılık dönemine kadar giderek arttığı ancak ileri yaşlılık döneminde orta kulakta sertlik etkisinin arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Genç ve yaşlı bireylerin ortam basıncı absorbans değerlerinin karşılaştırma sonuçlarından elde edilen veriler literatür bilgilerinden yola çıkılarak yaşlanmanın orta kulakta esnekliği arttırdığı ve bu durumda yüksek frekans absorbans değerlerini azalttığı düşünülmüştür. Çalışmamızdan elde edilen bu bilgiler ışığında yaşlı alt gruplarının ortam basıncı 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinde görülen değişiklikler ve nedenleri sırasıyla şu şekilde yorumlanmıştır. Yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak orta kulakta meydana gelen değişikliklerin GBT ölçüm sonuçlarını etkilediği, bu etkilerin belirli yüksek frekanslardaki absorbans değerlerinde görüldüğü düşünülmektedir. Ayrıca yaşlı bireylerde ileri yaşlılık dönemine kadar ortam basıncı yüksek frekans absorbans değerlerinin giderek azaldığı ve bu durumun orta kulakta esnekliğin ileri yaşlılık dönemine kadar giderek artmasından kaynaklandığı, ileri yaşlılık döneminde ise yüksek frekans absorbans değerlerinin diğer dönemlerden daha yüksek olduğu ve bu durumun da ileri yaşlılık döneminde sertlik etkisinin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ek olarak çalışmamızda yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak ortam basıncı 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinden ve RF'den elde edilen sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışmanın bir diğer GBT değerlendirme parametresi olan, tepe basıncında 1/3 oktav frekansların absorbans değerlerine ait analiz sonuçları incelendiğinde, ortam basıncında tüm gruplarda elde edilen örüntünün, benzer şekilde tepe basıncı absorbans değerlerinde de olduğu görülmektedir. Tepe basıncında da tüm gruplarda, en düşük absorbans oranının (%16-26) 226 Hz'de olduğu, 226 Hz'den yaklaşık 1587-2000 Hz'e kadar akustik enerji absorbansının artarak ilerlediği, 1587-2000 Hz'de enerji absorbansının azami orana (%75-85) ulaştığı, bu noktadan sonra yüksek

frekanslara doğru azalarak ilerlediği ve 8000 Hz'de bu oranın %40-50'lere düştüğü görülmektedir. Literatür incelendiğinde, farklı yetişkin yaş gruplarında yapılan çalışmalarda da benzer bulguların bildirildiği görülmektedir. Williams (12)'in çalışmasında 50 ile 71 yaş arası 26 yaşlı yetişkin kulağın tepe basıncında 1/3 oktav frekanslarda absorbansın, en düşük oran ile 226 Hz'den (%23 oranında) başlayıp, 1260 Hz'e kadar artarak ilerlediği, 1260 Hz'de emilimin %74 oran ile en üst düzeye ulaştığı, bu frekansdan sonra 8000 Hz'e azalarak ilerlediği ve 8000 Hz'de % 33'e düştüğü görülmektedir. Aynı çalışmada 18 ile 25 yaş arası 25 genç yetişkin kulakta da tepe basıncında 1/3 oktav frekanslarda absorbansın en düşük oran ile 226 Hz'den (%18 oranında) başlayıp, 1587 Hz'e kadar artarak ilerlediği, 1587 Hz'de emilimin %69 oran ile en üst düzeye ulaştığı, bu frekansdan sonra 8000 Hz'e azalarak ilerlediği ve 8000 Hz'de % 28'e düştüğü görülmüştür. Margolis ve diğ. (81), 20-53 yaş arası yetişkinlerde tepe basıncında yapılan ölçümlerde 3500 Hz'in altındaki frekanslarda reflektansın arttığını (absorbansın azaldığını) 3500 Hz'in üzerindeki frekanslarda reflektansın azaldığını (absorbansın arttığını) bildirmişlerdir. Polat ve diğ. (66), genç bireylerin basınçlı ortamda, 1/3 oktav frekanslarda absorbansın en düşük oranda 226 Hz'den (%12) başlayıp 2519 Hz'e kadar arttığını, bu frekans noktasında en yüksek oranda olduğunu (%72) sonra 8000 Hz' kadar giderek azaldığını ve 8000 Hz'de absorbansın %33'e düştüğünü belirlemişlerdir. Hem literatürden (66,81,12) hem de çalışmamızdan elde edilen bulgular, tepe basıncında da absorbans değerlerinin 1000-3000 Hz'lerde en yüksek değerlere ulaştığı pivot bir frekans noktasının olduğu, 226 Hz'den pivot frekans noktasına kadar absorbans değerlerinin giderek arttığı, bu pivot frekans noktasından sonra 8000 Hz'e kadar giderek azaldığı ve bu durumun tüm yetişkin bireylerde (genç, orta ve yaşlı) olduğu görülmektedir. Sonuç olarak literatürle uyumlu olarak elde edilen bulgular ışığında, tepe basıncında da ortam basıncında olduğu gibi 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinin örtüntü oluşturduğu bu örüntünün yaş faktöründen etkilenmediği ve ortam basıncı ile tepe basıncı örüntülerinin benzer olduğu düşünülmüştür.

Çalışmamızda tepe basıncında genç ve yaşlı bireylere ait 1/3 oktav frekanslardaki absorbans değerlerinin tanımlayıcı ve karşılaştırma istatistikleri incelendiğinde; yaşlı bireylerde 226 Hz ile 2000 Hz arasındaki frekans absorbans değerlerinin genç bireylere göre anlamlı derecede daha fazla olduğu, 2000Hz ile

8000 Hz arasındaki frekans absorbans değerlerinin ise yaşlı bireylerde daha düşük olduğu ve bu durumun 4000 Hz ile 8000 Hz'deki arasındaki frekanslarda istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur. Literatürde konuyla ilgili benzer çalışmalar incelendiğinde, yaşlanmaya bağlı GBT sonuçlarında meydana gelen değişikliklerin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma olduğu (10-12,67) ve bu çalışmaların çoğunun da ortam basıncı absorbans değerlerindeki değişiklikleri inceledikleri görülmektedir. Williams (12), yaşlı ve genç erişkin kulakların tepe basıncında 1/3 oktavlık frekanslardaki absorbans değerlerini karşılaştırmış, 226Hz ile 1260 Hz arası düşük frekanslarda absorbansın yaşlılarda gençlere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu, 4000 ve 5040 Hz yüksek frekanslarda ise yaşlı erişkinlerde absorbansın genç erişkinlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğunu bildirmiştir. Williams'ın çalışması ile çalışmamızdan elde edilen bulguların birbiri ile uyumluluğu görülmektedir. Çalışmamızdan elde edilen veriler, yaşlanmanın orta kulak sistemi üzerinde meydana getirdiği anatomik ve fizyolojik değişikliklerin, tepe basıncında da alçak frekanslı seslerin iletimini artırırken, yüksek frekanslı seslerin iletimini azaltacağını göstermektedir. Tüm bu bulgular ışığında, bu çalışma kapsamında GBT ölçüm değerlendirme parametresi olarak alınan, tepe basıncında 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinin de yaşlanmaya bağlı orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana gelen değişikliklerden etkilendiğini göstermektedir.

Çalışmada yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak, tepe basıncı 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinde farklılık olup olmadığı incelenmiş ve 794, 1000, 1250, 5040 ve 6350 Hz'lerde anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur. İleri yaşlılık dönemine kadar, alçak frekans (794, 1000, 1250 Hz) absorbans değerlerinin giderek azaldığı, ileri yaşlılık döneminde anlamlı bir şekilde arttığı, yüksek frekanslarda (5040 ve 6350 Hz) ise ileri yaşlılık dönemine kadar giderek azaldığı ve ileri yaşlılık döneminde anlamlı şekilde arttığı bulunmuştur. Çalışmamızda yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak tepe basıncında 1/3 oktav frekans absorbans değerlerinde meydana gelen değişiklikler incelendiğinde, ortam basıncından farklı olarak alçak frekanslarda da anlamlı farklılıklar elde edildiği görülmektedir. Bu durumun literatürde vurgulanan, orta kulak iletim mekanizmasında meydana gelen değişiklikleri belirlemede tepe basıncında yapılan absorbans ölçümlerinin daha duyarlı sonuçlar vermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatür

incelenildiğinde, tepe basıncında daha duyarlı sonuçlar alınmasının, ortam basıncında yapılan ölçümlerde kulak zarının her iki yüzünde basınç eşitliğinin sağlanamamasından kaynaklandığı belirtilmektedir (13,71,84). Daha açık bir ifadeyle; ortam basıncında yapılan ölçümlerde, 0 dapa basınçta elde edilen absorbans değerleri belirlenmektedir. Ancak ortam basıncı (0 daPa), her zaman kulak zarının iki yüzündeki basıncın eşit olduğu, basınç değeri olmayabilir. Bu nedenle kulak zarının iki yüzündeki basıncın birbirine eşit olduğu tepe basıncında elde edilen absorbans değerleri daha yüksek elde edilir ve orta kulak ses iletim mekanizmasında meydana gelen değişikliklerin etkisini belirlemede daha hassas sonuçlar elde edilir. Tüm bu bilgilerden yola çıkarak elde ettiğimiz verileri yorumlayacak olursak, yaşlı bireylerde yaş artışına bağlı olarak orta kulakta meydana gelen değişiklikleri ortaya koymada, ortam basıncına kıyasla tepe basıncında 1/3 oktav frekanslardaki absorbans değerlerinin daha detaylı sonuçlar ortaya koyduğu düşünülmektedir. Literatürde yaşlanmanın GBT sonuçları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların çoğunlukla ortam basıncı ölçüm sonuçlarını incelediği görülmüş, bu durumun da ortam basıncı ölçümlerinin yeni bir teknolojik gelişme olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Oysa çalışma sonuçlarımız ve literatür bilgileri (13,71,84), yaşlanmanın orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana getirdiği değişiklikleri incelemeye, tepe basıncı absorbans değerlerinin daha duyarlı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Bu nedenle ilerleyen dönemlerde yaşlı bireylerle yapılacak GBT çalışmalarında, ortam basıncı ve tepe basıncı absorbans değerlerinin birlikte incelenmemesinin daha yararlı bilgiler sağlayacağı düşünülmekte ve önerilmektedir.

Çalışmanın son değerlendirme parametresi olan 107 frekans noktasına ait absorbans değerleriyle oluşturulan ortam basıncı ve tepe basıncı GBA grafikleri incelendiğinde; tüm gruplara ait grafik eğrilerinin birbiriyle benzer olduğu sadece yaşlı ve yaşlı alt gruplarına ait grafiklerin yüksek frekans bölgesinde, genç gruptan farklı olarak çift tepe olduğu (genç bireylerde tek tepe) görülmüştür. Ayrıca tüm yaş gruplarında, tepe basıncı ve ortam basıncı grafik eğrileri arasında alçak frekans bölgesinde bir açıklık olduğu görülmüştür. Bu açıklığın istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını belirlemek için tüm grupların, ortam basıncı ve tepe basıncı alçak frekans absorbans değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, tüm grupların tepe basıncı alçak frekans absorbans değerlerinin ortam basıncından

anlamli derecede daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ortam basıncı ve tepe basıncı grafik eğrilerinin alçak frekans bölgesinde elde edilen açıklığın, gruplar arasında da farklı olduğu görölmüş ancak istatistiksel açıdan anlamli olmadığı bulunmuştur. Literatürde absorbans grafiklerine ilişkin bulgular araştırıldığında, yüksek frekans bölgesinde minimal bir tepenin görüldüğu iki çalışmaya rastlanmıştır. şahin (72)'in çalışmasında, yetişkin gruptan elde edilen absorbans grafikleri incelendiğinde çalışmamızda genç gruptan elde edilen absorbans grafikleriyle benzer olduğu, görölmektedir. Kaya (73)'nin çalışmasının kontrol grubunu oluşturan 3-37 yaş arası bireylerde de benzer grafik konfüğürasyonun olduğu ve 4896 Hz noktasında minimal bir tepenin oluştuğu görölmektedir. Çalışmamızda, genç gruba ait absorbans grafiklerinin yüksek frekans bölgesinde elde edilen minimal tepenin, literatürle uyumlu olduğu görölmüş ve bu bulgunun etnisteden kaynaklandığı düşünölmüşür. Bununla birlikte, çalışmamızda yaşlı gruba ait absorbans grafiklerinin yüksek frekans bölgesinde iki minimal tepe elde edilmiştir. Çalışmamız dahil absorbans grafiklerinin incelendiği çalışmalar (72,73) orta kulak patolojisi olmayan bireylerden elde edilen verilerin temel alındığı çalışmalardır. Yaşlı gruptan elde edilen ikinci tepenin de etnisiteden kaynaklandığı düşünölmekle beraber bu bulgunun anlamlılığını göstermede orta kulak patolojisine sahip yetişkin bireylerde benzer çalışmaların yapılmasının yararlı olacağı düşünölmektedir.

Çalışmada, tüm grupların ortam basıncı ve tepe basıncı grafik eğrilerinin alçak frekans bölgesinde belirgin bir açıklık olduğu görölmüş ve bu durumun tepe basıncı alçak frekans absorbans değerlerinin ortam basıncı absorbans değerlerinden anlamli derecede daha yüksek olmasından kaynaklandığı bulunmuştur. Literatür incelenildiğinde, elde edilen bu bulgunun diğer çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görölmüşür. Margolis ve diğer. (81) tarafından 20-53 yaş arası normal işitmeye sahip yetişkin bireylerle yapılan çalışmada, ortam basıncında alçak frekanslardaki yansımanın tepe basıncından yüksek olduğu (absorbansın düşük) belirlenmiştir. Liu ve diğer. (49), yetişkinlerde basınçlı ve basınçsız ortamlarda akustik enerji absorbans değerlerini incelenmiş ve alçak frekanslarda basınçlı ortamda ölçölen absorbans oranlarının, ortam basıncında ölçölen absorbans oranlarından daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Williams (12), yetişkinlerde yaştan bağımsız olarak alçak frekanslarda akustik enerji absorbansının tepe basıncında ortam basıncından daha

fazla olduğunu bildirmiştir. Ek olarak, literatürde tepe basıncı absorbans değerlerinin ortam basıncından daha yüksek elde edildiği, bu nedenle absorbans ölçümlerinin tepe basıncında yapılmasının orta kulak problemlerini belirlemede daha duyarlı sonuçlar verdiği, ancak basınçlı ölçümlerin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda (cerrahi sonrası vb.) ortam basıncında yapılan ölçümlerin tercih edilebileceği bildirilmektedir (13,71,84). Tüm bu bilgiler ışığında, çalışmamızda ortam basıncı ve tepe basıncı absorbans grafiklerinin alçak frekans bölgesinde elde edilen açıklığın; literatürle (12,49,81) uyumlu olduğu, elde edilen bu grafik konfigürasyonunun yetişkinlerde yaş faktöründen etkilenmediği ve yine literatürde vurgulanan (13,71,84) tepe basıncı absorbans ölçümlerinin daha hassas sonuçlar verdiği bilgisini desteklediği görülmektedir. Sonuç olarak; klinik açıdan ortam basıncı ve tepe basıncı 107 frekans noktasına ait absorbans değerlerinin incelenmesinin zor olduğu bu nedenle değerlendirmelerde absorbans grafiklerinin incelenmesinin daha pratik olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte hem farklı orta kulak patolojilerine hem de sağlıklı orta kulağa sahip yetişkinlerin absorbans grafiklerinin incelendiği çalışmaların, absorbans grafiklerini yorumlamaya önemli katkılar sağlayacağı düşünülmekte ve gelecekte konuyla ilgili daha fazla sayıda çalışmanın yapılması önerilmektedir.

Timpanometrik ölçüm sonuçları hem iletim sistemi hakkında hem de diğer odyolojik test sonuçlarını yorumlamada ve çapraz kontrollerde kullanılmak üzere önemli bilgiler sağlar. Timpanometrik ölçüm sonuçlarını etkileyebilecek değişkenler diğer odyolojik test sonuçlarını da etkileyebilir (2). Bu nedenle çalışmamızda yaşlanmaya bağlı iletim sisteminde meydana gelen anatomik ve fizyolojik değişikliklerin GBT sonuçları üzerine etkisini incelemeye ek olarak yaşlı bireylerde GBT bulguları ile klinikte rutin olarak kullanılan subjektif (davranışsal) ve objektif (elektrofizyolojik) test sonuçları arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir.

Davranışsal odyometri test sonuçlarına göre hava ve kemik işitme eşikleri arasındaki fark alınarak elde edilen HKA değerleri, orta kulak ses iletim fonksiyonlarında meydana gelen değişiklikleri gösteren ve timpanometrik ölçüm sonuçları ile çapraz kontrollerde kullanılan klinik ölçütlerden biridir. HKA değerlerinin 15 dB ve üzerinde olması iletim sistemini etkileyen bir patoloji olduğunu göstermektedir (38). Bu çalışmada, yaşlanmaya bağlı olarak orta kulak ses

iletim fonksiyonunda meydana gelen değişiklerin, HKA değerleri ile GBT ölçüm sonuçları üzerindeki etkileri arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Böylece yaşlı bireylerde GBT ölçüm sonuçları ile HKA değerlerinin çapraz kontrollerde birlikte kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Çalışmamızda 500-1000-2000 ve 4000 Hz’lerde HKA değerlerinin ortanca değerleri tüm gruplarda (genç, yaşlı ve yaşlı alt gruplarında) 15 dB’den az olduğu, ancak 4000 Hz frekanslarda HKA ortanca değerinin yaşlı bireylerde genç bireylere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ek olarak, çalışmamızda yaşlı bireylerin GBT bulguları ile HKA değerlendirme verileri arasındaki ilişki incelenildiğinde, 4000 Hz HKA değeri ile 6350 Hz ortam ve tepe basıncı absorban değerleri arasında orta derecede pozitif yönde bir ilişki olduğu bulunmuştur. Literatürde, HKA değerinin yaşlılarda gençlere göre orta ve yüksek frekanslarda anlamlı derecede daha yüksek olduğunu, bu nedenle yaşlanmaya bağlı işitme kayıplarında sensörinöral işitme kaybına ek olarak iletim tip komponentin de olabileceğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (85,86,10). Nixon ve diğ. (85), yaşlanmaya bağlı olarak 4000 Hz HKA değerinde belirgin bir yükselme olduğunu ve bu durumun orta kulakta sertlik etkisinin azalmasına bağlı olarak ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ancak Randolp ve Schow (3), yaşlı erişkinlerde yüksek frekanslarda HKA değerinin yüksek elde edilmesinin, orta kulaktaki sertlik etkisinden kaynaklanmadığını, kulaklık yerleştirme sırasında kulak kanalındaki kollapsa bağlı olduğunu savunmuşlardır. Marshall ve diğ. (86), ölçümleri hem supra-aural hem de sirkum-aural kulaklıklarla yapmış ve kulaklıkların neden olduğu kulak kanalındaki kollaps ile açıklamanın yeterli olmadığını, bu farkın yaşlanmaya bağlı orta kulak sistemindeki esneklik artışına bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Feeney ve Sanford (10), yaşlı erişkinlerde HKA değerlerinin genç erişkinlere göre daha yüksek olduğunu, özellikle 4000Hz ‘de farkın diğer frekanslara göre daha belirgin olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada hava yolu eşikleri insert kulaklıklar ile belirlendiği için elde edilen farkın kulak kanalındaki kollaps nedeniyle olmayacağını bildirilmişlerdir. Yine aynı çalışmada HKA değeri ile geniş bant enerji reflektans değerleri arasında ilişki bulamadıklarını bunun nedeninin dahil olma kriterlerinde yer alan HKA değerinin 10 dB altında olması şartından kaynaklanmış olabileceğini savunmuşlardır. Ancak bu kısıtlamaya rağmen yaşlanmaya bağlı işitme kayıplarında iletim komponentini destekleyecek şekilde iki grup arasında HKA değerlerinde anlamlı fark

bulduklarını bildirmişlerdir. Bunun yanısıra literatürde, bazı araştırmacıların normal orta kulak fonksiyonuna sahip hastalarda da 4kHz'de HKA'da bir artış olduğunu bildirdikleri görülmektedir. Araştırmacılar bu durumun, kemik ossilatörden kaynaklanan akustik yayılımın kemik yolu işitme eşiklerini kirletmesinden kaynaklanmış olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu hipotezi araştırmak için yapılan çalışmalarda, bir kısım araştırmacı akustik radyasyona dair, 4kHz'de 3-7 dB arasında küçük bir etki belirlerken (87-89), diğerleri akustik radyasyonun kemik yolu eşik ölçümleri üzerinde hiçbir etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir (90-92). Nondahl ve diğ. (93), 48 ile 92 yaş arası erişkinlerde 4 kHz'de HKA değerlerinin yüksek elde edilme prevalansını ve 10 yıl içindeki insidansını incelemiş, prevalansın %3.2 insidansın %9.2 olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar 4 kHz'de HKA değerlerinin yaşla birlikte arttığını belirlemişlerdir. Popelka ve diğ. (94), kemik yolu işitme eşiklerinin, hava yolu işitme eşikleri ile kıyaslandığında daha dar bir frekans aralığında elde edilmesinin klinik açıdan kısıtlılığa neden olduğunu, yüksek frekans kemik yolu işitme eşiklerinin belirlenememesinin hem iletim tip hem de sensörinöral tip işitme kayıplarının tanısında bilgi eksikliği oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar bu düşünceden yola çıkarak, laboratuvarlarında 16 kHz frekansa kadar kemik yolu işitme eşiklerinin belirlenebildiği bir kemik vibratör geliştirmişler ve normal işitmeye sahip bireyler ile sensörinöral işitme kaybı olan bireyleri değerlendirmişlerdir. Yaptıkları değerlendirmelerde sensörinöral işitme kaybı tanısı alan bireylerin, yüksek frekans hava ve kemik yolu işitme eşikleri arasında klinik açıdan anlamlı fark olduğunu bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda sensörinöral işitme kaybının doğru bir şekilde tanılanmasının, daha yüksek frekanslarda iletim mekanizması fonksiyonuyla ilgili bilgi veren kemik stimülatörlerle mümkün olabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da literatürle (10,85,86,93) uyumlu olarak, 4 kHz HKA değerinin, yaşlı bireylerde genç bireylere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte yaşlı bireylerde 4 kHz HKA değerleri ile 6350 Hz ortam ve tepe basıncında GBA değerleri arasında orta derecede pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen bu bulgular, yukarıda verilen literatür bilgileri (10,85,86,90-93) ile yorumlandığında, yaşa bağlı işitme kayıplarında, yüksek frekanslarda iletim tip komponentin de olabileceği düşünülmektedir. İletim tip işitme kayıplarından farklı olarak yaşa bağlı işitme

kayıplarında iletim tip komponentin yüksek frekanslarda görülmesinin, yaşlanma sürecinde orta kulakta meydana gelen anatomik ve fizyolojik değişikliklerin yüksek frekans ses absorpsiyonunu etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak çalışmamızda, yaşlı bireylerin HKA değerlerinde yalnızca 4 kHz’de anlamlı farklılık elde edilmiş ve bu farklılık ile yüksek frekans absorpsiyon değerleri arasındaki ilişkisinin de orta derecede olduğu bulunmuştur. Bu durumun, kemik stimülatörlerin teknik kısıtlamaları nedeniyle, HKA değerlerinin 4 kHz’in üstünde yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Gelecekte 4 kHz’in üstündeki yüksek frekanslarda HKA değerlerinin de belirlendiği ileri teknolojik yöntemlerle yapılacak benzer çalışmaların, HKA değerleri ile GBT bulguları arasında ilişkiyi daha net ve güçlü bir şekilde ortaya koyabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda, yaşlanmış orta kulağın ses iletim fonksiyonlarında meydana gelen değişikliklerin, odyolojik testlerden bir diğeri olan DPOAE testi ile GBT ölçüm sonuçları üzerindeki etkileri arasında bir ilişki olup olmadığı da incelenmiştir. Böylece yaşlı bireylerde GBT ölçüm sonuçları ile DPOAE test sonuçlarını çapraz test kontrollerinde birlikte kullanılıp kullanılamayacağına ortaya konulması hedeflenmiştir. Orta kulak fonksiyonu hakkında da bilgi sağlamanın yanı sıra 30 dB üzeri sensörinöral işitme kayıplarında da ölçülebilmesi ve frekansa spesifik bilgi vermesi nedeniyle, tüm katılımcılar diagnostik DPOAE ile değerlendirilmiştir. Artefakt gürültünün dahil olmaması ve güvenilir ölçüm performansı nedeniyle sinyal gürültü oranı (SGO) değerlendirme parametresi olarak kullanılmıştır. Ölçümlerde 1 kHz’in altındaki frekanslarda bireylerden kaynaklanan fizyolojik gürültü ve 6 kHz’in üstündeki frekanslarda ise sistem hatalarının DPOAE ölçüm sonuçlarını etkilemesi nedeniyle 1000-1500-2000-3000-4000-6000 Hz frekanslarda değerlendirme yapılmıştır (45,95). Çalışma sonucunda, yaşlanmaya bağlı SGO’nda anlamlı bir azalmanın olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, yaşlı bireylerde, $f_2 = 4000$ Hz’de SGO ile basınçlı ve basınçsız ortamdan bağımsız 4000 Hz frekans absorpsiyon değerleri arasında orta derecede pozitif yönde bir ilişki olduğu, diğer bir deyişle yaşlı yetişkinlerde 4000 Hz frekanstaki absorpsiyon azaldıkça $f_2 = 4000$ Hz’deki SGO’nun anlamlı şekilde azaldığı belirlenmiştir. Uchida ve diğ. (96) OAE testlerinin, orta kulak durumundan ne derece etkilediğini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada DPOAE testini etkilememesi için yaş ve odyometrik

işitme eşikleri yapılandırılmış ve SNR oranları ile TTB, statik admitans ve RF değerleri arasında ilişki değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunca DPOAE'ların orta kulak durumundan etkilendiği bu nedenle DPOAE ile koklea fonksiyonu değerlendirilmelerinde timpanometrik değerlendirmelerinde dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir. Uchida ve diğ. (97), tarafından yaşlanmanın işitme eşiklerinde meydana getirdiği değişikliklerden bağımsız olarak DPOAE üzerinde etkisini incelemek amacıyla başka bir çalışma daha yapılmıştır. Bu çalışmada yaşları 40 ile 82 arasında, normal orta kulak fonksiyonuna sahip, 500-1000-2000-4000-8000 Hz hava yolu işitme eşikleri 15 dB ve altında olan 1042 yaşlı yetişkin değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada 3 yaş grubuna (40-49, 50-59, 60 ve üstü) ayrılan yetişkinlerin DPOAE seviyeleri incelenmiş ve DPOAE cevapların yaşlanmaya bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir. Abdala ve Dahr (98), yenidoğan bebeklerden yaşlı erişkinlere kadar geniş yaş aralığındaki katılımcıların dahil olduğu, yedi yaş grubunda DPOAE sonuçlarını incelemiş ve yaş artışıyla DPOAE cevaplarda azalma olduğu, en belirgin azalmanın ise yaşlılık döneminde olduğunu bildirilmişlerdir. Shrairer ve diğ. (17), normal orta kulak fonksiyonlarına ve işitme eşiklerine sahip 20 erişkin bireyde, ortam basıncında genişbant enerji reflektans değerleri ile DPOAE seviyeleri ve SGO'ları arasındaki ilişki incelemiş ve 4000 Hz'de enerji yansıması arttıkça, $f_2=4000$ DPOAE seviyelerinin ve SGO'larının azaldığını bildirmişlerdir. Williams (12), yaşlı erişkinlerde genişbant absorbans değerleri ile DPOAE seviyeleri arasında ilişkiyi incelemiş ve ortam basıncında $f_2=4000$ Hz'deki DPOAE seviyeleri ile 4000 genişbant absorbans değerleri arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu bulmuştur. Çalışmamızda da literatürle uyumlu (97,98) olarak yaşlı bireylerin DPOAE testi SGO'larının genç bireylere göre anlamlı derecede daha düşük olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte çalışmamızda $f_2=4000$ Hz'deki SGO ile basınçlı ve basınçsız ortamda 4000 Hz frekans absorbans değerleri arasında anlamlı ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen bu sonucun, Keefe ve Abdala (99) tarafından yapılan çalışmada savundukları gibi kulak kanalı akustiğinin $f_2=3000$ ve 4000 Hz'deki DPOAE ölçümlerine etkisinden kaynaklandığını düşünülmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, yaşlı bireylerde 4000 Hz ortam ve tepe basıncında absorbans değerlerinin $f_2= 4000$

Hz'deki DPOAE SGO yorumlanmasına yardımcı olabileceğini ve dolayısıyla çapraz kontrollerde kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda literatürden farklı olarak erken, orta ve ileri yaşlılık alt dönemlerine ait GBT bulgularının değerlendirilmesinin, çalışmamızı güçlü kılan yönü olduğu düşünülmektedir. Bu açıdan elde ettiğimiz bulguların, literatüre yeni katkılar sağlayacağı ve gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Çalışmamızda bazı kısıtlılıkların, elde edilen sonuçların yorumlanmasında limitasyonlara neden olduğu görülmüştür. Çalışmada yaşlı bireylerin 4 kHz HKA'nın gençlere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu ve yaşlı bireylerde HKA ile absorbans değerleri arasında 4kHz'de orta derecede anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular, yaşlanmaya bağlı işitme kayıplarında yüksek frekanslarda iletim tip komponentinin de bulunabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ancak HKA değerlerinin belirlenmesinde, kemik osilatörlerden kaynaklanan teknik kısıtlamalar nedeniyle 4kHz ve üstünde ki kemik yolu işitme eşiklerinin belirlenememesi, çalışmamızda limitasyona neden olmuştur. Kemik yolu işitme eşiklerinin 4 kHz üstündeki frekanslarda belirlenebilmesi, daha net bulgular elde etmemizi sağlayabilirdi. Çalışmamızda limitasyona neden olan bu durumu, ileri teknolojik yöntem çalışmalarının çözülebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak çalışmamızda; yaşlanmanın GBT ölçüm sonuçlarını etkilediği, ileri yaşlılık döneminde ise bazı parametrelerde beklenenin aksine anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ek olarak yaşlı bireylerin ortam basıncı ve tepe basıncı absorbans değerleri ile DPOAE testi SGO'da ve HKA değerleri arasında belirli yüksek frekanslarda pozitif yönde orta derecede bir ilişki olduğu bulunmuştur. Bu nedenle yaşlı bireylerde, GBT ile DPOAE ve davranışsal odyometri test sonuçlarının çapraz test kontrollerde birlikte kullanılabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada 65 yaş üstü bireylerde ve farklı yaşlı gruplarında orta kulak ses iletim fonksiyonunda meydana gelen değişikliklerin, GBT sonuçları üzerine etkisi incelenmiştir. Ek olarak, yaşlı bireylerde GBT sonuçları ile odyoloji test sonuçları arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve test sonuçlarının çapraz kontrollerde birlikte kullanılıp kullanılamayacağının orta konulması hedeflenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Yaşlanmaya bağlı olarak orta kulak ses iletim sisteminde meydana gelen anatomik ve fizyolojik değişikliklerin, GBT ölçüm sonuçlarını etkilediği belirlenmiştir. Yaşlı bireylerde RF ile ortam basıncında ve tepe basıncında yüksek frekans absorbands değerlerinin gençlere göre daha düşük, alçak frekans absorbands değerleri ise daha yüksek olduğu ortaya konmuştur.
- 2- Farklı yaşlı gruplarında GBT sonuçlarının etkilendiği belirlenmiş, ileri yaşlılık döneminde beklenenin aksine ortam basıncı ve tepe basıncı yüksek frekans absorbands değerlerinin daha yüksek olduğu ortaya konmuştur.
- 3- Yaşlı bireylerde ortam basıncında ve tepe basıncında 15 frekans noktasından elde edilen absorbands değerleri ile HKA değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve 6000 Hz frekans absorbands değerleri ile 4000 Hz HKA değeri arasında pozitif yönde orta derecede anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Elde edilen bu bulgudan yola çıkılarak, yaşlı bireylerde yüksek frekans GBT sonuçları ile HKA değerlerinin çapraz test kontrollerinde birlikte kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.
- 4- Yaşlı bireylerde ortam basıncında ve tepe basıncında 15 frekans noktasından elde edilen absorbands değerleri ile DPOAE test bulgularından SGO değerleri arasında da belirli yüksek frekanslarda pozitif yönde orta derecede anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuş ve

yüksek frekanslarda DPOAE ile GBT ölçüm sonuçlarının çapraz kontrollerde birlikte kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

- 5- Çalışmada GBT, davranışsal odyometri ve DPOAE ölçüm sonuçlarından elde edilen bulgular neticesinde, yaşa bağlı işitme kayıplarında yüksek frekanslarda iletim tip komponentin de olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
- 6- Gelecekte yaşlı bireylerde GBT ölçümleri ile ilgili yapılacak araştırmalarda, 65 yaş ve üstü gibi geniş bir yaş grubu yerine farklı yaş aralıklarını içeren yaş grupları ile çalışmaların planlanması, elde edilen bulguların yorumlanmasına katkı sağlayacaktır.
- 7- Yaşlanma sürecinin GBT ölçüm sonuçlarını etkilemesi, farklı yaş aralıklarında yapılan benzer çalışma sonuçlarının birbiriyle karşılaştırmasında ve yorumlamasında güçlükler nedeniyle, konuyla ilgili yapılacak araştırmalarda kullanılmak üzere uluslararası standart yaş aralıklarının oluşturulmasıyla ilgili çalışmaların planlanması yararlı olacaktır.
- 8- Yaşlı bireyler için (farklı yaş gruplarına ve cinsiyete göre) klinik değerlendirmelerde kullanılmak üzere, her kliniğin kendi GBT norm değerlerini belirlediği (ortalama \pm standart sapma, en büyük ve en küçük değerler) yüksek örneklem hacimli çalışmaların yapılması önemlidir ve önerilmektedir.
- 9- Yaşlanma sürecinin, orta kulak ses iletim fonksiyonları üzerindeki etkisini daha iyi yorumlayabilmek için farklı orta kulak patolojilerine sahip yetişkinlerde ve yaşlılarda, detaylı GBT değerlendirmelerini içeren çalışmaların yapılması değerli katkılar sağlayacaktır.

Çalışmada, yaşlı bireylerin ve farklı yaşlı gruplarının orta kulak ses iletim fonksiyonlarında meydana gelen anatomik ve fizyolojik değişikliklerin, GBT sonuçları üzerine etkisi araştırılmıştır. Ek olarak, yaşlı bireylerde GBT sonuçları ile diğer odyolojik test sonuçlarının çapraz test kontrollerinde birlikte kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek amacıyla test sonuçları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulguların, odyoloji kliniklerinde kullanımı

gittikçe yaygınlaşmaya başlayan GBT ölçümünün, yaşa bağlı işitme kayıplarının tanılanmasında klinisyenlere ve gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterici olması açısından önemli katkılar sağladığı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Biswas A, Dutta N. Wideband Tympanometry. *Annals of Otology and Neurotology*. 2018;1(02):126-132.
2. Hunter LL, Shahnaz N. Overview and history of acoustic immittance. In *Acoustic immittance measures: Basic and Advanced Practice*. San Diego: Plural Publishing; 2014.
3. Randolph LJ, Schow RL. Threshold inaccuracies in an elderly clinical population: Ear canal collapse as a possible cause. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1983;26(1):54-58.
4. Etholm B, Belal JrA. (1974). Senile changes in the middle ear joints. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*.1974;83(1):49-54.
5. Ruah CB, Schachern PA, Zelterman D, Paparella MM, Yoon TH. Age-related morphologic changes in the human tympanic membrane: a light and electron microscopic study. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. 1991; 117(6):627-634.
6. Holte L. (1996). Aging effects in multifrequency tympanometry. *Ear and Hearing*. 1996;17(1):12-18.
7. Uchida Y, Nomura H, Itoh A, Nakashima T, Ando F, Niino N, Shimokata H. The effects of age on hearing and middle ear function. *Journal of Epidemiology*. 2000;10(1sup):26-32.
8. Margolis RH, Heller JW. Screening tympanometry: criteria for medical referral: original papers. *Audiology*.1987;26(4):197-208.
9. Wiley TL, Cruickshanks KJ, Nondahl DM, Tweed TS, Klein R, Klein BE. Tympanometric measures in older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1996;7(4):260-268.
10. Feeney MP, Sanford CA. Age effects in the human middle ear: Wideband acoustical measures. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2004;116(6):3546-3558.

11. Mazlan R, Kei J, Ya CL, Yusof WNHM, Saim L, Zhao F. Age and gender effects on wideband absorbance in adults with normal outer and middle ear function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2015;58(4):1377-1386.
12. Williams MM. Wideband Acoustic Immittance and DPOAE Changes in Older Adults. [PhD thesis]. Virginia: James Madison University; 2016.
13. Shahnaz, N, Feeney MP, Schairer KS. Wideband acoustic immittance normative data: ethnicity, gender, aging, and instrumentation. *Ear and Hearing*. 2013;34(1sup):27-35.
14. Shahnaz N, Bork K. Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear and Hearing*. 2006;27(6):774–788.
15. Feeney MP, Hazelbaker J, Kelly JK, Graves A. The effect of ear canal pressure on pure-tone thresholds and middle-ear reflectance and conductance. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2002;111(5):2357-2357.
16. Stenklev NC, Vik O, Laukli E. The aging ear: an otomicroscopic and tympanometric study. *Acta Oto-laryngologica*. 2004;124(1):69-76.
17. Schairer KS, Morrison B, Szewczyk E, Fowler CG. Relationships among standard and wideband measures of middle ear function and distortion product otoacoustic emissions. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2011;22(5):253-264.
18. Musiek FE, Baran JA. Overview of the Anatomy and Physiology of the Auditory System. In *The Auditory System: Anatomy, Physiology, and Clinical Correlates*. San Diego: Plural Publishing; 2018.
19. Stach B. The Auditory System. In *Clinical Audiology: An introduction*. 2nd ed. Newyork: Delmar; 2010.
20. Bess FH, Humes LE. Structure and Function of the Auditory System. In *Audiology: the fundamentals*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2018.

21. Reijntjes DO, Pyott SJ. The afferent signaling complex: regulation of type I spiral ganglion neuron responses in the auditory periphery. *Hearing Research*. 2016;336(6),1-16.
22. Carricondo F, Romero-Gómez B. The cochlear spiral ganglion neurons: The auditory portion of the VIII nerve. *The Anatomical Record*. 2018;302(3):463-471.
23. Tezcan S, Seçkiner P. Türkiye’de demografik değişim; yaşlılık perspektifi. Aslan D, Ertem M, editörler. *Yaşlı Sağlığı: Sorunlar ve Çözümler*. Ankara: Palme Yayıncılık; 2012.
24. Beğer T, Yavuzer H. Yaşlılık ve yaşlılık epidemiyolojisi. *Klinik Gelişim*. 2012;25(3):1-3.
25. Weinstein BE. Hearing loss in the elderly: a new look at an old problem. Katz J editor. *Handbook of Clinical Audiology*. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2015.
26. Erdoğan AA. Yaşlılık Döneminde İşitme Kaybı ve İşitme Kaybına Yaklaşımlar. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2016; 10(1):25-33.
27. Jayakody DM, Friedland PL, Martins RN, Sohrabi HR. Impact of aging on the auditory system and related cognitive functions: A narrative review. *Frontiers in Neuroscience*. 2018;12:125.
28. Rappaport J, Provencal C. Neuro-otology for audiologists. Katz J, editor. *Handbook of Clinical Audiology*. 5th ed. Baltimore, Maryland, USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
29. Huang Q, Tang J. Age-related hearing loss or presbycusis. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*. 2010; 267(8):1179-1191.
30. Boboshko M, Zhilinskaya E, Maltseva, N. *Gerontology*. IntechOpen; 2018. Chapter 4, Characteristics of Hearing in Elderly People; p. 63-83.
31. Roth TN. Aging of the auditory system. *Handbook of Clinical Neurology*. 2015;129(3):357-373.

32. Vaisbuch Y, Santa Maria PL. (2018). Age-Related Hearing Loss: Innovations in Hearing Augmentation. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2018; 51(4):705-723.
33. Tekin ÇS, Kara F. Dünyada ve Türkiye’de Yaşlılık. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*. 2018;3(1):219-229.
34. Schuknecht HF, Gacek MR. Cochlear pathology in presbycusis. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. 1993; 102(1sup):1-16.
35. Sogebi OA. Middle ear impedance studies in elderly patients implications on age-related hearing loss. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2015;81(2):133-140.
36. Walling AD, Dickson GM. (2012). Hearing loss in older adults. *American Family Physician*. 2012;85(12):1150-1156.
37. Kim TS, Chung JW. Evaluation of age-related hearing loss. *Korean Journal of Audiology*. 2013;17(2): 50-53.
38. Gelfand SA. Pure Tone Audiometry. In *Essentials of Audiology*. 4th ed. New York: Thieme Medical Publishers, Inc; 2016.
39. Stenfelt S. (2011). Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing. In *Implantable Bone Conduction Hearing Aids*. Karger Publishers. 2011;71:10-21.
40. Stenfelt S, Goode RL. Bone-conducted sound: physiological and clinical aspects. *Otology & Neurotology*. 2005; 26(6): 1245-1261.
41. Henry P, Letowski TR. (2007). Bone conduction: Anatomy, physiology, and communication. Army research lab aberdeen proving ground md human research and engineering directorate. 2007; (No. ARL-TR-4138).
42. Hunter LL, Shahnaz, N. Single-Frequency Tympanometry Measures. In *Acoustic immittance measures: Basic and Advanced Practice*. San Diego: Plural Publishing; 2014.
43. Stach B. Basic Immittance Measures. In *Clinical Audiology: An Introduction*, New York: Delmar; 2010.

44. Hall JW, Swanepoel DW. Objective Assessment of Hearing. USA: Plural Publishing; 2010.
45. Dhar, S, Hall III JW. Clinical measurements of OAEs: procedures and protocols. In Otoacoustic emissions: Principles, procedures, and protocols. San Diego: Plural Publishing; 2012.
46. Boettcher FA. Presbycusis and the auditory brainstem response. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2002;45(6):1249–1261.
47. Shahnaz N, Davies D. Standard and multifrequency tympanometric norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear and hearing*, 2006;27(1):75-90.
48. Vander Werff KR, Prieve BA, Georgantas LM. Test-retest reliability of wideband reflectance measures in infants under screening and diagnostic test conditions. *Ear and Hearing*. 2007;28(5):669-681.
49. Liu YW, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP, Keefe DH. Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System development and results on adults with normal hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2008;124(6):3708-3719.
50. Feeney MP, Hunter LL, Kei J, Lilly DJ, Margolis RH, Nakajima HH ve ark. Consensus statement: Eriksholm workshop on wideband absorbance measures of the middle ear. *Ear and Hearing*. 2013;34(Suppl):78-79.
51. Stinson MR, Shaw EAG, Lawton BW. Estimation of acoustical energy reflectance at the eardrum from measurements of pressure distribution in the human ear canal. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1982;72:766-773.
52. Hudde H. Measurement of the eardrum impedance of human ears. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1983;73:242-7.
53. Keefe D, Ling R, & Bulen J. Method to measure acoustic impedance and reflection coefficient. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1992;91:470-85.

54. Hunter LL, Sanford CA. Tympanometry and Wideband Acoustic Immitance. In: Katz J, ed. Handbook of Clinical Audiology. 7th edition. Philadelphia:Wolters Kluwer; 2015.
55. Interacoustic User Manuel. Titan Instruction for Use - GB . Item No. 8100759 Rev. 2 – ver. 09/2013.
56. Shahnaz N, Bork K, Polka L, Longridge N, Bell D, Westerberg BD. Energy reflectance and tympanometry in normal and otosclerotic ears. Ear and Hearing. 2009;30(2):219-233.
57. Keefe DH, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP. Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children. International journal of audiology. 2012;51(12):880-891.
58. Hein TAD, Hatzopoulos S, Skarzynski P, Colella-Santos M. Wideband Tympanometry. Hatzopoulos S editör, Advances in Clinical Audiology. Croatia: InTech; 2017.
59. Gökçe OY. Yetişkin Bireylerde Genişbant Timpanometri Bulgularının Normalizasyonu [Yükseklisans tezi]. Konya: KTO Karatay Üniversitesi; 2019.
60. Gümüş B, Topçu MT. (2018). Wide band acoustic immitancemetry. Medeniyet Medical Journal, 2018;33(2):126-131.
61. Voss SE, Allen JB. Measurement of acoustic impedance and reflectance in the human ear canal. The Journal of the Acoustical Society of America. 1994;95(1):372-384.
62. Keefe DH, Bulen JC, Arehart K, Burns M E. Ear canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. Journal of the Acoustical Society of America. 1993; 94:2617–2638.
63. Alaerts J, Luts H, Wouters J. Evaluation of middle ear function in young children: clinical guidelines for the use of 226-and 1,000-Hz tympanometry. Otology & Neurotology. 2007;28(6):727-732.

64. Nakajima HH, Pisano DV, Roosli C, Hamade MA, Merchant GR, Mahfoud L, ve ark. Comparison of ear-canal reflectance and umbo velocity in patients with conductive hearing loss: a preliminary study. *Ear and Hearing*. 2012;33(1):35-43.
65. Shahnaz N, Longridge N, Bell D. Wideband energy reflectance patterns in preoperative and post-operative otosclerotic ears. *International Journal of Audiology*. 2009;48(5):240-247.
66. Polat Z, Baş B, Hayır D, Bulut E, Ataş, A. Wideband Tympanometry Normative Data for Turkish Young Adult Population. *Journal of International Advanced Otology*.2015;11(2):82-157.
67. Carpenter MS, Cacace AT, Mahoney MJ. Missing links in some curious auditory phenomena: A tale from the middle ear. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2012;23(2):106-114.
68. Rosowski JJ, Nakajima HH, Hamade MA, Mafoud L, Merchant GR, Halpin CF, Merchant SN. Ear-canal reflectance, umbo velocity and tympanometry in normal hearing adults. *Ear and Hearing*. 2012;33(1):19-34
69. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry: I. Normal and sensorineural ears. *Archives of Otolaryngology*. 1972;96(6):513-523.
70. Hayran M. Sağlık Araştırmaları için Temel İstatistik. Ankara: Omega Yayınları; 2011.
71. Keefe DH, Simmons JL. Energy transmittance predicts conductive hearing loss in older children and adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2003;114(6): 3217-3238.
72. Şahin M. Sağlıklı Orta Kulağa Sahip Bireylerde Geniş Bant Timpanometri (GBT) Parametrelerinin İncelenmesi [Yükseklisans tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2015.
73. Kaya Ş. Sağlıklı İç Kulak Anomalilerinde Geniş Bant Timpanometri Bulguları [Doktora tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2015.

74. Lutman ME. Phasor Admittance Measurements of the Middle Ear I. Theoretical Approach. *Scandinavian audiology*.1984;13(4): 253-264.
75. Sezin RK, Hızal E, Erbek S, Özlüoğlu LN. (2013). Normal işiten yetişkinlerde orta kulak rezonans frekansı normatif değerleri. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*. 2013;23(6):331-335.
76. Shahnaz N, Polka L. Standart and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear and Hearing*. 1997;18(4):268-280.
77. Valvik BR, Johnsen, M, Laukli, E. Multifrequency Tympanometry: Preliminary Experiences with a Commercially Available Middle-Ear Analyzer: Original Paper. *Audiology*.1994;33(5):245-252.
78. Gaihede M, Koefoed-Nielsen B. Mechanics of the middle ear system: age-related changes in viscoelastic properties. *Audiology and Neurotology*. 2000;5(2):53-58.
79. Beattie RC, Leamy DP. Otoadmittance: Normative values, procedural variables, and reliability. *Ear and Hearing*.1975;1(1): 21-27.
80. Wiley TL, Nondahl DM, Cruickshanks KJ, Tweed TS. Five-year changes in middle ear function for older adults. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2005; 16(3):129-139.
81. Margolis RH, Saly GL, Keefe DH. Wideband reflectance tympanometry in normal adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999;106(1):265-280.
82. Feeney MP, Grant IL, Marrayott LP. Wideband energy reflectance measurements in adults with middle-ear disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2003;46(4):901-911.
83. Feeney MP, Grant IL, Mills DM. Wideband energy reflectance measurements of ossicular chain discontinuity and repair in human temporal bone. *Ear and hearing*, 2009;30(4):391-400.
84. Hunter LL, Prieve BA, Kei J, Sanford CA. Pediatric applications of wideband acoustic immittance measures. *Ear and hearing*, 2019; 34(Suppl): 36-42.

85. Nixon JC, Glorig A, High WS. (1962). Changes in air and bone conduction thresholds as a function of age. *The Journal of Laryngology & Otology*, 1962;76(4): 288-298.
86. Marshall L, Martinez SA, Schlaman ME. Reassessment of high-frequency air-bone gaps in older adults. *Archives of Otolaryngology*, 1983;109(9):601-606.
87. Bell I, Goodsell S, Thornton, ARD. A brief communication on bone conduction artefacts. *British journal of audiology*, 1980;14(3):73-75.
88. Frank T, Crandell CC. (1986). Acoustic radiation produced by B-71, B-72, and KH 70 bone vibrators. *Ear and hearing*, 1986;7(5):344-347.
89. Lightfoot GR. Air-borne radiation from bone conduction transducers. *British journal of audiology*, 1979;13(2):53-56.
90. Lightfoot GR, Hughes JB. (1993). Bone conduction errors at high frequencies: implications for clinical and medico-legal practice. *The Journal of Laryngology & Otology*, 1993;107(4):305-308.
91. Shipton MS, John AJ, Robinson DW. Air-radiated sound from bone vibration transducers and its implications for bone conduction audiometry. *British Journal of Audiology*, 1980;14(3):86-99.
92. Margolis RH, Glasberg BR, Creeke S, Moore BC. (2010). AMTAS®: Automated method for testing auditory sensitivity: Validation studies. *International journal of audiology*, 2010;49(3):185-194.
93. Nondahl DM, Tweed TS, Cruickshanks KJ, Wiley TL, Dalton, DS. (2012). Aging and the 4-kHz Air-Bone Gap. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2012;55(4):1128-1134.
94. Popelka GR, Telukuntla G, Puria S. Middle-ear function at high frequencies quantified with advanced bone-conduction measures. *Hearing research*, 2010;263(1-2):85-92.

95. Janssen T, Müller J. Otoacoustic emissions as a diagnostic tool in a clinical context. Manley GA, Fay RR, Popper AN, editors. *Active Processes and Otoacoustic Emissions in Hearing*. New York: Springer; 2008.
96. Uchida Y, Ando F, Nakata S, Ueda H, Nakashima T, Niino N, Shimokata H. (2006). Distortion product otoacoustic emissions and tympanometric measurements in an adult population-based study. *Auris Nasus Larynx*, 2006; 33(4): 397-401.
97. Uchida Y, Ando F, Shimokata H, Sugiura S, Ueda H, Nakashima T. The effects of aging on distortion-product otoacoustic emissions in adults with normal hearing. *Ear and Hearing*, 2008;29(2):176-184.
98. Abdala C, Dhar S. Maturation and aging of the human cochlea: A view through the DPOAE looking glass. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 2012;13(3):403-421.
99. Keefe DH, Abdala C. Theory of forward and reverse middle-ear transmission applied to otoacoustic emissions in infant and adult ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2007;121(2):978-993.