



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

**OTOAKUSTİK EMİSYON ÖLÇÜMÜNÜN TEST-TEKRAR TEST
GÜVENİLİRLİĞİ**

Ayşenur AYKUL

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Mayıs 2022**

OTOAKUSTİK EMİSYON ÖLÇÜMÜNÜN TEST-TEKRAR TEST GÜVENİLİRLİĞİ

Ayşenur AYKUL

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

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK

Konya
Mayıs 2022

BİLDİRİM

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

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

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

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

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

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

13 Mayıs 2022

Ayşenur AYKUL

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

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

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

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

ETİK BEYAN

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

13 Mayıs 2022

Ayşenur AYKUL

TEŞEKKÜR

Odyoloji alanında eğitimim süresince üzerimde çok büyük emeği olan ve tezimin her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli tez danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK'e;

Bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, her zaman araştırmaya ve öğrenmeye teşvik eden değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi İclal ŞAN'a;

Engin tecrübelerini benimle paylaşan, pozitif enerjisiyle yol gösteren ve desteğini her daim hissettiren değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Suat ÖZBİLEN'e;

Tez jürisine katılmayı kabul ederek, tezime destek ve katkılarını sunan değerli hocam Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a;

Yüksek lisans eğitimim süresince 2210/A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında destek sağlayan TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na;

Tez sürecimde desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Hatice KAVRUK'a;

Veri toplama sürecinde çalışmaya gönüllü olarak katılıp destek sağlayan tüm katılımcılara;

Hayatımın her döneminde fedakarlıkta bulunarak her koşulda yanımda olan canım annem Fadime AYKUL'a ve babam İbrahim AYKUL'a;

Sevgisini ve hoşgörüsünü bir an olsun eksik etmeyen sevgili kız kardeşim Betül AYKUL'a;

En içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

13 Mayıs 2022

Ayşenur AYKUL

ÖZET

Ayşenur AYKUL

Otoakustik Emisyon Ölçümünün Test-Tekrar Test Güvenilirliği

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2022

Otoakustik emisyonlar (OAE) odyolojik test bataryasının önemli bir parçasıdır ve klinikte birçok kullanım alanı vardır. Klinisyenlerin, tüm tanısal testlerde ölçüm sapmaları ile gerçek fizyolojik veya patolojik değişiklikler arasında ayırım yapabilmesi için test prosedürünün test-tekrar test tekrarlanabilirliği hakkında bilgi sahibi olması gereklidir. Çalışma, klinik kullanımı yaygın olan distorsiyon ürünü otoakustik emisyonların (DPOAE) ve geçici uyarılmış otoakustik emisyonların (TEOAE) test-tekrar test durumunda amplitüd değişikliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Ölçümler normal işitme fonksiyonuna sahip 55 genç yetişkinde madsen capella² OAE cihazı kullanılarak farklı zamanlarda yapılan üç değerlendirme ile yapılmıştır. İlk değerlendirmeden 20 dakika sonra ve 20 gün sonra yapılan ölçümlerle çok kısa süreli ve kısa süreli güvenilirlik değerlendirilmiştir. DPOAE ölçümleri, L1/L2=65/55 dB SPL uyaran şiddetinde 996-7998 Hz frekansları arasında değişen 13 farklı f2 frekansında yapılmıştır. TEOAE ölçümleri ise 85 dB SPL uyaran şiddetinde 1-4 kHz frekansları arasında değişen beş farklı f2 frekansında gerçekleştirilmiştir. Test tekrarlanabilirliği ve güvenilirliği, tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA), standart ölçüm hatası (SEM) ve sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile değerlendirilmiştir. DPOAE ve TEOAE amplitüdlерinin değerlendirildiği üç ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). DPOAE ölçümlerinde frekansa bağlı tekrarlanabilirlikte, 6728 Hz frekansında ikinci ölçüm ve üçüncü ölçüm arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). TEOAE ölçümlerinde frekansa bağlı tekrarlanabilirlikte, ölçümler arasında anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p>0.05$). TEOAE'ler için en zayıf güvenilirlik, 1.0 ve 1.5 kHz frekanslarında, DPOAE'ler için en zayıf güvenilirlik 6728 Hz frekansında belirlenmiştir. Mevcut bulgular, zaman içinde koklear fonksiyonun takibinde DPOAE ve TEOAE ölçümlerinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

Otoakustik Emisyon, TEOAE, DPOAE, koklear fonksiyon, tekrarlanabilirlik, güvenilirlik

ABSTRACT

Ayşenur AYKUL

Test-Retest Reliability of Otoacoustic Emission Measurement

Master's Thesis

Konya, 2022

Otoacoustic emissions (OAE) are an important part of the audiological test battery and have many clinical uses. Clinicians need to be knowledgeable with the test-retest repeatability of the test procedure to be able to distinguish between measurement deviations and true physiological or pathological changes in all diagnostic tests. The study was conducted to determine the amplitude changes in the test-retest condition of distortion product otoacoustic emissions (DPOAE) and transient evoked otoacoustic emissions (TEOAE), which are widely used in clinical use. Measurements were made in 55 young adults with normal hearing function using the Madsen Capella² OAE device using three assessments at different times. Very short-term and short-term reliability was evaluated with measurements taken 20 minutes and 20 days later after the initial assessment. DPOAE measurements were made at 13 different f₂ frequencies ranging from 996-7998 Hz at L1/L2=65/55 dB SPL stimulus intensity. TEOAE measurements were carried out at 85 dB SPL stimulus intensity and at five different f₂ frequencies varying between 1-4 kHz frequencies. Test repeatability and reliability were evaluated with repeated measures analysis of variance (ANOVA), standard error of measurement (SEM), and intraclass correlation coefficient (ICC). There was no statistically significant difference between the three measurements in which DPOAE and TEOAE amplitudes were evaluated ($p>0.05$). In DPOAE measurements, a significant difference was found in frequency-dependent repeatability between the second measurement and the third measurement at a frequency of 6728 Hz ($p<0.05$). In TEOAE measurements, there was no significant difference in frequency-dependent repeatability between measurements ($p>0.05$). The weakest reliability for TEOAEs was determined at frequencies of 1.0 and 1.5 kHz, and the weakest reliability for DPOAEs was determined at 6728 Hz. Current findings indicate that DPOAE and TEOAE measurements are reliable in monitoring cochlear function over time.

Keywords

Otoacoustic Emission, TEOAE, DPOAE, cochlear function, repeatability, reliability

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. İç Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi.....	4
2.1.1. Corti Organı	6
2.1.2. Tüy Hücrelerinin İnervasyonu	8
2.1.3. Aktif Süreçler ve Koklear Amplifikatör	10
2.2. İşitme Fizyolojisi	11
2.3. Otoakustik Emisyon	15
2.3.1. Otoakustik Emisyon Kaydı.....	16
2.3.2. Spontan Otoakustik Emisyon	17
2.3.3. Uyarılmış Otoakustik Emisyon Cevapları	19
2.3.4. Otoakustik Emisyonun Klinik Kullanımı	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1. Bireyler	30
3.1.1. Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri.....	30
3.1.2. Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri.....	31
3.2. Kullanılan Testler ve Yöntem	31
3.2.1. Akustik İmmitansmetrik Değerlendirme	31
3.2.2. Saf Ses ve Konuşma Odyometri Değerlendirmesi	32
3.2.3. Otoakustik Emisyon Değerlendirmesi	32
3.3. Kullanılan Cihazlar.....	33

3.4. İstatiksel Analiz.....	35
4. BULGULAR.....	37
5. TARTIŞMA	50
6. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	74
EK 1. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	75
ETİK KURUL İZİNİ.....	78

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. TEOAE ile DPOAE ölçümlerinin değerlendirilmesinde kullanılan uyaran ve kayıt parametreleri	33
Tablo 2. Katılımcılara ait yaş ve cinsiyet dağılımı	37
Tablo 3. DPOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması	39
Tablo 4. DPOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması	40
Tablo 5. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüdüne ilişkin ICC, SEM ve MDD95% değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması.....	42
Tablo 6. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüd ve SNR değerlerine ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması.....	43
Tablo 7. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüdüne ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması	44
Tablo 8. TEOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması	45
Tablo 9. TEOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması	46
Tablo 10. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüdüne ilişkin ICC, SEM ve MDD95% değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması.....	48
Tablo 11. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüd ve SNR değerlerine ilişkin, ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması	48
Tablo 12. Tablo 12. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüdüne ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Koklear kanal kesiti	5
Şekil 2. İç ve dış tüy hücrelerinin yapısal farklılıkları	7
Şekil 3. Afferent nöronların iç ve dış tüy hücrelerinden ayrılması	9
Şekil 4. Kokleayı oluşturan yapılar ve koklear amplifikatör süreci.....	11
Şekil 5. Kokleanın ilerleyen dalga mekanizması	13
Şekil 6. Spontan otoakustik emisyon kaydı örneği	18
Şekil 7. DPOAE ölçümlerinin şematik gösterimi	23
Şekil 8. DP-Gram yöntemiyle elde edilen DPOAE kaydı örneği	25
Şekil 9. Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonların analizindeki temel adımlar	26
Şekil 10. Video otoskop cihazı	34
Şekil 11. Klinik odyometre cihazı.....	34
Şekil 12. Interacoustics titan geniş bant timpanometre cihazı	35
Şekil 13. Otometrics madsen capella ² otoakustik emisyon cihazı	35

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
=	Eşittir
%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
±	Artı ya da eksi
≤	Küçüktür veya eşittir
≥	Büyüktür veya eşittir
µm	Mikrometre
Na ⁺	Sodyum
K ⁺	Potasyum
Ca ⁺⁺	Kalsiyum
mm ²	Milimetre kare

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ABR	İşitsel Uyarılmış Beyinsapı Potansiyeli
ANOVA	Varyans Analizi
dB	Desibel
DPOAE	Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyon
DTH	Dış Tüy Hücresi
EOAE	Uyarılmış Otoakustik Emisyon
HL	İşitme Seviyesi
Hz	Hertz
ICC	Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı
İTH	İç Tüy Hücresi
kHz	Kilohertz
MDD	Minimum Farkedilebilir Fark
MET	Mekanoelektriksel Transdüksiyon
MLS	Maksimum Uzunluk Dizisi
mm	Milimetre
MOKE	Medial Olivokoklear Efferent
Ms	Milisaniye
mV	Milivolt
OAE	Otoakustik Emisyon
SEM	Standart Ölçüm Hatası
SFOAE	Stimulus Frekans Otoakustik Emisyon
SH	Standart Hata
SNR	Sinyal/Gürültü Oranı
SOAE	Spontan Otoakustik Emisyon
SPL	Ses Basınç Seviyesi
SS	Standart Sapma
SSOAE	Senkronize Spontan OAE
TEOAE	Geçici Uyarılmış Otoakustik Emisyon

1.GİRİŞ

İç kulağın işitme ile ilgili kısmı kokleada corti organında yer alır (Gelfand, 2016). Corti organı, baziler membranın titreşimini nöral koda dönüştüren tüy hücrelerini içerir. Corti tünelinin medialinde tek sıra halinde iç tüylü hücreler (İTH) ve yanında üç sıra halinde dış tüylü hücreler (DTH) bulunur (Gelfand, 2016; Moller, 2006; Widmaier, Raff, Strang ve Shoepe, 2019). İnsan kokleasında yaklaşık 3.500 iç tüy hücresi ve yaklaşık 12.000 dış tüy hücresi vardır. İç tüylü hücreler, golgi aygıtı, mitokondri ve duysal alım sürecini desteklemek için gereken kapsamlı metabolik aktiviteyle ilişkili diğer organellerin konsantrasyonlarını içerir. Dış tüylü hücreler, kas hücreleriyle ilişkilendirilen çeşitli yapısal özellikleri ve kasılma proteinlerini içerir. Dış tüylü hücreler nöral sinyallere ve kimyasal ajanlara cevap olarak uzayıp kısalabilme özelliğine sahiptir. Bu durum dış tüylü hücrelerde elektromotilite hareketi olarak adlandırılır ve kokleanın normal fonksiyonu için önemlidir (Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2019; Moller, 2006). DTH, işitme sisteminin yüksek duyarlılığından ve keskin frekans seçiciliğinden sorumludur ve koklear amplifikatörü sağlar (Zheng, Shen, He, Long, Madison ve Dallos, 2000). DTH'lerin fonksiyonel bütünlüğü, otoakustik emisyonların (OAE) oluşumu için gereklidir. Ancak iç tüy hücrelerinin veya afferent sinirin OAE cevaplarının üretilmesinde veya ölçülmesinde rol aldığı düşünülmemektedir (Dhar ve Hall, 2012).

İlk olarak 1978'de Kemp tarafından keşfedilen otoakustik emisyonlar, dış tüy hücre aktivitesinin objektif ölçümünü sağlamaktadır (Kemp, 2008; Stach, 2010). OAE testi odyoloji test bataryasının önemli bir parçasıdır ve klinikte birçok kullanım alanı vardır (Kramer ve Brown, 2019; Stach, 2010). OAE testinin klinik uygulama alanları arasında koklear bütünlüğün değerlendirilmesi, yenidoğan işitme taraması, pediatrik değerlendirme, koklear fonksiyonun takibini yapma ve koklear-retrokoklear patolojileri ekarte etme yer almaktadır. OAE testi fonksiyonel veya nonorganik işitme kaybı olan hastaların değerlendirilmesi gibi çeşitli durumlarda da kullanılabilir (Stach, 2010). OAE ölçümleri, uyarılmış OAE (EOAE) ölçümü veya spontan OAE ölçümü olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Uyarılmış OAE'ler akustik uyarana cevaben çıkan yanıtlardır ve klinikte sıklıkla distorsiyon ürünü OAE (DPOAE) ile geçici uyarılmış OAE (TEOAE) testleri ile değerlendirilir (Hamill ve Price, 2019).

Koklear işitme fonksiyonunun zaman içerisindeki takibinde, EOAE amplitüdlerinin test-tekrar test güvenilirliğine ve tekrarlanabilirliğine ilişkin bilgiler çok önemlidir. Ölçüm hatasının neden olduğu değişikliklerden ziyade, işitme fonksiyonundaki fizyolojik veya patolojik değişikliklerin doğru tanınmasını sağlamasından dolayı yüksek test-tekrar test güvenilirliğine sahip klinik araçlar etkili ölçüm araçları olarak kabul edilmektedir. EOAE amplitüdünün ölçüm tekrarlanabilirliği test parametreleri, test cihazlarının özellikleri, kulak kanalı ve/veya orta kulağın durumu gibi faktörlerin yanı sıra süreden kaynaklanan gürültü ve çevresel faktörlerden de etkilenmektedir (Hallenbeck ve Dancer, 2003; Kemp, Ryan ve Bray, 1990; Mills, Feeney, Drake, Folsom, Sheppard ve Seixas, 2007; Pilka, Jedrzejczak, Kochanek ve Skarzynski, 2019; Sockalingam, Lee Choi, Choi ve Kei, 2007; Zhao ve Stephens, 1999). Ek olarak bireyde nefes alma, yutma, kas ve eklem hareketi veya vasküler nabız sırasında oluşan gürültü ölçüm tekrarlanabilirliğini etkileyebilmektedir (Hallenbeck ve Dancer, 2003; Sockalingam vd., 2007; Vedantam ve Musiek, 1991; Zhao ve Stephens, 1999).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda DPOAE ve TEOAE'lerin tekrarlanabilirliği genellikle ILO sistemi (Otodynamics Ltd., Hatfield, UK) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu sistem, OAE'lerin kaşifi ile ortaklaşa oluşturulduğu için genellikle bir referans olarak kabul edilmektedir. Ancak günümüzde klinik olarak kullanılan birçok başka sistem bulunmaktadır ve literatürde performansları hakkında çok az veri yer almaktadır.

Literatürde yapılan araştırmalarda, DPOAE ve TEOAE ölçümlerinin test-tekrar test güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği dakikalar, günler ve haftalar boyunca çeşitli uyaran şiddetleri ve frekanslarında değerlendirilmiştir. Genel olarak, OAE'lerde yüksek test-tekrar test güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği elde edilmiştir (Dieler, Shehata-Dieler, Klagges ve Moser 1999; Engdahl, Arnesen ve Mair, 1994; Franklin, McCoy, Martin ve Lonsbury-Martin, 1992; Ng ve McPherson, 2005; Wagner, Heppelmann, Vonthein ve Zenner, 2008). Ancak farklı cihazlardan alınan ölçüm tekrarlanabilirliği önemli ölçüde farklılık göstermiştir.

Bu çalışmada, klinik kullanımı yaygın olan ve kokleanın fonksiyonel bütünlüğü hakkında objektif bilgi sağlayan DPOAE ve TEOAE ölçümlerinin tekrarlanabilirliği literatürde kullanılan cihazlardan farklı olarak OTOSuite yazılımına sahip Otometrics madsen capella² otoakustik emisyon cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. İlk ölçümden çok kısa

süre (20 dakika sonra) ve kısa süre (20 gün sonra) sonra yapılan ölçümler ile DPOAE ve TEOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliğinin ve güvenilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın önemi: DPOAE ve TEOAE ölçümleri odyolojik test bataryasında yer alan ve klinik kullanım alanları çok geniş olan iki ölçümdür. Yapılan ulusal literatür taramasında, OAE ölçümlerinin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendiren herhangi bir çalışmaya ulaşılmamıştır. Literatürde bu ölçümlerin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği konusunda yapılan sınırlı çalışmalar incelendiğinde tutarsızlıklar gözlenmiş ve farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu çalışmada, odyoloji kliniklerinde DPOAE ve TEOAE test ölçümlerinin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesini sağlamak amacıyla çok kısa süreli ve kısa süreli test-tekrar test güvenilirlikleri araştırılmıştır.

Çalışmanın sorusu: DPOAE ve TEOAE testi için test edilen frekanslarda çok kısa süreli ve kısa süreli ölçümlerde test-tekrar test ölçümleri tekrarlanabilir midir?

Çalışmanın hipotezleri aşağıda verilmiştir.

1-H₀: DPOAE ölçümünde 996-7998 Hz arasında değişen 13 farklı f₂ frekansında test-tekrar test ölçümleri tekrarlanabilir değildir.

1-H₁: DPOAE ölçümünde 996-7998 Hz arasında değişen 13 farklı f₂ frekansında test-tekrar test ölçümleri tekrarlanabilirdir.

2-H₀: TEOAE ölçümünde 1-4 kHz arasında değişen 5 farklı f₂ frekansında test-tekrar test ölçümleri tekrarlanabilir değildir.

2-H₁: TEOAE ölçümünde 1-4 kHz arasında değişen 5 farklı f₂ frekansında test-tekrar test ölçümleri tekrarlanabilirdir.

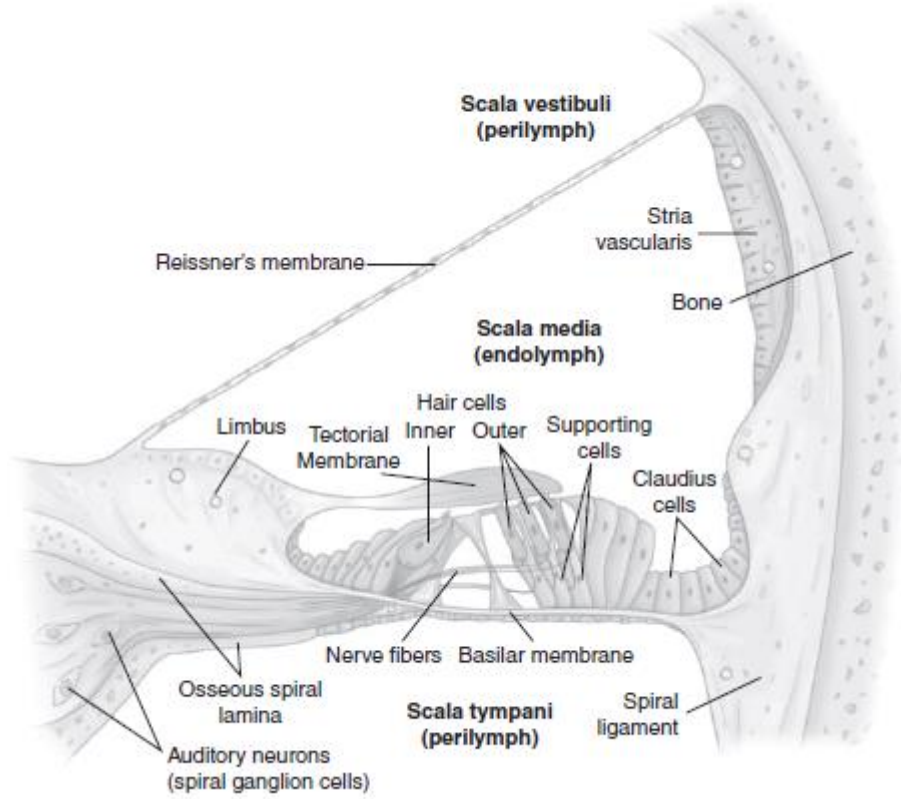
2. GENEL BİLGİLER

2.1. İç Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi

İç kulak, işitme ve denge duyusu ile ilgili yapıları içerir ve temporal kemiğin petröz kısmında yer alır. İç kulak, VIII. kranial sinir (nervus vestibulocochlearis) tarafından inerve edilir. Bu sinirin koklear ve vestibüler dalı iç kulağı beyin sapından ayıran meatus acusticus internus adı verilen temporal kemikteki bir açıklıktan geçer (Hamill ve Price, 2019). Temporal kemik, iç kulağı travmaya bağlı hasarlardan korumaya yardımcı olur. İç kulak, kemik labirent ve bu kemikli yapının içinde yer alan membranöz labirentten oluşmaktadır (Bess ve Humes, 2008; Hall, 2014; Stach, 2010).

Koklea, işitme duyu organını içeren $2\frac{3}{4}$ defa kendi etrafında kıvrılan salyangoz biçimli kemikli bir yapıdır. İnsan kokleası yaklaşık olarak 35 mm uzunluğundadır, çapı yaklaşık 9 mm ve yüksekliği 5 mm'dir (Gelfand, 2018). Kokleanın iki membran tarafından ayrılan, scala vestibuli, scala timpani ve scala media olmak üzere üç kanalı vardır. Kokleanın ortasında bulunan scala media, koklear kanal olarak da adlandırılır. Şekil 1'de koklear kanal kesiti verilmiştir. Scala media, reissner membranı ile scala vestibuliden, baziler membran ile scala timpaniden ayrılır. Scala vestibuli, perilenf adı verilen sıvıyı, scala media ise endolenf adı verilen farklı bir sıvıyı içerir (Hall, 2014; Moller, 2006). Scala medianın iyonik bileşimi, hücre içi sıvıya benzer, yüksek potasyum (K^+) ve düşük sodyum (Na^+) konsantrasyonuna sahiptir. Scala vestibuli ve scala timpani'de bulunan sıvı beyin omurilik sıvısı gibi hücre dışı sıvı özelliklerini içerir ve yüksek Na^+ konsantrasyonu ile düşük K^+ konsantrasyonuna sahiptir. Scala vestibuli, oval pencereden; scala timpani yuvarlak pencereden başlar. Kemik labirentin apikal ucuna yakın, helicotrema adı verilen bir açıklık, scala vestibuli ile scala timpani arasında bağlantı oluşturur. İnsanlarda bu açıklığın alanı yaklaşık $0,05 \text{ mm}^2$ 'dir (Moller, 2006). Koklear kanalın scala timpaniye yakın bölgesinde kulağın hassas reseptör hücrelerini içeren baziler membran bulunur (Widmaier vd., 2019). Koklear kanalın dış duvarı, spiral ligament adı verilen lifli bir bağ dokusu ile kaplıdır (Gelfand, 2016). Spiral ligament, stria vaskularis ile otik kapsül arasında yer alır. Spiral ligament, stria vaskularise mekanik destek sağlamasının yanı sıra kokleadaki iyonik dengeyi de korumaktadır (Raphael ve Altschuler, 2003). Stria vaskularis, scala medianın dış duvarlarını oluşturur. Koklear metabolik aktiviteye katkı sağlayan stria vaskularis, zengin bir kan kaynağına sahiptir ve hücreleri mitokondri

bakımından zengindir (Hall, 2014; Moller, 2006). Stria vaskularis, K^+ gibi elektrikle yüklü iyonları scala mediada bulunan endolenfin içerisine taşımada pompa görevinde bulunur. İyon pompası mekanizması sayesinde stria vaskularis, özellikle dış tüy hücreleri tarafından kullanılan enerjinin üretilmesinde önemli bir rol oynar ve endokoklear potansiyelin oluşumuna katkıda bulunur (Hall, 2014).



Şekil 1. Koklear kanal kesiti

Kaynak: Stach (2010, ss. 65)

İşitsel sinir hücreleri veya tüy hücrelerinden gelen lifler, habenula perforata adı verilen açıklıklardan lamina spiralis ossea'ya girer. Tectorial membran, limbusun üst ucundan meydana gelerek corti organının üstündeki membranı oluşturur. Tectorial membran, stereosilyanın eğilimini kolaylaştıran hücre dışı bir matristir ve baziler membranın gerilmesini sağlayan kolajen liflerinden oluşur (Gelfand, 2016; Raphael ve Altschuler, 2003). Tectorial membranın dış kenarı, baziler membranda bulunan hensen hücreleri gibi bazı destekleyici hücrelere gevşek bir şekilde bağlanır. Baziler membranla tectorial membran arasında, destekleyici hücreler ve işitme organının duyuşal reseptör hücreleri olan tüy hücreleri bulunur (Hamill ve Price, 2019). Retiküler lamina, corti organının

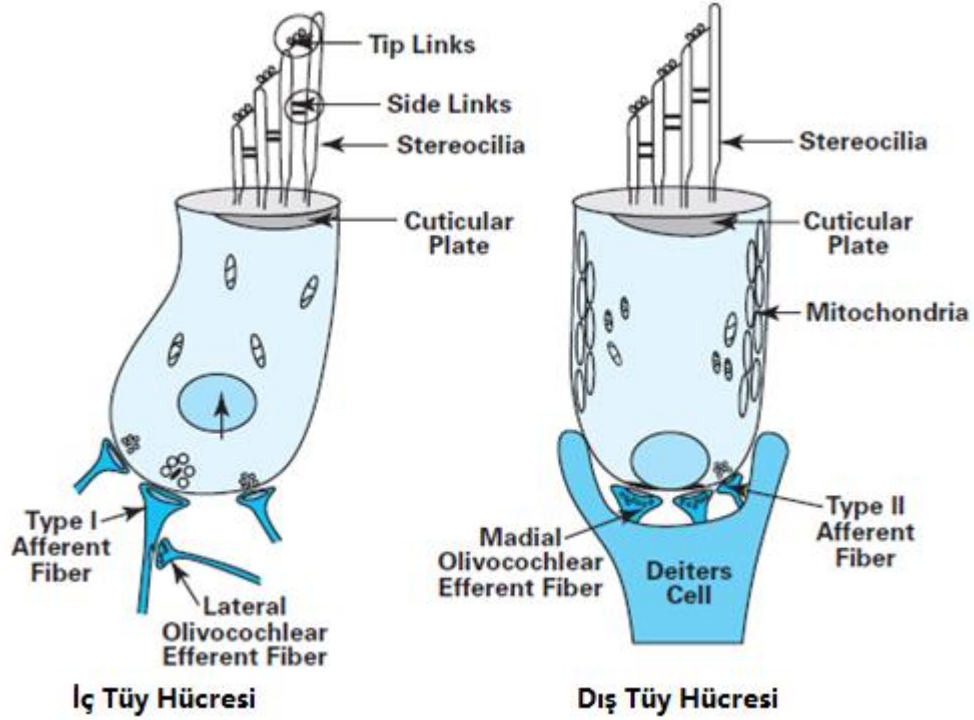
altında bulunan yapıları, üstündeki scala media'dan izole eden bir bariyer sağlar (Gelfand, 2018). Retiküler laminanın altında bulunan boşluktaki sıvının içeriği, corti organındaki tüy hücrelerinin ve miyelinsiz sinir liflerinin çalışması için gerekli olan Na⁺ bakımından zengin olan perilyen sıvısına benzerdir (Gelfand, 2016). Baziler membranda bulunan tüy hücreleri ve ilişkili yapılar işitme duyu organı olan corti organı olarak bilinir (Hamill ve Price, 2019).

2.1.1. Corti Organı

Baziler membran kollajen liflerinden oluşan ve yaklaşık 35 mm uzunluğunda olan makroskopik bir yapıdır (Ashmore, 2008; Martin ve Clark, 2012). Corti organı, baziler membranın üzerinde yer alır ve baziler membranın titreşimini nöral koda dönüştüren tüy hücrelerini içerir. Bu hücreler, bir ucundan çıkıntı yapan stereosilyalara sahip mekanoreseptörlerdir. Tüy hücrelerinin apekslerinde stereosilyalar bulunur. Ancak kokleadaki tüy hücrelerinde kinosilyum rudimenterdir. Koklear tüy hücreleri, akustik sinyalleri ileten nöronal olmayan epitel hücreleridir. Dış tüylü hücreler ve iç tüylü hücreler olmak üzere iki çeşit tüylü hücre bulunmaktadır (Moller, 2006; Widmaier vd., 2019). Dış tüylü hücreler, işitme duyarlılığından ve frekans çözümü kapasitesinden sorumludur ve koklear amplifikatörü sağlar (Zheng vd., 2000). İç tüy hücreleri, transdüksiyonu gerçekleştirir ve spiral ganglion nöronlarının depolarizasyonunu başlatarak beyne işitsel bilgiyi iletir (Raphael ve Altschuler, 2003; Zheng vd., 2000). İnsan kokleasında, baziler membran boyunca yaklaşık 12.000 dış tüy hücresi ve yaklaşık 3.500 iç tüy hücresi yerleşim göstermektedir. Her bir dış tüy hücresinde, 50-150 stereosilya, W veya V şeklinde 3-4 sıra halinde yerleşim gösterirken, iç tüy hücrelerinin stereosilyaları U şeklinde tek sıra halinde yerleşim gösterir (Moller, 2006). Dış tüylü hücreler ile iç tüylü hücreler arasında corti tüneli yer alır (Hamill ve Price, 2019). Her iki tüy hücresinin afferent liflerinin hücre gövdeleri, kokleanın spiral ganglionunu oluşturur (Ashmore, 2008).

İç ve dış tüy hücreleri arasında bazı farklılıklar bulunur. Şekil 2'de iç ve dış tüy hücrelerinin yapısal farklılıkları gösterilmiştir. İç tüy hücrelerinin çekirdeği hücrenin merkezindedir ve kadeh ya da şişe şeklindedir. Dış tüy hücreleri, tabana yakın bir çekirdeğe sahiptir ve silindir ya da tüp şekline sahiptir (Hall, 2014). Dış tüylü hücrelerin üzerindeki en uzun stereosilya, tectorial membranın alt yüzeyine gömülüdür. İç tüylü

hücrelerdeki stereosilya, tectorial membran ile temas etmemektedir (Hall, 2014; Moller, 2006). İç ve dış tüy hücreleri farklı sinir bağlantılarına sahiptir. Hüresel yapıların dağılımı iki hücre türü için de farklıdır. İç tüy hücreleri, duyuşal alım sürecinin desteklenmesinde gerekli olan metabolik aktivite ile ilişkili golgi organı, mitokondri ve diğer organellerin konsantrasyonlarına sahiptir ve mitokondrileri hücreye dağılmış durumdadır (Gelfand, 2016; Hall, 2014).



Şekil 2. İç ve dış tüy hücrelerinin yapısal farklılıkları

Kaynak: Hall (2014, ss. 68)

Dış tüylü hücrelerde, mitokondri hücre duvarları boyunca dağılmıştır. Dış tüylü hücreler sinir sinyallerine veya kimyasal ajanlara cevap olarak kısalıp, uzayabilmektedir ve hareketli yapıları kokleanın normal fonksiyonu için önemlidir (Gelfand, 2016; Hall, 2014). Kokleanın farklı yerlerinde istirahat potansiyelleri olarak adlandırılan elektriksel voltaj farklılıkları bulunur. Perilenf, 0 milivolt (mV) voltaj ile genellikle referans noktası olarak kabul edilir. Perilenf ile karşılaştırıldığında, endolenf yaklaşık +100 mV polariteye sahiptir ve endokoklear potansiyel olarak adlandırılır. Tüy hücrelerinin içindeki elektrik potansiyeli hücre içi potansiyel olarak adlandırılır ve iç tüylü hücrelerde yaklaşık -40 mV iken dış tüylü hücrelerde -70 mV'dir (Gelfand, 2016).

İç tüylü hücreler tüm kokleada benzer boyuttadır ve hepsi yaklaşık olarak 60 stereosilyaya sahiptir. Kokleanın bazalında bulunan iç tüy hücrelerindeki stereosilyalar, kokleanın apikal bölgesinde bulunan tüy hücrelerinin stereosilyalarından daha kısadır (Moller, 2006). DTH'nin boyutları kokleanın bazal ucunda yaklaşık 12 mikrometre (μm) ile apikal uçta yaklaşık 90 μm arasında değişir ve çapları yaklaşık 9 μm 'dir. DTH'lerin her bölgesinin farklı işlevi vardır. Hücrenin apeksindeki stereosilya, ilerleyen dalganın mekanik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmekten sorumludur. Sinaptik yapılar tüy hücrelerinin bazalinde bulunur ve nörotransmitterlerin salınımını modüle ederek elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürmekten sorumludurlar (Oghalai, 2004). Kokleada tüy hücreleri haricinde destekleyici başka hücre türleri de bulunur. Corti organında destekleyici olarak, deiter's hücreleri, hensen hücreleri ve spiral ligament ile stria vaskularise yanal olarak devam eden sütunlu claudius hücreleri bulunur (Gelfand, 2018; Moller, 2006).

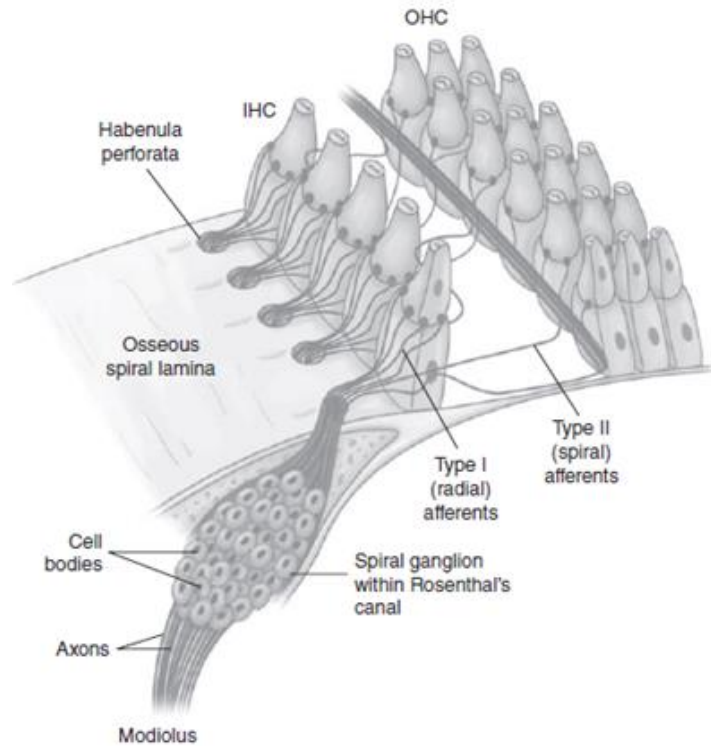
2.1.2. Tüy Hücrelerinin İnervasyonu

Koklear tüy hücreleri, corti organı içindeki işitsel sinir lifleriyle sinapslar aracılığıyla işitme sinir sistemine bağlanır. Bu sinir lifleri habenula perforatadan geçerek, rosenthal'in modiolus kanalında yer alan spiral ganglionları oluşturur ve ardından internal auditory meatusa doğru ilerler (Gelfand, 2016).

Kokleayı, afferent işitsel sinir lifleri, efferent işitsel sinir lifleri (olivokoklear demet) ve otonomik (adrenerjik) sinir lifleri olmak üzere üç tip sinir lifi uyarır. Superior olivary kompleksinden kokleaya giden inen yol olan olivokoklear demet (Rasmussen demeti) yoluyla sinir sisteminden efferent sinyaller alınır. Olivokoklear demetten yaklaşık 1600 efferent nöron, sekizinci sinirin vestibüler dalı ile birlikte temporal kemiğe girer ve daha sonra kokleaya girmek için ayrılır (Gelfand, 2016). Bu lifler medial olivokoklear lifler ve lateral olivokoklear efferent lifler olmak üzere iki çeşittir. Medial superior olivary kompleksinden kaynaklanan ve dış tüy hücrelerinde sonlanan büyük miyelinli lifler, medial olivokoklear liflerdir. Lateral olivokoklear efferent lifler, superior olivary kompleksinin lateral çekirdeğinden kaynaklanan, iç tüy hücrelerini terk eden tip I afferent bağlantıları sonlandıran miyelinsiz küçük liflerdir (Moller, 2006). İç ve dış tüy hücreleriyle farklı şekilde iletişim sağlayan efferent nöronların uçları, kimyasal nörotransmitter asetilkolini içeren veziküllere sahiptir (Gelfand, 2016). Dış tüylü

hücrelere ulaşan efferent lifler doğrudan bir dış tüy hücresine etki ederek presinaptik bağlantılar kurarken, iç tüylü hücrelere ulaşanlar afferent nöron üzerinden etki ederek postsinaptik bağlantılar kurarlar (Moller, 2006).

Afferent sinir lifleri, kokleadan sinir sistemine sinyaller gönderen yükselen duyu nöronlarından oluşur. Efferent sinir lifleri, sinir sisteminden kokleaya sinyaller gönderen çok daha küçük inen nöron popülasyonunu içerir. İnsanlarda işitme sinirinde yaklaşık 30.000 afferent sinir lifi bulunur (Gelfand, 2016; Moller, 2006). Afferent işitsel nöronların hücre gövdeleri, modiolusta rosenthal'in kanalında bulunan spiral gangliyonları oluşturur. Bu nöronlar, habenula perforatadan çıkmadan önce miyelinli veya miyelinsiz olabilir. Ancak tüm işitme siniri lifleri, corti organına girdikten sonra miyelinsizdir (Gelfand, 2018). Afferent işitme nöronlarının yaklaşık %95'i iç tüy hücrelerini gider ve geri kalan % 5'i dış tüy hücrelerine gider. Şekil 3'de afferent nöronların iç ve dış tüy hücrelerinden ayrılması gösterilmiştir.



Şekil 3. Afferent nöronların iç ve dış tüy hücrelerinden ayrılması

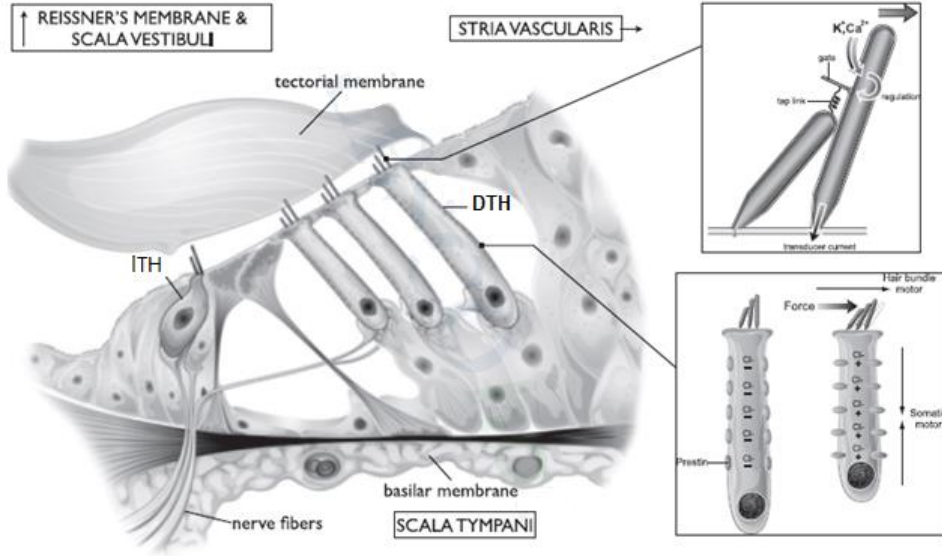
Kaynak: Stach (2010, ss. 72)

Her bir iç tüy hücresi, habenula perforata'dan doğrudan radyal yönde kendisine gelen yaklaşık 20 sinir lifini alır. Dış tüy hücrelerini besleyen daha az sayıda olan afferent lifler, iç tüy hücrelerini atlar ve corti tünelinin altından geçer. İzledikleri yollar nedeniyle iç tüy hücrelerine giden nöronlara iç radyal lifler, dış tüy hücrelerine giden nöronlara ise dış spiral lifler denir. Tüm bu lifler, corti organının içindeyken miyelinsizdir. Corti organından çıktıktan sonra, iç tüy hücrelerini inerve eden iç radyal lifler modiolusta tip I işitsel nöronlar olarak devam eder. Bu lifler büyük hücre gövdelerine sahip, miyelinli ve bipolar duyuşal nöronlardır. Dış tüy hücrelerini inerve eden dış spiral lifler, miyelinsiz, küçük hücre gövdelerine sahip ve psödo-monopolar olan tip II işitsel nöronlar olarak devam ederler (Gelfand, 2016).

2.1.3. Aktif Süreçler ve Koklear Amplifikatör

Memeli kokleasında, hassasiyet ve frekans seçiciliğini elde etmek için mekanik bir amplifikasyon sürecine ihtiyaç vardır (Dallos ve Fakler, 2002). Koklea içindeki aktif mekanizma ilk olarak Thomas Gold tarafından önerilmiştir (Oghalai, 2004). Memeli kokleasında, amplifikasyonla ilgili dış tüylü hücrelerin amplifikatör olduğu ve iç tüy hücrelerinin amplifiye edilmiş titreşim sinyalinin pasif detektörleri olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım, DTH'lerinin işitme eşiği ve frekans seçiciliği üzerindeki önemli etkilerinin gösterilmesiyle başlayan uzun bir geçmişe sahiptir (Dallos vd., 2008). Şekil 4'de kokleayı oluşturan yapılar ve koklear amplifikatör süreci gösterilmiştir. Baziler membran titreşimlerini döngüsel olarak güçlendirmek için kokleanın uzunluğu boyunca lokal olarak pozitif geri besleme gerçekleşir. Bu hassas koklear ayarlama özellikleri, iç tüylü hücrelerden sinaptik iletim yoluyla işitsel sinir liflerine aktarılır (Oghalai, 2004). Koklea içinde kuvvet oluşturan mekanizmalar, dış tüylü hücre elektromotilitesini ve stereosilya aktif demet hareketlerini içerir. Koklea hem pasif hem de aktif mekanik özelliklere sahiptir. Pasif özellikler, ölüm sonrası kokleada bile bulunur ve tonotopik organizasyonu tanımlar (Oghalai, 2004). Elektromotilite, DTH'lerin yan duvarından kaynaklanır ve temeli motor proteini olarak tanımlanan prestine dayanır (Lieberman, Gao, He, Wu, Jia ve Zuo, 2002; Oghalai, 2004; Oliver vd., 2001; Santos-Sacchi, 2003). Prestinin, membran potansiyeli varyasyonlarına cevap olarak dış tüylü hücre uzunluğundaki değişikliklere aracılık etmesinden kaynaklı memeli işitme organındaki ses amplifikasyonundan sorumlu olduğu düşünülmektedir (Dallos ve Fakler, 2002). Prestin

motor proteinin, klorür iyonlarını hücre membranının iç ve dış kısımları arasında ileri geri hareket ettirmesine dayanarak çalıştığı düşünülmektedir. Kısılma hareketi, prestin molekülünün klorür iyonunu iç tarafına taşımasına neden olan depolarizasyonla tetiklenir. Uzama hareketi, prestin molekülünün klorür iyonunu dış tarafına doğru hareketine neden olan hiperpolarizasyonla tetiklenir.



Şekil 4. Kokleayı oluşturan yapılar ve koklear amplifikatör süreci

Kaynak: Dhar ve Hall (2012, ss. 21)

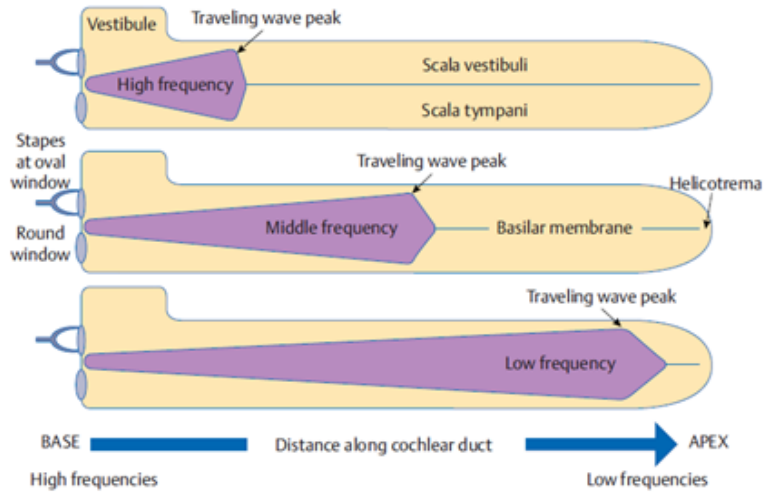
Merkezi sinir sistemi, DTH'lerin medial efferent (olivokoklear) sistem ile efferent innervasyonu yoluyla kokleanın aktif süreçlerini etkiler (Gelfand, 2018; Guinan, 1996; Robles ve Ruggero, 2001). Medial olivokoklear efferent (MOKE) nöronları, kokleanın dış tüy hücrelerini innerve eder ve baziler membran hareketine yol açar. Baziler membran hareketindeki MOKE kaynaklı değişiklikler, sesin koklear frekans ayırımından sorumludur (Bulut, Uzun, Öztürk, Turan, Kanter ve Arbak, 2017).

2.2. İşitme Fizyolojisi

İşitmenin ilk adımı, ses dalgalarının dış kulak kanalına girmesiyle başlamaktadır. Pinna (kulak kepçesi) ve dış kulak kanalının şekli, sesi yükseltmeye ve yönlendirmeye yardımcı olur. Timpanik membrana çarpan ses dalgaları oval pencereye aktarılır (Widmaier vd., 2019). Orta kulak tarafından amplifiye edilen enerji sonrasında titreşimler olarak iç kulağa iletilir (Hall, 2014). Oval pencere, stapes tarafından içeri doğru itildiğinde,

yuvarlak pencere, iç kulak sıvısındaki artan basınçla dışarı doğru itilir. Stapesin tabanı oval pencerede ileriye ve geriye doğru hareket ettiğinde, scala vestibulide basınç dalgaları oluşur (Bess ve Humes, 2008). Scala vestibuli duvarının büyük bir bölümü kemiktir ve basınç dalgalarının yayılabileceği iki yol vardır. Bu yollardan ilki dalgaların scala mediadan scala timpani'ye geçtiği helicotrema'dır. Diğer yol scala vestibuliye ulaşan ses dalgalarının reissner membranı aracılığıyla scala mediaya ulaşmasıdır. Scala media boyunca iletilen basınç dalgaları, corti organının reseptör hücrelerini harekete geçiren baziler membranın titreşimlerine neden olur (Widmaier vd., 2019). Baziler membran titreşimi, gelen sesin frekansının baziler membranın karakteristik frekansıyla eşleştiği noktada maksimumdur. Bu noktada, basınç dalgası corti organına geçer, scala timpani'ye girer ve scala timpani'den yuvarlak pencereye geri döner (Oghalai, 2004).

Bekesy'in (1960) ilerleyen dalga teorisi, frekansın kokleadaki yere göre nasıl kodlandığını açıklamaktadır (Gelfand, 2016). Şekil 5'de kokleanın ilerleyen dalga mekanizması verilmiştir. İlerleyen dalganın amplitüdü, baziler membran boyunca değişir. Kokleanın tonotopik organizasyonu, baziler membran boyunca farklı yerlerde farklı frekanslardaki seslerin işlenmesini tanımlar (Hall, 2014). Bu nedenle, her koklear bölgenin maksimum yanıt verdiği karakteristik bir frekansı vardır (Robles ve Ruggero, 2001). Baziler sertlik gradyanının bir sonucu olarak kokleaya iletilen sesler, baziler membranda bazaldan apekse doğru ilerleyen dalga adı verilen özel bir tür dalga paterni geliştirir (Gelfand, 2016). Baziler membran kokleanın bazalinde daha düşük bir kütle ve daha yüksek bir sertliğe sahiptir ve yüksek frekanslı sesler bu bölgede maksimum düzeyde titreşir (Oghalai, 2004). Apekse doğru gidildikçe, baziler membranın genişliği yaklaşık beş kat artarken sertliği azalır, kütlesi artar ve alçak frekanslı seslerin titreşimi için ideal duruma gelir (Gelfand, 2016; Hamill ve Price, 2019; Widmaier vd., 2019).



Şekil 5. Kokleanın ilerleyen dalga mekanizması

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 56)

Sesin spektral veya frekans analizi, koklea içindeki diğer yapılara da bağlıdır. Sesin aktivasyonu ile baziler membranın titreşimi, dış tüy hücrelerini harekete geçirir. En uzun stereosilya uçları tectorial membranın içine gömülüdür ve olivokoklear demetten nöral sinyaller alırlar. Baziler membranın ve tectorial membranın hareketindeki farklılıklar, stereosilyanın bükülme hareketini artırır. Dış tüylü hücrelerin, uzunluk ve şekil bakımından değişiklik gösterebilmesine dış tüylü hücrelerin motilitesi denir. Dış tüylü hücreler aktive olduğunda hücre kendi şeklini değiştirir. Tüy hücreleri stria vaskularise doğru hareket ettiğinde dış tüy hücresi kısalır ve geniş hale gelir. Silyalar modiulusa doğru hareket ettiğinde dış tüy hücreleri daha uzun ve ince hale gelirler. Dış tüylü hücreler küçük olmasına rağmen eş zamanlı hareketi önemli miktarda enerji üretir. Ses dalgasının seyrekleşme ve sıkışma döngülerine cevap olarak uzayan ve kısalan dış tüy hücrelerinin hareketi, dış tüy hücrelerinin aktif mekanizması olarak adlandırılır. İç tüy hücreleri için aktif bir mekanizma yoktur (Hamill ve Price, 2019). Dış tüy hücrelerinin duvarlarında yer alan prestin motor proteinin hızlı uzaması ve kısalması, dış tüy hücrelerinin motilitesinin altında yatan mekanizmadır (Gelfand, 2016; Hall, 2014). Bu özellikler, koklear amplifikatör olarak bilinen kokleanın duyarlılığını hassaslaştıran ve ince ayarı sağlayan aktif bir sistem oluşturur. Koklear amplifikatör, iç tüylü hücreler tarafından alınan sinyali güçlendirir ve işitme duyarlılığımızı yaklaşık 40-50 dB artırır (Gelfand, 2016; Hall, 2014). Dış tüy hücresi hareketliliğiyle ilişkili kokleadan elde edilen enerji, baziler membranın titreşimine katkıda bulunur ve iç tüylü hücrelerin aktivasyonunu artırır (Hall,

2014). İlerleyen dalga maksimum yer değiştirme noktasına ulaştığında, i tüy hücreleri uyarılır ve işitme sinirine uyarılar gönderilir. Düşük şiddetli sesler, dış tüy hücrelerinin uyarılmasını veya inhibe edilmesini tetikleyerek, i tüy hücrelerini etkileyecek şekilde tectorial membranın konumunu etkileyen ve işitme hassasiyetini artıran bir kuvvet üretmelerine neden olur (Stach, 2010). Baziler membran hareketleriyle, tüy hücreleri tectorial membrana doğru hareket eder (Widmaier vd., 2019). Tüy hücreleri, yer değiştirmeye hassas stereosilyalardan oluşan tip II reseptörlerdir (Moller, 2006). Stereosilya, aktin filament demetlerinden oluşur ve çapraz bağlar olarak da adlandırılan yan bağlantılarla (sidelink) birbirine bağlıdır. Bu bağlantılar, daha uzun silyaları daha kısa olan silyalara bağlar. Silyalar yan bağlantılara ek olarak, u bağlantılara da (tiplink) sahiptir. Tiplink, bir silyumun ucundan yanındaki daha uzun stereosilyumun kenarına doğru uzanır. Stereosilyalar, belirli iyonların scala medianın içerisindeki endolenften tüy hücresinin gövdesine geçiş izni veren, mekano-elektriksel transdüksiyon (MET) kanalları olarak da adlandırılan mikrokanallara sahiptir (Hamill ve Price, 2019).

Tüy hücrelerinin iç kısmı, tüy hücresinin üzerindeki endolenfe göre negatif yüklüdür. Retiküler lamina, potasyum açısından zengin endolenfi tüy hücrelerinden ayırır. Pozitif yüklü iyonlar, membran üzerindeki yükü eşitlemek için bu dirençli bariyerden geçmeye çalışır. Retiküler lamina iyon değişimine izin vermediği için iyonlar tüy hücrelerine mikrokanallardan geçer. Stereosilyanın stria vasklarise doğru hareketi, stereosilyada mikrokanalları aan tiplink'lerin gerilmesine neden olur. Ardından, K^+ ve Ca^{++} pozitif yüklü iyonların endolenf sıvısından tüy hücresinin gövdesine girmesine izin verilerek tüy hücresi daha az negatif yüklü hale getirilir. Uyarının şiddetinin ykseklіğine bağlı olarak, silyalar daha fazla hareket eder ve genişleyen mikrokanallara daha fazla K^+ ve Ca^{++} iyonları girebilir (Hamill ve Price, 2019).

Stereosilyalar en uzun silyaya doğru eğildiğinde, tip link bağlantılar katyon kanallarını açar ve K^+ yönünden zengin endolenf sıvısının yük akışı membranı depolarize eder. Stereosilyanın bazal gövdeye doğru bükülmesi (modiolustan uzağa doğru bükülme) uyarılma ile ilişkilidir, stereosilyanın ters yönde bükülmesi u bağlantılarını sıkıştırır ve inhibisyonla ilişkilendirilir. Bu mekanizma, tüy hücrelerinde mekano-elektriksel transdüksiyon sürecini oluşturur. Endolenf elektriksel olarak pozitif (+80 mV) ve tüy hücresinin iç kısmı elektriksel olarak negatif (-40 mV) hale gelir ve yaklaşık 120 mV'luk voltaj farkı oluşur. Tüy hücresinin tepesindeki transdüksiyon kanallarının açılması,

transdüksiyon akımı oluşturan K^+ iyonlarının tüy hücresine girmesine yol açar (Gelfand, 2018). Tüy hücresi depolarize olur ve hücrenin tabanına yakın voltaj kapılı Ca^{++} iyon kanallarını açar (Widmaier vd., 2019). Ca^{++} akışı, nöronların ateşlenmesine neden olan kimyasal nörotransmitterin serbest bırakılmasına neden olur. Baziler membranın aşağıya doğru hareketiyle, tüy hücrelerinin ters yönde eğilmesi, uç bağlantılarını (tip link) gevşetir, kanalları kapatır ve hücrenin hızlı bir şekilde repolarize olmasını sağlar (Moller, 2006; Widmaier vd., 2019). Tüy hücresinin dinlenme durumuna göre daha fazla negatif yüklü olması durumuna hiperpolarizasyon denir. Böylece, ses dalgaları baziler membranı titreştirirken, stereosilyalar ileri geri eğilir. Daha sonra tüy hücrelerinin membran potansiyeli hızla bırakılır ve nörotransmitter afferent nöronlara salınır. Her bir tüy hücresinden salınan nörotransmitter, yaklaşık 30 afferent nöronun terminallerindeki protein bağlama bölgelerine bağlanan ve bunları aktive eden glutamattır. Vestibulokoklear sinirin koklear dalını oluşturmak için birleşen aksonlar, bu nöronlarda aksiyon potansiyellerinin oluşmasına neden olur. Ses dalgasının enerjisinin büyüklüğü, afferent sinir liflerinde üretilen aksiyon potansiyellerinin frekansının büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir (Hamill ve Price, 2019; Widmaier vd., 2019). Aksiyon potansiyeli spiral ganglion hücrelerine iletiildiğinde mekanik enerji nöral sinyallere dönüştürülür. Zamansal ve tonotopik olarak düzenlenmiş bilgiler, sırayla koklear nucleus, superior olivary kompleks, inferior kolliculus, medial geniculate body ve cerebral kortekse iletilir (Seikel, Drumright ve Hudock, 2021).

2.3. Otoakustik Emisyon

Son bir buçuk yüzyıl boyunca kokleanın işleyişini ve işitme sürecini açıklayan birçok teori ortaya atılmıştır (Babbs, 2011). Georg Von Békésy, ilerleyen dalga teorisinde kokleanın pasif olarak fonksiyon gösterdiğini bildirmiştir. Gold'un 1948'de aktif koklea modelini doğrulama girişimlerinin başarısızlığı, Von Békésy'nin pasif lineer koklea tanımının kabul görmesine sebep olmuştur (Kemp, 2008). 1978 yılında David Kemp tarafından, değerlendirilen kişinin aktif katılımını gerektirmeyen, iç kulaktan gelen emisyonların başarılı bir şekilde kaydedilmesini sağlayan objektif bir yöntem keşfedilmiştir (Kramer ve Brown, 2019). Kemp'in keşfinden sonra, William Brownell (1983) adlı bir sinirbilimci, dış tüy hücrelerinin elektrik akımlarına cevap olarak milisaniyeler içerisinde uzayıp kısılabildiğini göstermiştir (Kramer ve Brown, 2019).

Prestin adı verilen motor proteini sayesinde DTH'lerin uzayıp kısalabilme özelliği elektromotilite olarak adlandırılmıştır. Kokleanın hassasiyeti, frekans seçiciliği ve dinamik ranjı DTH'lerin bu özelliğinden kaynaklanmaktadır (Kemp, 2008).

Dış tüy hücrelerinin akustik sinyal ile uyarılmasıyla kokleadan çıkan ve orta kulak vasıtasıyla kulak kanalına geri dönen bir ses üretilir. Kokleadaki fizyolojik aktivitenin sonucu olarak üretilen bu ses otoakustik emisyon olarak adlandırılır (Kemp, 2008; Stach, 2010). Dış tüy hücrelerinin ve stria vaskularisin fonksiyonel bütünlüğü, OAE'lerin oluşumu için gereklidir. Ancak iç tüy hücrelerinin veya afferent sinirin OAE cevaplarının üretilmesinde veya ölçülmesinde rol aldığı düşünülmemektedir (Dhar ve Hall, 2012). Otoakustik emisyonlar, hassas bir mikrofonla kulak kanalında ölçülen düşük şiddetli akustik titreşimlerdir (Kramer ve Brown, 2019). OAE'ler DTH sistemi tarafından aktif işlemlenmenin yan ürünüdür ve koklear işlevin bütünlüğünü hassasiyetle ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir (Stach, 2010).

2.3.1. Otoakustik Emisyon Kaydı

OAE'lerin klinik ölçümünde, dış ve orta kulağın durumu, probun dış kulak kanalı içerisine yerleşimi, uyaran özellikleri ve stabilitesi, test ortamında veya dış kulak kanalında bulunan gürültü olmak üzere dört faktör önemlidir. Bu faktörlerden herhangi birinin OAE ölçümü üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi veya hastanın OAE verilerinin analizinde dikkate alınmaması, OAE bulgularının yanlış yorumlanmasına yol açabilir (Dhar ve Hall, 2012). Kokleadaki aktif ses işlemlenmenin sonucu olan OAE, sesin orta kulaktan iletimini ve kulak kanalının rezonans özelliklerini yansıtır (Ceranic, 2003). OAE cevapları iletim tipi işitme kayıplarından etkilenir. Uyku ve sedasyonun OAE'ler üzerinde etkisi minimum düzeydedir (Kemp, 2002). OAE cevap amplitüdlerinin azaldığı veya özellikle alçak frekans bölgesinde cevap elde edilemediği durumlarda orta kulak fonksiyonu timpanometri cihazı ile değerlendirilmelidir. OAE anormalliklerinin koklear işitsel disfonksiyondan kaynaklandığı sonucuna ulaşmadan önce orta kulak disfonksiyonu ekarte edilmelidir (Dhar ve Hall, 2012).

Otoakustik emisyon cevapları, kulak kanalına uygun prob yerleştirilerek stimülasyon ve analiz yöntemleri uygulanarak gözlemlenebilir (Kemp, 2008). Kulak kanalındaki mikrofon, kulağa verilen saf ses ile saf ses tarafından uyarılan uyarılmış OAE cevap

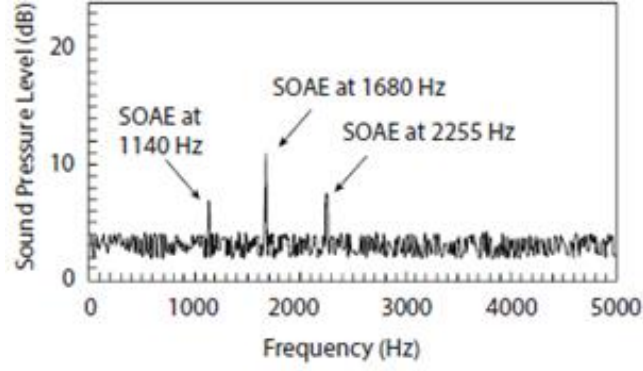
kombinasyonunu kayıt etmektedir. Bu nedenle, emisyon cevabını kulak kanalında ölçülen toplam sinyalden çıkarmak için özel ölçüm teknikleri kullanılmaktadır (Prieve ve Fitzgerald, 2015).

Kulak kanalında, alçak frekans bölgesinde (<1500 Hz) bir miktar gürültü kaçınılmazdır. Solunum ve kardiyovasküler aktivite gibi temel vücut fonksiyonları, kulakta ölçülebilen fizyolojik gürültü kaynaklarıdır (Dhar ve Hall, 2012). Ancak yüksek gürültü seviyeleri, düşük seviye olan OAE cevaplarını bastırabilmektedir (Prieve ve Fitzgerald, 2015). Ağlayan, konuşan ya da huzursuz olan bebek tarafından üretilen yüksek gürültü seviyeleri testin ölçümünü zorlaştıracaktır. Ebeveynlere, testin niteliği, test sırasında bebeğin hareketsiz ve sessiz kalması gerektiği hakkında talimatlar verilmelidir (Prieve ve Fitzgerald, 2015). Test öncesi klinisyen hastanın kulak kepçesini ve dış kulak kanalını inceleyerek kanalın açık ve OAE kaydını engelleyecek buşon veya yabancı cisim olmadığını kontrol etmelidir. Muayene sonrası prob ucu dış kulak kanalının dış açıklığına yerleştirilirken hastanın kulak kepçesi yukarı ve geri çekilir (Welling ve Ukstins, 2013). OAE'lerin ölçümleri her kulak için birkaç dakika sürer. Kaydedilen OAE amplitüdü, koklear işlevi normal olan yetişkinlerde nadiren 10 dB SPL'den daha yüksektir. Yenidoğanlar da daha yüksek amplitüdümlü cevaplar (15-20 dB SPL) üretilebilir (Dhar ve Hall, 2012).

Otoakustik emisyonlar, spontan OAE'ler (SOAE'ler) ve uyarılmış OAE'ler (EOAE'ler) olmak üzere ikiye ayrılır (Hall, 2000; Lonsbury-Martin, McCoy, Whitehead ve Martin, 1993; Robinette ve Glatke, 1997).

2.3.2. Spontan Otoakustik Emisyon

Spontan otoakustik emisyonlar, akustik uyarım olmaksızın koklea tarafından yayılan ve kulak kanalından kaydedilen dar bant sinyallerdir (Stach, 2010). Şekil 6'da spontan otoakustik emisyon kaydı örneği verilmiştir. Dış kulak kanalından kaydedilen spektrumda, 1140 Hz, 1680 Hz ve 2255 Hz'de oluşan SOAE amplitüdümleri SPL cinsinden gösterilmiştir.



Şekil 6. Spontan otoakustik emisyon kaydı örneği

Kaynak: Gelfand (2016, ss. 317)

SOAE'nin koklear amplifikatörün aktivitesini yansıttığı düşünülmektedir. Normal işiten kulaklarda SOAE prevalansına ilişkin tahminler yıllar içinde %40'ın altından yaklaşık %80'e yükselmiştir (Kuroda, 2007; Strickland, Burns ve Tubis, 1985). Yetişkinlere kıyasla yenidoğanların kulaklarında daha fazla SOAE kaydedilmektedir ve 50 yaşın üzerindeki yetişkinlerde SOAE prevalansı önemli ölçüde azalmaktadır (Ceranic, 2003). Bir kulakta SOAE cevabının elde edilmesi diğer kulakta da cevabın elde edilme olasılığını artırmaktadır (Bilger, Matthies, Hammel ve Demorest, 1990). SOAE prevalansı kadınlarda erkeklerden ve sağ kulakta sol kulaktan daha yüksektir (Prieve ve Fitzgerald, 2015).

SOAE cevabı, cinsiyet değişikliklerine ek olarak, ırksal farklılıklardan da etkilenmektedir. SOAE cevapları siyah ten rengine sahip olanlarda, beyaz ten rengine sahip olanlara kıyasla daha yaygın olarak elde edilmektedir. SOAE cevaplarının genetik ve hormonal seviyelerle ilişkili olduğu da düşünülmektedir (Ceranic, 2003; McFadden, 1993; Penner, 1995). Yapılan çalışmalarda SOAE amplitüdüleri tinnitus ile birlikte değerlendirilmiş olsa da klinik önemi kısıtlıdır (Kemp, 2002). SOAE amplitüdüleri genellikle -15 ile 0 dB SPL arasında elde edilmesine rağmen nadiren yüksek amplitüdü SOAE cevapları da gözlemlenmektedir. SOAE cevaplarının 1-3 kHz frekans aralığında sıklıkla elde edilmesiyle beraber 0,8-4 kHz frekans aralığında da cevap elde edilebildiği bilinmektedir. Ancak 4 kHz'den daha yüksek frekanslarda cevaplar nadiren gözlemlenmektedir (Dhar ve Hall, 2012). SOAE'ler, 30 dB HL'den daha yüksek olan sensörinöral işitme kaybında elde edilememektedir (Penner vd., 1993).

SOAE'ler iki şekilde kaydedilebilir. İlk yöntemde, kulak kanalındaki ses basıncı seviyesi herhangi bir akustik uyarım olmaksızın hassas bir mikrofon ile kaydedilir ve sinyalin, frekans alanında ortalaması alınır. ILO88 sisteminde kullanılan diğer yöntemde, SOAE'ler zaman alanında ortalama kullanılarak akustik uyarılar ile senkronize edilir (Ceranic, 2003). Bu şekilde elde edilen SOAE cevapları, senkronize spontan otoakustik emisyon (SSOAE) olarak adlandırılır. SSOAE ve SOAE'nin literatürde eşdeğer olduğu gösterilmiştir (Prieve ve Falter, 1995; Wable ve Collet, 1994).

SOAE cevapları, kokleanın yapısal bütünlüğünün ve oluştukları frekans bölgesindeki işitme hassasiyetinin göstergesidir (Ceranic, 2003). Ancak normal işitmeye sahip kulaklarda da SOAE elde edilemediği için klinik kullanımı yaygın değildir (Stach, 2010). SOAE cevapları elde edilemeyen kulakta, klinisyen bireyin işitme kaybına sahip olup olmadığını ayırt edememektedir (Prieve ve Fitzgerald, 2015).

2.3.3. Uyarılmış Otoakustik Emisyon Cevapları

Uyarılmış otoakustik emisyonlar kulağa verilen saf ses uyarana cevap olarak ortaya çıkar (Stach, 2010). Uyarılmış otoakustik emisyon cevaplarını ortaya çıkarmak için stimulus frekansları otoakustik emisyonlar (SFOAE), geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar (TEOAE) ve distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar (DPOAE) olmak üzere üç farklı yöntem kullanılır (Gelfand, 2016; Welling ve Ukstins, 2013).

2.3.3.1. Stimulus Frekansları Otoakustik Emisyonlar

SFOAE'ler kulağa verilen saf ses ile aynı frekansta ve aynı zamanda ortaya çıkar. Kulak kanalındaki mikrofon tarafından, kulağa verilen saf ses ile saf ses tarafından uyarılan SFOAE kombinasyonu kayıt edilir ve SFOAE'yi kulak kanalında ölçülen toplam sinyalden çıkarmak için özel ölçüm teknikleri kullanılır (Prieve ve Fitzgerald, 2015). SFOAE'ler koklear fonksiyonun çeşitli yönlerini incelemek ve efferent işitsel sistemin fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılır (Shera ve Guinan, 2003). SFOAE'lerin işitsel durumu belirleme doğruluğunu ele alan bir çalışmada, SFOAE test performansının 2 kHz frekansı için DPOAE'lere eşdeğer veya daha iyi olduğu, 4 kHz'de ise daha zayıf olduğu bildirilmiştir. Ancak SFOAE'ler, işitsel durumu belirlemedeki doğruluğunu açıklayan kaynakların yetersizliği, cevapların kaydedilmesinde uzun kayıt sürelerinin kullanılması ve karmaşık analiz prosedürlerini gerektirmesi gibi sebeplerden dolayı klinik

uygulamalarda kullanılmamaktadır (Ellison ve Keefe, 2005; Go, Stamper ve Johnson, 2019; Kalluri ve Sheraton, 2013). SFOAE'ler için ölçüm tekniklerindeki gelişmeler ve yapılan araştırmalar, gelecekte klinik uygulamalarının yaygınlaşmasını sağlayabilir (Prieve ve Fitzgerald, 2015).

2.3.3.2. Geçici Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar

TEOAE'ler literatürde bildirilen ilk OAE türüdür (Kemp, 1978). TEOAE'ler, click veya tone burst gibi kısa durasyona sahip uyarıların verilmesini takiben ölçülmektedir (Welling ve Ukstins, 2013). Click uyarı, geniş frekans spektrumuna sahip olması ve baziler membranın geniş bir bölümünü uyarımasından dolayı klinikte en yaygın kullanılan uyarıdır (Kramer ve Brown, 2019). Click uyarı, yaklaşık olarak 80-85 dB SPL şiddetinde verilir (Stach, 2010). Click uyarı ile uyarılmış OAE'lerde en kısa latans yüksek frekanslarda, en uzun latans alçak frekanslarda elde edilir (5 kHz için yaklaşık 4 ms; 0.5 kHz için yaklaşık 20 ms) (Ceranic, 2003). Tone burst ile uyarılan OAE'ler frekansa spesifiktir (Prieve ve Fitzgerald, 2015). TEOAE'ler uyarı verildikten sonra yaklaşık 4 msn sonra meydana gelir ve yaklaşık 10 msn devam eder (Stach, 2010). OAE cihazı, kaydedilen TEOAE dalga biçiminden, cevabın spektrumunu ve kayıta bulunan gürültüyü hesaplamak ve görüntülemek için hızlı bir Fourier dönüşümü analizi gerçekleştirir (Kramer ve Brown, 2019).

Kayıt koşulları altında uyarı artefaktı kaydedilen TEOAE'den daha yüksek olduğunda TEOAE cevabının başlangıcını bastırabilir. Bu nedenle, uyarı nedeniyle gelen enerjiyi uzaklaştırmak için trasenin ilk birkaç milisaniyesi ortalama dalga formundan çıkarılır. İlk birkaç milisaniyenin traseden çıkarılması cevapta bulunan bazı yüksek frekanslı enerjilerin kaybına neden olurken, analiz penceresinin uzunluğunu azaltmak da alçak frekanslı enerjilerin kaybına neden olabilir (Prieve ve Fitzgerald, 2015).

Kulak ve cinsiyete bağlı olarak TEOAE amplitüdlerinde farklılıklar gözlemlenebilir. Kadınlarda erkeklerden, sağ kulakta sol kulaktan daha yüksek TEOAE'ler elde edilir. Bu farklılıkların kesin nedenleri bilinmemekle birlikte, kadın kulak kanalının erkek kulak kanalına göre daha dar olmasından kaynaklı kadın kulaklarında daha yüksek TEOAE cevapları oluşabileceği varsayılmaktadır (Kalluri, 1992).

Saf ses işitme eşikleri 20 dB HL'den daha iyi olan kulakların %99'unda TEOAE'lerin bulunması beklenmektedir. 25-35 dB HL arasındaki saf ses işitme eşiklerinde TEOAE'ler elde edilebilir veya elde edilemeyebilir (Kramer ve Brown, 2019). İşitme kaybı 35 dB HL'den daha yüksek olduğunda genellikle TEOAE'ler elde edilememektedir (Beringer ve Westling, 2011; Ceranic, 2003). TEOAE cevaplarının varlığı, DTH'lerinin 0,5-5 kHz frekans aralığında yapısal bütünlüğünün güvenilir bir göstergesidir. Ancak en iyi cevaplar, orta kulağın ters transfer işlevinin en etkili olduğu 1-2 kHz aralığında kaydedilir. Sensörinöral işitme kaybında TEOAE'lerin amplitüdünde azalma ve eşik seviyelerinde artma gözlemlenmektedir (Ceranic, 2003). 40 dB ve üzerinde sensörinöral işitme kaybına sahip olanlarda TEOAE cevapları elde edilememektedir (Probst, Harris ve Hauser, 1993).

TEOAE cevapları 1–4 kHz aralığındaki konuşma frekanslarında yüksek amplitüdle daha kolay şekilde elde edilir. Genç yetişkinlerde TEOAE cevaplarının 4 kHz üzerinde daha nadir gözlemlenmesiyle beraber 6-7 kHz'e kadar cevap elde edilebilir (Kemp, 2002). TEOAE'ler en yüksek amplitüdlere alçak ile orta frekanslarda sahipken, DPOAE amplitüdlere yüksek frekanslarda daha yüksek amplitüdlere sahiptir. TEOAE'ler için güvenilir frekanslar 2 kHz, 3 kHz ve 4 kHz iken, DPOAE'ler için 2-8 kHz aralığı güvenilir frekans bantlarıdır (Tlumak ve Kileny, 2001).

TEOAE'ler uyaran şiddeti, tekrarlanabilirlik yüzdesi ve sinyal-gürültü oranı (SNR) değerleri dikkate alınarak değerlendirilir. TEOAE amplitüdü genellikle dB SPL olarak ifade edilir (Prieve ve Fitzgerald, 2015). OAE cihazları, frekans bölgelerinin her biri için tekrarlanabilirlik değerini (A ve B dalga formları arasındaki korelasyonu) hesaplar ve bunu her frekans bandı için yüzde olarak gösterir (Kramer ve Brown, 2019). Tekrarlanabilirlik yüzdesi, iki TEOAE trasesinin birbiriyle olan uyumunu ifade eder ve tekrarlanabilirlik yüzdesinin yüksek olması cevabın güvenilirliğini temsil eder (Kramer ve Brown, 2019; Prieve ve Fitzgerald, 2015). Klinik uygulamalar için tekrarlanabilirlik yüzdesinin %75 ve üzeri olması uygundur. SNR değeri 6 dB'den yüksek olduğunda TEOAE cevabı mevcut kabul edilir. Herhangi bir frekansta SNR değerinin 6 dB'den düşük olması, bu frekans bölgelerinden gelen DTH'lerinin normal fonksiyon göstermediğini veya yüksek gürültü seviyesiyle cevabın bastırıldığını gösterir. TEOAE'lerin amplitüdlere yaşa göre önemli ölçüde değişiklik gösterir ve bebeklerde

yetişkinlere kıyasla amplitüdler çok daha yüksektir. TEOAE'lerin amplitüdlerindeki değişkenlik nedeniyle, amplitüdlere işitme eşiğini veya işitme kaybının derecesini tahmin etmek için kullanılması uygun değildir (Kramer ve Brown, 2019).

TEOAE cevapları, diferansiyel lineer olmayan teknik ve maksimum uzunluk dizisi (MLS) kayıt tekniği olmak üzere farklı teknikler kullanılarak kaydedilebilir. Diferansiyel lineer olmayan teknik 1988'den beri kullanılmaktadır. Diferansiyel lineer olmayan teknikte uyaran, yaklaşık 80 dB SPL'de maksimum cevap alınan, 80 ms'lik durasyona ve 50/sn'lik rate oranına sahip olan click uyarandır. Lineer olmayan diferansiyel modda dört click uyarın verilir. Aynı şiddet ve polaritede üç click uyarın ile şiddet olarak üç kat daha fazla, ters polaritede ve amplitüdü 10 dB fazla olan dördüncü click uyarın verilir. Bu paradigmadaki, uyarının ve cevabın lineer kısmı iptal edilir ve lineer olmayan koklear emisyon cevapları ortaya çıkarılır. TEOAE'lerin MLS kayıt tekniği gürültülü ortam gibi optimal olmayan koşullarda özellikle TEOAE kaydının kalitesini iyileştirmek için geliştirilmiştir. Click uyarın ile daha yüksek rate oranıyla (50 click/s yerine 5000 click/s) MLS tekniği uygulanır. Bu teknik rutin klinik uygulamada kullanılmamasına rağmen, OAE kayıt teknolojisindeki gelişmeleri göstermektedir (Ceranic, 2003).

2.3.3.2.1. Test Parametreleri

TEOAE ölçümünde uyarının tipi, frekansı, şiddeti, stabilitesi, zamansal özellikleri, polaritesi ve rate oranı önemli olan uyarın parametreleridir. TEOAE'ler kısa durasyona sahip uyarınlarla uyarılır ve klinik uygulamalarda sıklıkla click uyarın tercih edilir. Tone burst uyarının, çeşitli cevap parametrelerini (latans, amplitüd, tekrarlanabilirlik) ve işitme kaybının belirlenmesinde test performansını etkilediği gerekçesiyle klinik olarak kullanımı yaygın değildir. Uyarın şiddeti 80 veya 86 dB SPL olarak önerilmektedir. Uyarın şiddeti, hasta popülasyonuna bağlı olarak değişebilir. Uyarın stabilitesi genellikle şiddet seviyesindeki değişimin yüzdesi olarak tanımlanır ve %100'lük uyarın stabilitesi, veri toplama boyunca şiddet seviyesinde değişiklik olmadığını gösterir. TEOAE ölçümünde yüksek uyarın stabilitesi olması önemlidir (Dhar ve Hall, 2012).

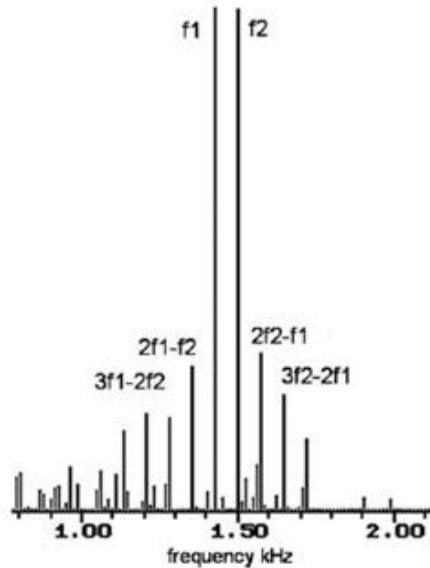
TEOAE ölçümünde önemli kayıt parametreleri arasında amplitüd değeri, arka plan gürültü seviyesi, spektral özellikleri, analiz süresi, tekrarlanabilirlik yüzdesi ve latans yer alır. TEOAE amplitüdü, frekansın fonksiyonu olarak cihaz ekranında dB SPL cinsinden ölçülür. OAE ölçümündeki en önemli değişkenlerden biri, arka plan gürültü seviyesidir.

Click uyarısının spektrumu yaklaşık 100 Hz'nin altındaki ve yaklaşık 5 kHz'in üzerindeki enerjii içermemektedir. Bu nedenle, TEOAE frekans tespiti için üst limit yaklaşık 5 kHz'dir (Dhar ve Hall, 2012).

2.3.3.3. Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emisyonlar

DPOAE'ler kulağa eşzamanlı iki ayrı saf ses uyaranı olarak verilir ve kokleadaki non-lineer işlemlerin sonucu olarak ortaya çıkar. DPOAE'yi ortaya çıkarmak için kullanılan primer iki saf ses, “f1” ve “f2” ($f_1 < f_2$ frekansı) olarak ve bu frekanslara karşılık gelen şiddetler “L1” ve “L2” olarak belirlenir (Prieve ve Fitzgerald, 2015; Stach, 2010).

L1 'in seviyesi genellikle yaklaşık 65 dB SPL'e ve L2 seviyesi L1'den 10-15 dB daha düşük seviyede ($L_2=50$ dB SPL) olacak şekilde ayarlanır (Kramer ve Brown, 2019). Şekil 7'de DPOAE ölçümlerinin şematik gösterimi verilmiştir. Uyarılar sırasıyla f1 ve f2 frekanslarında olacak şekilde belirlenirse, sağlıklı bir kokleada $2f_1-f_2$, $3f_1-2f_2$, $2f_2-f_1$, $3f_2-2f_1$, f_2-f_1 vb. frekanslarında DPOAE cevapları üretilir. İnsanlarda en güçlü DPOAE cevabı, $2f_1-f_2$ denklemi ile temsil edilen frekansta meydana gelir. $2f_1-f_2$ DPOAE cevabı, f_2 / f_1 oranı yaklaşık 1.22'ye eşit olduğunda en yüksektir (Kramer ve Brown, 2019; Stach, 2010).



Şekil 7. DPOAE ölçümlerinin şematik gösterimi

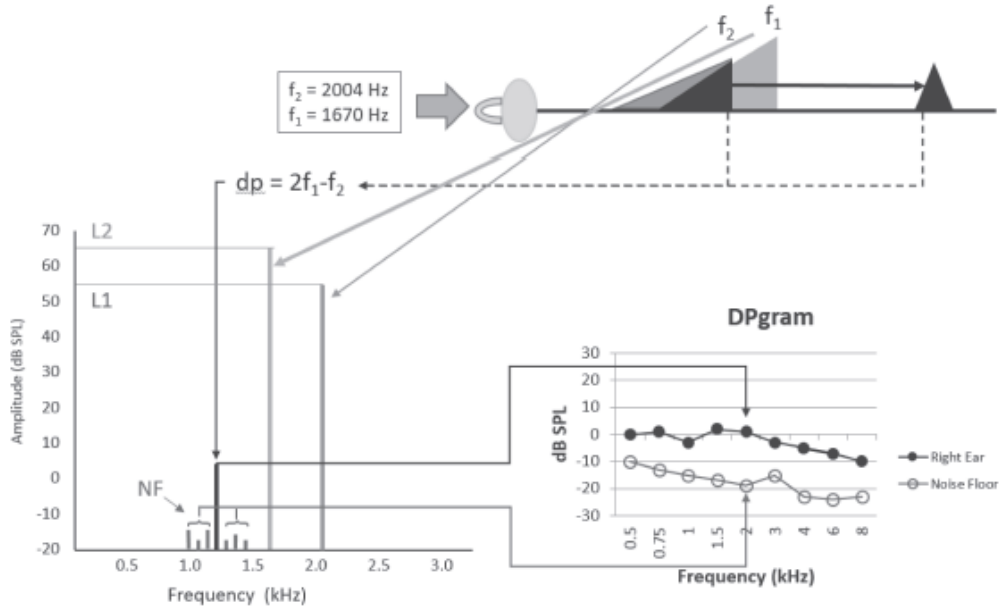
Kaynak: Kemp (2008)

DPOAE'ler frekansa spesifiktir ve TEOAE cevaplarıyla karşılaştırıldığında yüksek frekanslarda (6-8 kHz'e kadar) daha iyi cevaplara sahiptir. Bazı çalışmalarda DPOAE ölçümlerinden elde edilen eşikler ile saf ses odyometri eşikleri arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir (Boege ve Janssen, 2002; Gorga, Stover, Bergman ve Beauchaine, 1995; Johnson vd., 2007; Johnson vd., 2010; Oswald ve Janssen, 2003). Ancak DPOAE'ler işitme kaybına karşı hassas bir ölçüm değildir (Ceranic, 2003). DPOAE cevaplarının hafif veya orta derecede işitme kaybı olan kulaklarda elde edilebildiği görülmüştür (Dille, McMillan, Reavis, Jacobs, Fausti ve Konrad-Martin, 2010).

Yapılan çeşitli çalışmalarda DPOAE amplitüdlerinin kadınlarda erkeklerden daha yüksek olduğu tespit edilirken, diğer çalışmalarda sadece belirli frekanslarda cinsiyetler arasında önemli farklılıklar bildirilmiştir (Gaskill ve Brown, 1990; Lonsbury-Martin, Martin, Whitehead, 1997; Prieve ve Fitzgerald, 2015).

DPOAE cevapları orta kulak patolojilerinden etkilenir. DPOAE cevapları elde edilemediğinde iletim tipi işitme kaybı dikkate alınmalıdır. DPOAE'lerin normal elde edilmesi, DTH fonksiyonunun normal olduğunun kanıtıdır. Sensörinöral işitme kaybı olan bir hastada DPOAE'ler mevcutsa, işitme kaybının işitme sisteminin nöral kısmından kaynaklı olduğu düşünülür (Kramer ve Brown, 2019).

DPOAE ölçümleri DP-gram ve DPOAE input/output (İ/O) fonksiyonu olmak üzere ikiye ayrılır (Gelfand, 2016). En sık kullanılan ölçüm, sabit şiddet seviyeleri için farklı frekanslarda DPOAE amplitüdünün görüntülenmesiyle frekansın fonksiyonu olarak elde edilen DP-gramdır. Şekil 8'de DP-gram yöntemiyle elde edilen DPOAE kaydı örneği verilmiştir. Üst panel, baziler membran üzerinde oluşturulan DPOAE'yi gösterir. Bu kayıta $f_1 = 1670$ Hz ve $f_2 = 2004$ Hz olan iki saf ses uyarısının baziler membranda $2f_1 - f_2$ frekansında oluşturduğu distorsiyon ürünü görülmektedir. Sağ alttaki panelde, normal işitmeye sahip kulaktan alınan DP-gram kaydının örneği temsili gösterilmiştir.



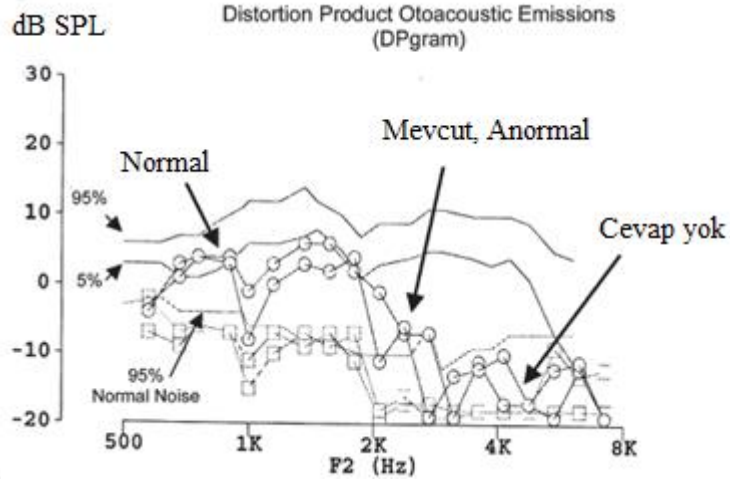
Şekil 8. DP-Gram yöntemiyle elde edilen DPOAE kaydı örneği

Kaynak: Kramer ve Brown (2019, ss. 250)

Belirli bir frekans için DPOAE amplitüdünün uyarın şiddetinin bir fonksiyonu olarak ölçülmesi DPOAE İ/O fonksiyonu olarak adlandırılır. DPOAE İ/O fonksiyonu ölçümü ile frekans sabit tutulurken uyarın şiddeti sistematik olarak değiştirilir (Ceranic, 2003).

DPOAE kaydının analizi, DPOAE'nin amplitüd değeri ve/veya DPOAE'nin SNR oranı incelenerek yapılır. DPOAE amplitüdü gürültü tabanının en az 6 dB üzerinde olmalıdır. DPOAE sonuçları, f_2 'nin bir fonksiyonu olarak çizilir ve emisyon cevabı elde edilmesi, dış tüy hücrelerinin f_2 saf sesinin frekans bölgesinde işlev gördüğü anlamına gelir (Kramer ve Brown, 2019; Stach, 2010).

DPOAE kaydının analizi, optimal kayıt parametreleri kullanıldığında ve ölçüm doğru koşullar altında gerçekleştirildiğinde (düşük gürültü, probun yeterli oturması, minimum hareket) güvenilir şekilde yapılabilir. Şekil 9'da distorsiyon ürünü otoakustik emisyonların analizindeki temel adımlar gösterilmiştir.



Şekil 9. Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonların analizindeki temel adımlar

Kaynak: Dhar ve Hall (2012, ss. 88).

DPOAE analizi üç başlık altında sınıflandırılabilir:

- 1) DPOAE cevabı mevcuttur ve normaldir;
- 2) DPOAE cevabı mevcuttur ancak normal değildir;
- 3) DPOAE cevabı yoktur.

DPOAE cevabı mevcuttur ve normaldir sonucuna ulaşabilmek için toplanan verilerin yaklaşık %70'inde (altı f2 frekansının dördü veya beşinde) SNR'nin 3-6 dB'den daha yüksek ve hastanın yaşına uygun mutlak amplitüde sahip olması gerekmektedir. DPOAE cevabının normal kabul edilebilmesi için her iki kriterin de sağlanması gerekmektedir. Yenidoğanda DPOAE cevapları 2-8 kHz aralığında 3-6 dB'den yüksek SNR'ye sahip olmalı ve frekanslardaki amplitüd yaklaşık olarak 5-25 dB SPL aralığında olmalıdır (Abdala, 2001).

2.3.3.3.1. Test Parametreleri

Uyaran şiddeti parametreleri ile ilgili olarak hem yetişkinlerde hem de bebeklerde yapılan araştırmalarda, cevap amplitüdlerini artırdığı gerekçesiyle L1 seviyesinin L2 seviyesinden 10-15 dB daha yüksek olması önerilmektedir (Abdala, 2001). L1-L2 seviyelerinin ve f2/f1 oranının uygun kombinasyonlarının kullanılması, DPOAE amplitüdlerinin yüksek olmasını ve işitme kaybının tanınması için daha etkili test protokolü olmasını sağlamaktadır (Fitzgerald ve Prieve, 2005; Johnson, Neely, Garner ve

Gorga, 2006; Moulin, 2000). L1-L2 seviyesi ile f_2/f_1 oranı arasındaki ilişki, yüksek frekanslarda alçak frekanslardan daha farklıdır (Dreisbach ve Siegel, 2005). Klinik uygulamalarda f_2/f_1 oranı 1,2-1,22 şeklinde kullanılabilir. İlaça bağlı ototoksisite veya gürültü kaynaklı işitme kaybının erken tespiti için DPOAE'lerin klinik uygulamalarının protokolü, yüksek frekans spesifikliğı sağlamak için oktav başına beş ile sekiz frekans içermektedir. DPOAE'lerin işitme taraması için protokolü ise bir veya iki yüksek frekanslı oktav (örn. 2 kHz ile 4 kHz) içinde az sayıda uyaran frekansı (üç veya dört) içermektedir (Dhar ve Hall, 2012).

2.3.4. Otoakustik Emisyonun Klinik Kullanımı

OAE testi odyoloji test bataryasının önemli bir parçasıdır ve klinikte birçok kullanım alanı vardır (Kramer ve Brown, 2019; Stach, 2010). OAE ölçümü, sağlıklı koklear durumu gösteren prenöral cevaplardır ve nöral işitme kayıplarını tespit etmek için kullanılmamaktadır (Kemp, 2002). Otoakustik emisyon taramaları, saf ses odyometri testinin güvenilir sonuçlar vermeyeceğı durumlarda davranışsal olmayan işitme tarama yöntemi olarak kullanılmaktadır (Welling ve Ukstins, 2013). OAE ölçümünün avantajları arasında davranışsal cevap gerektirmemesi, her yaş için uygun olması, prenöral işitsel cevap sağlaması, kulağı ve frekansa özgü bilgi vermesi yer alırken, işitme eşik tahmini yapılmaması, sinir yollarını değerlendirmemesi ise dezavantajları arasında sayılabilir (Dhar ve Hall, 2012).

OAE testinin uygulama alanları arasında koklear bütünlüğün değerlendirilmesi, yenidoğan işitme taraması, pediatrik değerlendirme, koklear fonksiyonun takibini yapma ve koklear-retrokoklear patolojileri ekarte etme yer almaktadır (Stach, 2010). Otoakustik emisyonlar fonksiyonel veya non-organik işitme kaybı olan hastaların değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (Stach, 2010). DPOAE I/O fonksiyonlarının eğimi, ses yüksekliğinin büyüme fonksiyonları ile ilişkili olduğu için özellikle bebeklerde ve çocuklarda temel işitme cihazı ayarlamasına katkı sağlamaktadır (Janssen vd., 2006; Neely vd., 2003). Medial koklear efferent sistemin normal fonksiyonu ile OAE'ler kontralateral gürültü uyarımı ile baskılanabilir. Bu etkinin yokluğunun önemi anlaşılammıştır, ancak bazı sinir patolojilerinin tanılanmasında yardımcı olabilmektedir (Kemp, 2002).

2.3.4.1. Koklear Bütünlüğün Değerlendirilmesi

OAE cevaplarının varlığı normal dış tüy hücre fonksiyonunu gösterir. Odyometrik saf ses işitme eşikleri ve orta kulak fonksiyonu normal olan kişilerde OAE'lerin olmaması erken, subklinik, koklear lezyonun bir göstergesidir (Ceranic, 2003).

2.3.4.2. Yenidoğan İşitme Taraması

OAE'in ilk klinik uygulaması yenidoğan işitme tarama programlarıdır. Bebek İşitmesi Ortak Komitesi (JCIH) evrensel yenidoğan işitme taramasını önermektedir. JCIH, yenidoğanların EOAE veya ABR ile taranmasını tavsiye etmiştir (JCIH, 2007). OAE ölçümünün, merkezi işitsel sinir sisteminin nöromatürasyonundan etkilenmemesi, yenidoğanlarda elde edilebilir olması, basit, hızlı ve objektif olması avantajları arasında yer almaktadır (Kemp, 1978; Stach, 2010). Bebeklerde OAE ölçümünün kullanımının iki dezavantajı vardır. Birincisi, dış ve orta kulak patolojilerinin genellikle OAE ölçümünü etkilemesidir. Bebeklerde efüzyonlu orta kulak enfeksiyonu olması durumunda koklear fonksiyon normal olmasına rağmen OAE'ler kaydedilememektedir. Diğer dezavantajı ise sensörinöral işitme kaybı olan ancak OAE taramasını geçen bebeklerle ilgilidir. İç tüy hücresinde harabiyet olan veya işitsel nöropatisi olan bebeklerde dış tüy hücrelerinin fonksiyonu normal olduğu için OAE cevapları üretilebilir (Stach, 2010). İşitsel nöropati, normal OAE'lerin varlığı ile anormal ABR yanıtları ile tespit edilebilir. Bu nedenle bebeklerde OAE taraması tek tarama ölçümü olarak kullanılmamalı, ABR ile birlikte değerlendirilmelidir (Kemp, 2002; Stach, 2010).

2.3.4.3. Koklear Durumdaki Değişikliklerin Takibi

OAE ölçümleri, aşırı gürültü maruziyeti sonrasında, meniere hastalığında koklear fonksiyonun etkilerini ve endüstrilerde yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan işçilerde koklear hasarı takip etmek için uygulanabilir (Beattie, Kenworthy ve Luna, 2003; Bockstael, vd., 2008; Ceranic, 2003). Otoakustik emisyon ölçümleri, ototoksik ilaç tedavisi alan hastalarda koklear fonksiyonun takibinde etkili bir şekilde kullanılır. Bazı kanser türleri için kemoterapi, enfeksiyonları kontrol etmek için kullanılan bazı antibiyotikler ototoksik etkiye sahiptir. İlaçların dozu yükseltildiğinde, dış tüy hücre hasarı kalıcı hale gelip, sensörinöral işitme kaybına neden olabilir. Ototoksik ilaç tedavisi alan hastaların, tedavi öncesinde, sırasında ve sonrasında işitme fonksiyonu takibinin

yapılması gerekir. DPOAE ölçümü bu hastalarda dış tüy hücre hasarının erken dönemde belirlenmesini sağlamaktadır. Saf ses odyometri ve DPOAE ölçümlerinin beraber kullanımı, ilaçların ototoksisiteye yol açtığı zamanı belirlemede değerlidir (Stach, 2010).

2.3.4.4. Koklear ve Retrokoklear Lezyonların Ayırıcı Tanısı

OAE'ler prenöral cevaplar olduğu için sensörinöral işitme kaybının sensör veya nöral ayrımını belirlemede kullanılır (Kramer ve Brown, 2019). Orta veya ileri derecede sensörinöral işitme kaybı olan bireylerde fonksiyonel işitme kaybının dışlanması şartıyla OAE'ler kaydedilirse, patoloji retrokoklear lezyonu düşündürebilir (Ceranic, 2003). Hastada VIII. kraniyal siniri etkileyen tümör veya merkezi işitsel sinir sistemi yollarını etkileyen beyin sapı lezyonları gibi retrokoklear bozukluktan kaynaklanan sensörinöral işitme kaybı olmasına rağmen OAE cevapları normal elde edilebilir. Bu durum, dış tüy hücresi fonksiyonunun normal ve işitme kaybının nörolojik kökenli olduğunu düşündürür (Stach, 2010).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programına bağlı olarak yürütülmüştür. Çalışmanın KTO Karatay Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komisyonu tarafından 12.01.2021 tarihli ve 2021/015 sayılı kararla İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır. Bu çalışma, KTO Karatay Üniversitesi Şehit Yunus Mermer Odyoloji Kliniğinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma normal işitmeye sahip olan genç yetişkin bireylerde otoakustik emisyon testlerinden olan DPOAE ve TEOAE testlerinin test tekrar test güvenilirliğinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

3.1. Bireyler

Çalışmaya 18-35 yaş aralığında normal işitmeye sahip 28'i erkek yaş ortalaması $21,678 \pm 3,277$ olan ve 27'si kadın yaş ortalaması $22,259 \pm 4,128$ olan toplam 55 kişi (110 kulak) dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilme ve çalışmaya dahil edilmeme kriterleri aşağıda belirtilmiştir.

3.1.1. Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri

- Saf ses odyometri değerlendirmesinde 125-8000 Hz frekansları arasında bilateral işitme eşikleri ≤ 15 dB olanlar;
- Yapılan otoskopik muayenede normal bir dış kulak yolu ve timpanik membrana sahip olanlar;
- Konuşmayı ayırt etme skoru %88 ve daha iyi olanlar;
- Bilateral 226 Hz prob tone kullanılarak yapılan timpanogram sonucu Tip A olanlar;
- Bilateral ipsilateral akustik refleks eşiklerinin 0,5 kHz, 1 kHz ve 2 kHz'de normal elde edilenler;
- Otoakustik emisyon testi ile değerlendirmede bilateral korelasyonun $\geq \%80$ olanlar, çalışmaya dahil edilmiştir.

3.1.2. Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri

- Ototoksik ilaç kullanma öyküsü olanlar;
- Otolojik hastalık veya operasyon öyküsü olanlar;
- Ek engeli bulunan bireyler;
- Kemoterapi, radyoterapi öyküsü olanlar;
- Nörolojik tanısı olanlar;
- İşitme kaybı olanlar;
- Nöro-psikiyatrik sorunu olan bireyler;
- Kafa travması veya gürültüye maruz kalma öyküsü olanlar, çalışma dışı bırakılmıştır.

3.2. Kullanılan Testler ve Yöntem

Katılımcılar gönüllülük esasına uygun olarak seçilmiştir. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylere çalışmanın içeriği ve uygulanacak testlerle ilgili bilgi verilmiştir. Çalışmaya katılan tüm bireylere sözlü ve yazılı bilgi verilerek bilgilendirilmiş gönüllü olur formu imzalatılmıştır. Katılımcıların demografik bilgilerini de içeren ayrıntılı anamnezleri alınmıştır. Çalışmaya katılan tüm bireylere otoskopik muayeneden sonra akustik immitansmetrik değerlendirme, saf ses odyometri, konuşma odyometri ve otoakustik emisyon (TEOAE ve DPOAE) ölçümleri yapılmıştır.

3.2.1. Akustik İmmitansmetrik Değerlendirme

Otoskopik muayene ile anormal dış kulak kanalı ve/veya timpanik membrana sahip olan bireyler belirlenmiş ve çalışmaya dahil edilmemiştir. Otoskopik muayeneleri yapılan bireylere ilk olarak akustik immitansmetrik ölçümler yapılmıştır. Bireylerde Interacoustic marka TITAN geniş bant timpanometre cihazı ile 226 Hz prob ton kullanılarak, 85 dB SPL uyaran şiddetinde +200 ve -400 daPa aralığında timpanogramları elde edilmiştir. Timpanometrik değerlendirme ile orta kulak basıncı (daPa), komplians (mmho) ve eş değer dış kulak kanalı hacmi (cc) değerlendirilmiştir. Timpanogram tipi Jerger (1970) sınıflandırmasına göre Tip A olarak belirlenen bireylere akustik refleks testi yapılmıştır. Akustik refleks testinde 0.5- 4 kHz frekans aralığında ipsilateral akustik refleks eşikleri elde edilen bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

3.2.2. Saf Ses ve Konuşma Odyometri Değerlendirmesi

Bu çalışmanın amacı, normal işiten genç yetişkinlerde OAE'lerin test-tekrar test güvenilirliğini belirlemek olduğu için katılımcıların işitme durumları araştırmaya katılma şartının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Odyolojik değerlendirmeler saf ses odyometri testi için Industrial Acoustics Company (IAC) standardındaki sessiz odada yapılmıştır. Interacoustics marka AC-40 model klinik odyometre ile birlikte Telephonics marka TDH-39 supra-aural kulaklık kullanılarak çalışmaya dahil edilen bireylerin hava yolu saf ses işitme eşikleri 250-8000 Hz frekanslarında değerlendirilmiştir. Kemik yolu saf ses işitme eşikleri Radioear marka B-71 kemik vibratör kullanılarak 500-4000 Hz frekanslarında belirlenmiştir. Hava ve kemik yolu saf ses işitme eşikleri Hughson-Westlake prosedürü kullanılarak tespit edilmiştir. Saf ses işitme eşikleri 250-8000 Hz frekanslarında ≤ 15 dB olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylere konuşmayı anlama ve konuşmayı ayırt etme testleri yapılmıştır. Konuşmayı anlama eşiği testinde üç heceli kelime listesi katılımcılara okunmuş ve söylenen kelimenin en az %50'sinin bilindiği en düşük seviye eşik olarak kabul edilmiştir. Konuşmayı ayırt etme skoru testi ise katılımcının rahat ettiği ses seviyesinde 25 kelimelik Türkçe tek heceli fonetik dengeli kelime listesi kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3. Otoakustik Emisyon Değerlendirmesi

Test sırasında hastaya yutkunmaması ve hareketsiz kalması gerektiği konusunda bilgi verilmiştir. Ölçüm yapılan kulağa uygun prob yerleştirilmeden önce dış kulak yolu kontrol edilmiş ve dış kulak kanalına uygun disposable prob yerleşimi yapılmıştır. Çalışmaya alınan tüm bireylerin TEOAE ve DPOAE ölçümleri yapılmıştır.

Otoakustik emisyon değerlendirmeleri, Otometrics marka Madsen Capella² taşınabilir otoakustik emisyon (OAE) cihazı OTOSuite yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Cihazdaki prob göstergesi ve uyaran dalga formu uygun konfigürasyonu ile cihazın uygun ölçüm pozisyonunda olmasından sonra ölçüme başlanmıştır. DPOAE ölçümü DP-gram ile 996 Hz, 1191 Hz, 1416 Hz, 1679 Hz, 2001 Hz, 2382 Hz, 2832 Hz, 3359 Hz, 4003 Hz, 4755 Hz, 5654 Hz, 6728 Hz, 7998 Hz f2 frekanslarında yapılmıştır. DP-gram test protokolü L1-L2 seviyeleri arasındaki fark 10 dB SPL (L1 = 65 dB SPL, L2 = 55 dB SPL) ve f2/f1 oranı tüm ölçümlerde 1.22 olacak şekilde belirlenmiştir. DPOAE'ler dış kulak yolundaki mikrofon ile 2f1-f2 frekansında ölçülmüştür. Emisyon sonuçları aynı bireyin her iki

kulağında birbirinden bağımsız olduğu için, tüm bireylerin her iki kulağına birden OAE testi uygulanmıştır. Her frekans için sinyal gürültü oranı (SNR) değerleri çalışma parametresi olarak kullanılmıştır. SNR değeri 6 dB'den küçük olanlar değerlendirmeye alınmamıştır. Dalga tekrarlanabilirliğinin ve uyarın stabilitesinin %80 ve üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Noise rejection level 47 dB SPL'de tutulmuştur. Testin değerlendirilmesinde dB cinsinden SNR ve amplitüd değerleri belirlenmiştir. İkinci ölçüm ilk ölçümden 20 dakika sonra, üçüncü ölçüm ilk ölçümden 20 gün sonra yapılmıştır. TEOAE ölçümleri 85 dB SPL şiddetindeki nonlinear polaritede 50/sn uyarın rate'li 512 click uyarın yanıtının averajlanarak 1-4 kHz aralığında 1 kHz, 1,5 kHz, 2 kHz, 3 kHz ve 4 kHz f2 frekanslarında uygulanmıştır. Dalga tekrarlanabilirliğinin %80'in üzerinde olması ve SNR'nin 6 dB ve üzerinde olması göz önüne alınmıştır. İkinci ölçüm ilk ölçümden 20 dakika sonra, üçüncü ölçüm ilk ölçümden 20 gün sonra yapılmıştır. TEOAE ve DPOAE ölçümlerinin değerlendirmesinde kullanılan uyarın ve kayıt parametreleri Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1. TEOAE ile DPOAE ölçümlerinin değerlendirmesinde kullanılan uyarın ve kayıt parametreleri

Uyarın ve Kayıt Özellikleri	DPOAE Ölçüm Parametresi	TEOAE Ölçüm Parametresi
Uyarının Tipi	Click	Click
Uyarının Spektral Özellikleri	Geniş Bant Frekans	Geniş Bant Frekans
Uyarının Frekansları	996-7998 Hz	1-4 kHz
Uyarının Şiddeti	L1=65 dB SPL L2=55 dB SPL	85 dB SPL
Uyarının Stabilitesi	>% 80	>% 80
Uyarının Rate	50/sn	50/sn
Uyarının Sayısı	f2/f1=1.22	512 sweep
Gürültü Reddetme Seviyesi	47 dB SPL	47 dB SPL

3.3. Kullanılan Cihazlar

Otoskopik muayene için Orlvision video otoskop cihazı kullanılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Video otoskop cihazı

Kaynak: <https://www.biyomediks.com> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

Çalışmamızda katılımcıların işitme eşiklerini belirlemek için Interacoustics markasına ait AC40 model klinik odyometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Klinik odyometre cihazı

Kaynak: <https://www.interacoustics.com> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

Katılımcıların bilateral immitansmetrik ölçümleri interacoustics titan geniş bant timpanometre ile yapılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Interacoustics titan geniş bant timpanometre cihazı

Kaynak: <https://www.erisci.com> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

Katılımcıların TEOAE ve DPOAE testi değerlendirmeleri madsen capella² otoakustik emisyon cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Otometrics madsen capella² otoakustik emisyon cihazı

Kaynak: <https://www.medicaexpo.com> (Erişim Tarihi: 07.01.2022)

3.4. İstatiksel Analiz

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 25 (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma, standart hata değerleri ile sunulmuştur. Parametrik testlerin ön şartlarından varyansların homojenliği “Levene” testi ile kontrol edilmiştir. Normallik varsayımına ise “Shapiro-Wilk” testi ile bakılmıştır.

DPOAE ve TEOAE testlerinin test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmek için kapsamlı istatistiksel yöntemler yapılmıştır. Kategorik değişken sayısına göre ölçümler arasındaki emisyon amplitüdlerindeki değişiklikleri belirlemek için tek veya iki yönlü tekrarlanan ölçümler varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edildiğinde bu farklılıklar Bonferroni düzeltmesi ile tespit edilmiştir. Cinsiyet etkisi tekrarlı testler için küresellik varsayımı Mauchly testi ile kontrol edilmiş ve küresellik varsayımı sağlandığı durumda Sphericity Assumed testi uygulanmıştır. Küresellik sağlanmadığı durum için epsilon değerine bakılarak 0,75'ten büyük olduğu durumlar için Huynh-Feldt testi, küçük olduğu durumlar için ise Greenhouse Geisser testi sonuçları değerlendirilmiştir. P değerinin <0,05 olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

OAE ölçümlerinin tekrarlanabilirliği, standart ölçüm hatası (SEM), sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC), ölçümler arasındaki mutlak farklar, %95 güven aralıkları ve tekrarlanabilirlik standart sapmaları ile değerlendirilmiştir. ICC, her bir katılımcının bireysel sonuçlarının, aynı katılımcının diğer zamanlarda ölçülen sonuçlarına benzerlik derecesini ölçmek için kullanılmıştır (Weir, 2005). SEM, iki OAE ölçümünün istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmıştır (Anastasi, 1976; Demorest ve Walden, 1984). Literatürde OAE tekrarlanabilirliğini inceleyen çeşitli çalışmalarda SEM kullanıldığı için SEM değeri hesaplanmıştır. SEM'i hesaplamak için $SEM = SS\sqrt{1 - ICC}$ formülü kullanılmıştır (Demorest ve Walden, 1984). Bu formülde "SS" tüm ölçümlerin standart sapmasını temsil etmektedir. İki ölçümün ölçüm hatası üzerinde önemli ölçüde farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmek için, iki test değeri arasındaki farkların standart ölçüm hatasının %95 güven aralığı minimum saptanabilir farkı (MDD) belirlemek için kullanılmıştır ve $MDD_{95\%} = 1.96\sqrt{2SEM}$ formülü kullanılmıştır. ICC'ler, SEM'ler ve MDD'ler, ölçümler ve frekans bantları veya toplam emisyon amplitüdüleri dikkate alınarak %95 güven aralığında hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, dahil edilme kriterlerini taşıyan ve normal işiten 18-35 yaş aralığında 55 bireyin 110 kulağı değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin sonucunda elde edilen bulguların istatistiksel analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin cinsiyet ve yaş dağılımları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Katılımcılara ait yaş ve cinsiyet dağılımı

Cinsiyet	Sayı	Min./Max	Yaş (Ort±SS)
Kadın	27	18y/35y	22,259 ± 4,128
Erkek	28	18y/35y	21,678 ± 3,277

(Min: Minimum, Max:Maksimum, Ort.: Ortalama, SS: Standart Sapma)

TEOAE'lerin ve DPOAE'lerin tekrarlanabilirliği üç oturumda değerlendirilmiştir. İlk oturum temel ölçümden oluşmaktadır (ölçüm1= Ö1). Probu 20 dakika sonra yeniden yerleştirilmesiyle test-tekrar ölçümü (ölçüm2= Ö2) yapılarak ikinci oturum gerçekleşmiştir. Bu oturumdan 20 gün sonra üçüncü oturum (ölçüm3= Ö3) gerçekleşmiştir. Farklı zamanlarda yapılan tekrarlı OAE ölçümleri tek ve iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

DPOAE'lerin koklear fonksiyonun takibindeki klinik faydası, test-tekrar test güvenilirliğine bağlıdır. DPOAE'lerde test-tekrar test farklılıkları $f_2 > f_1$, $f_2/f_1 = 1.22$ ve L1 ve L2 sırasıyla 65 ve 55 dB SPL’de $2f_1-f_2$ ’de ölçülerek karşılaştırılmıştır. Test ve tekrar test koşullarından alınan frekans değişkenlerine ait DPOAE amplitüd değerlerinin ortalama ± standart sapma değerleri, F ve p değeri Tablo 3’de yer almaktadır. Elde edilen değerlere bakıldığında, en yüksek amplitüdün 1416 Hz frekansında, en düşük amplitüdün ise 7998 Hz frekansında olduğu görülmektedir. Bütün ölçümlerin sonucunda, elde edilen amplitüd değerlerinin test ile tekrar test durumlarındaki farklarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının araştırılması tekrarlı ölçümler varyans analizi ANOVA ile gerçekleştirilmiştir. Her bir frekans için belirlenen zaman aralıklarındaki farklı ölçümler, hesaplanan F değerine ve p değerine göre gruplar arasında ve gruplar içinde karşılaştırılmıştır. DPOAE amplitüdlерinin değerlendirildiği üç ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($F=1,712=p=0,19$, $p>0,05$). 13 farklı f_2 frekans değişkeninde, test-tekrar test durumlarında elde edilen amplitüd ortalamaları

arasında istatistiksel açıdan sadece 6728 Hz frekansında anlamlı fark elde edilmiştir. 6728 Hz frekansında ikinci ölçüm ve üçüncü ölçüm arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p=0.022$).

DPOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 4’de verilmiştir. DPOAE amplitüdülerinde cinsiyet etkisi tekrarlı testler için küresellik varsayımı Mauchly testi ile kontrol edilmiş ve test edilen tüm frekanslarda kadın ve erkek arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0.05$). Kadınların DPOAE üç ölçüm değerlendirmesi ve erkeklerin üç ölçüm değerlendirmesi tekrarlı ölçüm ANOVA ile incelenmiş ve anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

DPOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği için f2 frekans bantlarında amplitüd değerlerine ilişkin ICC ve SEM ve MDD_{95%} değerleri hesaplanmıştır ve tekrar test ölçümlerinde karşılaştırılması Tablo 5’de verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, ölçümler arasındaki ICC değerlerinin her üç ölçüm karşılaştırması içinde 0,78-0,96 aralığında olduğu ve iyi seviyede güvenilirliğe sahip olduğu görülmüştür. Ek olarak, ölçümler arasındaki zaman aralığının artmasıyla oturumlar arası güvenilirlik azalmıştır.

Ölçümler arasındaki SEM değerleri incelendiğinde en yüksek SEM değeri 6728 Hz frekansında ($\text{Ö1-Ö2}=1,76$ dB; $\text{Ö1-Ö3}=2,58$ dB; $\text{Ö2-Ö3}=1,77$ dB) elde edilmiştir. Üç ölçümün ikili karşılaştırmalarında tüm frekanslar incelendiğinde en yüksek SEM değerleri 996 Hz 6728 Hz ve 7998 Hz frekanslarında elde edilmiştir. Ölçümler arasındaki MDD_{95%} değeri incelendiğinde 1,14-7,14 aralığında elde edilmiştir ve en yüksek MDD_{95%} değeri 6728 Hz’de elde edilmiştir. Genel olarak ölçümlerde, yüksek ICC değerleri ve düşük SEM değerleri gözlemlenmiştir.

Tablo 3. DPOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

f2	Ölçümler	Ort. ± SS	F	p
996	Ö1	11,824±5,905	0,347	0,708
	Ö2	11,925±5,796		
	Ö3	12,235±4,465		
1191	Ö1	14,062±5,208	0,033	0,967
	Ö2	13,968±5,329		
	Ö3	13,996±5,012		
1416	Ö1	14,469±5,083	0,583	0,562
	Ö2	14,715±5,203		
	Ö3	14,825±4,827		
1679	Ö1	13,814±4,971	1,627	0,206
	Ö2	14,334±4,733		
	Ö3	14,356±4,219		
2001	Ö1	12,080±4,573	0,716	0,493
	Ö2	12,482±4,508		
	Ö3	12,305±4,587		
2382	Ö1	11,472±5,010	0,459	0,634
	Ö2	11,434±4,693		
	Ö3	11,095±4,851		
2832	Ö1	8,706±5,780	1,160	0,321
	Ö2	9,352±5,364		
	Ö3	9,326±5,483		
3359	Ö1	4,058±5,109	1,484	0,236
	Ö2	4,482±5,376		
	Ö3	4,555±5,699		
4003	Ö1	3,092±4,641	1,194	0,311
	Ö2	3,165±5,006		
	Ö3	2,524±5,790		
4755	Ö1	1,512±6,466	1,246	0,296
	Ö2	1,480±6,452		
	Ö3	0,735±7,171		
5654	Ö1	1,351±6,921	2,336	0,107
	Ö2	1,761±6,318		
	Ö3	0,645±6,988		
6728	Ö1	-1,809±6,891 ^{ab}	3,443	0,039*
	Ö2	-0,705±6,000 ^a		
	Ö3	-2,128±6,199 ^b		
7998	Ö1	-3,701±6,524	0,494	0,613
	Ö2	-3,455±6,025		
	Ö3	-4,019±6,195		

(*p<0.05 Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA, Ort.: Ortalama, SS: Standart Sapma)

a,b aynı satırdaki farklı harf veya harf kombinasyonları istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder.

Tablo 4. DPOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması

		Cinsiyet				Tİ [¶] F (p)
		Kadın (n=54) Ort±SS	Tİ* F (p)	Erkek (n=56) Ort±SS	Tİ* F(p)	
996	Ö1	11,476±5,784		12,159±6,107		
	Ö2	10,722±6,563	1,354(0,267)	13,084±4,783	0,966(0,387)	1,875(0,158)
	Ö3	11,859±4,140		12,596±4,807		
1191	Ö1	13,928±4,363		14,191±5,992		
	Ö2	13,574±4,307	0,413(0,664)	14,348±6,216	0,306(0,737)	0,740(0,480)
	Ö3	14,070±4,419		13,925±5,606		
1416	Ö1	14,331±5,278		14,602±4,982		
	Ö2	14,394±4,777	0,478(0,623)	15,025±5,655	0,582(0,563)	0,407(0,667)
	Ö3	14,791±4,651		14,857±5,078		
1679	Ö1	14,480±4,167		13,171±5,642		
	Ö2	14,707±4,422	0,359(0,700)	13,973±5,071	1,673(0,198)	0,381(0,684)
	Ö3	14,909±4,020		13,823±4,411		
2001	Ö1	13,256±4,008		10,946±4,864		
	Ö2	13,300±4,601	0,006(0,994)	11,693±4,353	1,305(0,280)	0,485(0,617)
	Ö3	13,320±4,803		11,327±4,225		
2382	Ö1	12,063±4,893		10,902±5,145		
	Ö2	11,428±5,103	1,010(0,371)	11,439±4,356	2,087(0,134)	1,567(0,214)
	Ö3	11,681±4,348		10,529±5,310		
2832	Ö1	10,287±4,505		7,182±6,509		
	Ö2	10,517±4,996	0,069(0,934)	8,229±5,555	1,611(0,210)	0,521(0,579)
	Ö3	10,420±5,093		8,271±5,728		
3359	Ö1	6,124±4,574		2,066±4,867		
	Ö2	6,435±5,053	1,197(0,310)	2,598±5,073	0,924(0,404)	0,879(0,418)
	Ö3	6,965±5,471		2,230±4,972		
4003	Ö1	4,685±3,802		1,555±4,918		
	Ö2	4,967±4,303	0,899(0,503)	1,427±5,091	0,413(0,608)	0,150(0,861)
	Ö3	4,163±5,201		0,943±5,978		
4755	Ö1	3,226±5,741		-0,141±6,792		
	Ö2	3,176±6,144	0,610(0,547)	-0,155±6,424	0,613(0,545)	0,001(0,999)
	Ö3	2,433±6,556		-0,904±7,470		
5654	Ö1	4,337±4,674		-1,529±7,568		
	Ö2	4,072±4,832	1,013(0,370)	-0,468±6,847	2,977(0,060)	0,958(0,387)
	Ö3	3,237±6,032		-1,854±7,031		
6728	Ö1	0,257±6,127		-3,801±7,103		
	Ö2	1,689±4,798	2,044(0,140)	-3,014±6,211	1,477(0,238)	0,156(0,855)
	Ö3	0,267±5,164		-4,438±6,318		
7998	Ö1	-2,583±5,568		-4,779±7,269		
	Ö2	-1,885±5,072	0,833(0,440)	-4,968±6,558	0,074(0,929)	0,427(0,654)
	Ö3	-2,917±5,872		-5,082±6,417		

(*p<0,05, Tİ*:Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA, Tİ[¶]: Karışık Düzen ANOVA, Ort.:Ortalama, SS: Standart Sapma, n: Kulak sayısı)

DPOAE amplitüd ve SNR değerlerinin, ICC ve dB cinsinden SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre tekrar test ölçümlerinde karşılaştırılması Tablo 6'da verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, DPOAE ölçümünün amplitüd değerine ilişkin güvenilirlik 0,78-0,96 aralığında elde edilirken, SNR değerine ilişkin güvenilirlik 0,71-0,88 aralığında elde edilmiştir. DPOAE ölçümünün amplitüd değerine ilişkin SEM değerleri 0,41-2,58 aralığında elde edilmiş ve en yüksek SEM değerleri 996 Hz, 6728 Hz ve 7998 Hz'de tespit edilmiştir. DPOAE ölçümünün SNR değerine ilişkin SEM değerleri 1,19-2,99 aralığında elde edilmiştir ve alçak frekanslarda yüksek frekanslara kıyasla daha yüksek SEM değerleri gözlemlenmiştir.

DPOAE amplitüdüne ilişkin ICC ve dB cinsinden SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 7'de verilmiştir. Tablodaki veriler incelendiğinde erkeklerde en düşük güvenilirlik 6728 Hz ve 7998 Hz frekanslarında gözlenirken, kadınlarda 996 Hz ve 6728 Hz frekanslarında gözlenmiştir. Elde edilen verilere göre erkeklerde ve kadınlarda en yüksek SEM değeri 6728 Hz'de tespit edilmiştir.

DPOAE testi ile farklı zamanlarda yapılan (ilk ölçümden 20 dakika sonra ve 20 gün sonra) ölçümlerde test-tekrar test güvenilirliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ve DPOAE'lerin yüksek test-tekrar test güvenilirliği doğrulanmıştır.

Tablo 5. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüdlerine ilişkin ICC, SEM ve MDD95% değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

L1/L2	Test- Tekrar Test Ölçümü	f2 frekansları (Hz)													
		996	1191	1416	1679	2001	2382	2832	3359	4003	4755	5654	6728	7998	
65/55 dB SPL	Ö1-Ö2	ICC	0,90	0,92	0,96	0,94	0,92	0,93	0,91	0,96	0,94	0,94	0,96	0,85	0,88
		n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
		SEM	1,14	0,77	0,42	0,59	0,74	0,62	0,96	0,41	0,56	0,72	0,57	1,76	1,46
		MDD95%	3,15	2,13	1,15	1,62	2,06	1,72	2,66	1,14	1,56	1,99	1,59	4,88	4,04
	Ö1-Ö3	ICC	0,86	0,92	0,93	0,91	0,88	0,87	0,84	0,93	0,90	0,91	0,91	0,78	0,88
		n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
		SEM	1,42	0,75	0,72	0,76	1,05	1,19	1,70	0,76	1,02	1,18	1,17	2,58	1,42
		MDD95%	3,94	2,08	1,99	2,11	2,90	3,29	4,72	2,12	2,83	3,27	3,26	7,14	3,94
	Ö2-Ö3	ICC	0,85	0,92	0,95	0,92	0,93	0,91	0,87	0,93	0,91	0,92	0,91	0,84	0,87
		n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
		SEM	1,46	0,84	0,54	0,66	0,61	0,80	1,36	0,77	0,92	1,09	1,18	1,77	1,53
		MDD95%	4,04	2,34	1,50	1,82	1,68	2,23	3,76	2,14	2,56	3,01	3,26	4,90	4,23

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı, MDD95%: Minimum saptanabilir fark, n: Kulak sayısı)

Tablo 6. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüd ve SNR değerlerine ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

		f2 frekansları (Hz)												
		996	1191	1416	1679	2001	2382	2832	3359	4003	4755	5654	6728	7998
AMPLİTÜD	ICC													
	Ö1-Ö2	0,90	0,92	0,96	0,94	0,92	0,93	0,91	0,96	0,94	0,94	0,96	0,85	0,88
	Ö1-Ö3	0,86	0,92	0,93	0,91	0,88	0,87	0,84	0,93	0,90	0,91	0,91	0,78	0,88
	Ö2-Ö3	0,85	0,92	0,95	0,92	0,93	0,91	0,87	0,93	0,91	0,92	0,91	0,84	0,87
	SEM													
	Ö1-Ö2	1,14	0,77	0,42	0,59	0,74	0,62	0,96	0,41	0,56	0,72	0,57	1,76	1,46
	Ö1-Ö3	1,42	0,75	0,72	0,76	1,05	1,19	1,70	0,76	1,02	1,18	1,17	2,58	1,42
	Ö2-Ö3	1,46	0,84	0,54	0,66	0,61	0,80	1,36	0,77	0,92	1,09	1,18	1,77	1,53
	SNR	ICC												
Ö1-Ö2		0,82	0,81	0,87	0,73	0,82	0,83	0,85	0,88	0,80	0,88	0,87	0,83	0,82
Ö1-Ö3		0,74	0,78	0,76	0,80	0,77	0,78	0,79	0,83	0,74	0,84	0,84	0,77	0,80
Ö2-Ö3		0,77	0,77	0,86	0,76	0,79	0,84	0,71	0,82	0,80	0,88	0,84	0,79	0,82
SEM														
Ö1-Ö2		1,78	2,03	1,31	2,52	1,64	1,53	1,49	1,18	1,70	1,33	1,43	1,37	1,19
Ö1-Ö3		2,37	2,21	2,38	1,80	1,96	2,07	2,20	1,62	2,30	1,75	1,72	1,73	1,25
Ö2-Ö3		2,16	2,28	1,47	2,03	1,86	1,53	2,99	1,73	1,75	1,33	1,72	1,58	1,19

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı, SNR: Sinyal/Gürültü Oranı)

Tablo 7. Test-tekrar test ölçümlerinde DPOAE amplitüdlerine ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması

		f2 frekansları (Hz)												
		996	1191	1416	1679	2001	2382	2832	3359	4003	4755	5654	6728	7998
KADIN	ICC													
	Ö1-Ö2	0,85	0,83	0,94	0,89	0,92	0,95	0,92	0,97	0,92	0,97	0,97	0,85	0,88
	Ö1-Ö3	0,73	0,83	0,88	0,89	0,84	0,85	0,83	0,89	0,81	0,89	0,87	0,73	0,87
	Ö2-Ö3	0,76	0,87	0,94	0,93	0,93	0,94	0,80	0,93	0,85	0,90	0,81	0,62	0,91
	SEM													
	Ö1-Ö2	1,75	1,36	0,56	0,87	0,70	0,46	0,71	0,33	0,66	0,33	0,31	1,53	1,17
Ö1-Ö3	2,38	1,37	1,16	0,88	1,33	1,27	1,55	1,06	1,61	1,30	1,28	2,76	1,43	
Ö2-Ö3	2,35	1,11	0,59	0,59	0,62	0,60	1,87	0,68	1,31	1,17	1,92	3,26	0,91	
ERKEK	ICC													
	Ö1-Ö2	0,96	0,97	0,97	0,96	0,91	0,92	0,90	0,94	0,94	0,91	0,94	0,82	0,87
	Ö1-Ö3	0,94	0,97	0,97	0,93	0,90	0,88	0,83	0,93	0,93	0,91	0,91	0,77	0,89
	Ö2-Ö3	0,95	0,94	0,95	0,92	0,93	0,90	0,91	0,90	0,93	0,92	0,94	0,91	0,82
	SEM													
	Ö1-Ö2	0,42	0,41	0,29	0,38	0,81	0,72	1,21	0,56	0,56	1,14	0,80	2,21	1,75
Ö1-Ö3	0,69	0,35	0,32	0,70	0,88	1,17	1,93	0,63	0,70	1,19	1,33	2,84	1,49	
Ö2-Ö3	0,48	0,66	0,50	0,73	0,62	0,94	1,03	0,98	0,73	1,10	0,85	1,12	2,13	

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı)

Test ve tekrar test koşullarından alınan frekans değişkenlerine ait TEOAE amplitüd değerlerinin ortalama \pm standart sapma değerleri, F ve p değerleri Tablo 8’de yer almaktadır. TEOAE ölçümlerinin amplitüd değerlerine ilişkin elde edilen değerlere bakıldığında, üç ölçüm içinde maksimum amplitüdün 1 kHz frekansında, minimum amplitüdün ise 4 kHz frekansında olduğu görülmektedir.

Yapılan tüm ölçümler sonucunda, elde edilen amplitüd değerlerinde test ile tekrar test durumları ortalamalarının arasında anlamlı bir fark olup olmadığı tekrarlı ölçümler varyans analizi ile araştırılmıştır. Beş farklı f2 frekans değişkeninde, test-tekrar test durumlarında üç ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. (F=0,550=p=0,58; p>0.05). TEOAE test-tekrar test ölçümlerinin p değeri 1 kHz’de 0,281, 1.5 kHz’de 0,143, 2 kHz’de 0,831, 3 kHz’de 0,442 ve 4 kHz’de 0,306 olarak elde edilmiştir. Tablo 9’da verilen TEOAE test-tekrar test ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasına ait F ve p değerleri incelendiğinde, tekrarlı TEOAE amplitüd değerlerinde test edilen hiçbir frekansta anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0.05).

Tablo 8. TEOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

f2	Ölçümler	Ort. \pm SS	F	p
1000	Ö1	10,392 \pm 4,634	1,300	0,281
	Ö2	10,837 \pm 4,272		
	Ö3	10,901 \pm 3,797		
1500	Ö1	7,685 \pm 4,483	2,016	0,143
	Ö2	8,350 \pm 4,528		
	Ö3	8,502 \pm 4,408		
2000	Ö1	4,373 \pm 4,153	0,186	0,831
	Ö2	4,466 \pm 4,440		
	Ö3	4,450 \pm 4,493		
3000	Ö1	1,453 \pm 5,942	0,833	0,442
	Ö2	1,238 \pm 4,965		
	Ö3	0,979 \pm 5,132		
4000	Ö1	-0,569 \pm 4,538	1,211	0,306
	Ö2	-0,484 \pm 4,421		
	Ö3	-0,775 \pm 4,523		

(*p<0,05 Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA, Ort.: Ortalama, SS: Standart Sapma)

TEOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 9’da verilmiştir. TEOAE amplitüdülerinde cinsiyet etkisi tekrarlı testler için küresellik varsayımı Mauchly testi ile kontrol edilmiş ve test edilen tüm frekanslarda kadın ve erkek arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0.05$). Kadınların ve erkeklerin TEOAE amplitüdülerine ilişkin yapılan üç farklı ölçüm değerlendirmesi tekrarlı ölçüm ANOVA ile incelenmiş ve ölçümler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p<0.05$).

Tablo 9. TEOAE amplitüd tekrarlanabilirliğinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması

f2	Cinsiyet				
	Kadın (n=54) Ort±SS	Tİ* F (p)	Erkek (n=56) Ort±SS	Tİ* F(p)	Tİ [§] F (p)
1000	Ö1	10,987±4,240		9,818±4,995	
	Ö2	10,989±3,948	0,228(0,797)	10,691±4,631	2,404(0,100)
	Ö3	11,309±3,155		10,507±4,351	1,875(0,158)
1500	Ö1	8,767±4,363		6,643±4,425	
	Ö2	9,085±4,483	0,363(0,697)	7,641±4,539	2,054(0,139)
	Ö3	9,294±4,489		7,738±4,269	0,740(0,480)
2000	Ö1	5,393±4,001		3,389±4,129	
	Ö2	5,589±4,237	0,393(0,677)	3,384±4,434	0,002(0,998)
	Ö3	5,535±4,191		3,404±4,599	0,407(0,667)
3000	Ö1	3,941±6,316		-0,946±4,477	
	Ö2	3,363±4,652	0,64(0,532)	-0,811±4,427	1,673(0,198)
	Ö3	3,224±4,753		-1,186±4,587	0,381(0,684)
4000	Ö1	1,667±4,489		-2,725±3,459	
	Ö2	1,559±4,379	0,430(0,653)	-2,454±3,526	1,305(0,280)
	Ö3	1,398±4,422		-2,871±3,580	0,485(0,617)

(* $p<0,05$, Tİ*:Tekrarlı Ölçümlerde ANOVA, Tİ[§]: Karışık Düzen ANOVA, Ort.:Ortalama, SS: Standart Sapma, n: Kulak sayısı)

TEOAE amplitüdülerine ilişkin ICC, dB cinsinden SEM ve MDD_{95%} değerlerinin f2 frekans değişkenine göre test-tekrar test ölçümlerinde karşılaştırılması Tablo 10’da verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, ölçümler arasındaki ICC değerlerinin her üç ölçüm karşılaştırması içinde 0,85-0,99 aralığında ve iyi seviyede güvenilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Tekrarlı ölçümler arasındaki güvenilirlik incelendiğinde genellikle ölçümler arasındaki zaman aralığının artmasıyla oturumlar arası güvenilirlik azalmıştır.

TEOAE ölçümlerinde en yüksek SEM değerleri, 1000 Hz ve 1500 Hz frekanslarında gözlenmiştir. Ölçümler arasındaki MDD_{95%} değeri tüm frekanslar incelendiğinde 0,33-2,55 aralığında belirlenmiş ve en yüksek MDD_{95%} değeri 1000 Hz ile 1500 Hz

frekanslarında elde edilmiştir. Genel olarak yapılan ölçümler incelendiğinde yüksek ICC değerleri ve düşük SEM değerleri tespit edilmiştir. TEOAE amplitüd ve SNR değerlerinin, ICC ve dB cinsinden SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre test-tekrar test ölçümlerinde karşılaştırılması Tablo 11'de verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, TEOAE ölçümünün amplitüd değerine ilişkin güvenilirlik 0,85-0,99 aralığında elde edilirken, SNR değerine ilişkin güvenilirlik 0,85-0,97 aralığında elde edilmiştir. TEOAE ölçümünün amplitüd değerine ilişkin SEM değerleri 0,12-0,92 aralığında elde edilmiştir ve en yüksek SEM değerleri 1000 Hz ile 1500 Hz frekanslarında tespit edilmiştir. TEOAE ölçümünün SNR değerine ilişkin SEM değerleri 0,26-1,25 aralığında elde edilmiştir ve en yüksek SEM değeri 1000 Hz'de gözlenmiştir.

TEOAE amplitüdlere ilişkin ICC ve dB cinsinden SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması Tablo 12'de verilmiştir. Kadınlarda güvenilirlik değerleri 0,79-0,99 aralığında, erkeklerde 0,82-0,99 aralığında elde edilmiştir. Tekrarlı TEOAE ölçümleri tüm frekanslarda incelendiğinde en yüksek SEM değeri hem kadınlarda hem de erkeklerde 1500 Hz frekansında gözlenmiştir.

TEOAE testi ile farklı zamanlarda yapılan (ilk ölçümden 20 dakika sonra ve 20 gün sonra) ölçümlerde test-tekrar test güvenilirliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ve TEOAE'lerin yüksek test-tekrar test güvenilirliği doğrulanmıştır.

Tablo 10. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüdlerine ilişkin ICC, SEM ve MDD_{95%} değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

Test Tekrar Test Ölçümleri		f2 frekansları (Hz)				
		1000	1500	2000	3000	4000
Ö1-Ö2	ICC	0,94	0,90	0,98	0,99	0,98
	n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
	SEM	0,52	0,88	0,15	0,12	0,19
	MDD _{95%}	1,44	2,43	0,42	0,33	0,54
Ö1-Ö3	ICC	0,86	0,85	0,94	0,97	0,97
	n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
	SEM	0,92	0,92	0,46	0,32	0,23
	MDD _{95%}	2,55	2,55	1,28	0,87	0,63
Ö2-Ö3	ICC	0,90	0,92	0,95	0,97	0,98
	n	(110)	(110)	(110)	(110)	(110)
	SEM	0,79	0,67	0,42	0,33	0,22
	MDD _{95%}	2,18	1,86	1,17	0,91	0,61

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı, MDD_{95%}: Minimum saptanabilir fark, n: Kulak sayısı)

Tablo 11. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüd ve SNR değerlerine ilişkin, ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkenine göre karşılaştırılması

		f2 frekansları (Hz)				
		1000	1500	2000	3000	4000
AMPLİTÜD	ICC					
	Ö1-Ö2	0,94	0,90	0,98	0,99	0,98
	Ö1-Ö3	0,86	0,85	0,94	0,97	0,97
	Ö2-Ö3	0,90	0,92	0,95	0,97	0,98
	SEM					
	Ö1-Ö2	0,52	0,88	0,15	0,12	0,19
	Ö1-Ö3	0,92	0,92	0,46	0,32	0,23
	Ö2-Ö3	0,79	0,67	0,42	0,33	0,22
	SNR	ICC				
Ö1-Ö2		0,89	0,92	0,96	0,97	0,97
Ö1-Ö3		0,88	0,91	0,94	0,95	0,95
Ö2-Ö3		0,85	0,90	0,95	0,96	0,95
SEM						
Ö1-Ö2		1,03	0,72	0,33	0,34	0,26
Ö1-Ö3		1,13	0,78	0,51	0,45	0,42
Ö2-Ö3		1,25	0,83	0,46	0,40	0,41

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı, SNR: Sinyal/Gürültü Oranı)

Tablo 12. Test-tekrar test ölçümlerinde TEOAE amplitüdlerine ilişkin ICC ve SEM değerlerinin f2 frekans değişkeninde cinsiyete göre karşılaştırılması

		f2 frekansları (Hz)				
		1000	1500	2000	3000	4000
KADIN	ICC					
	Ö1-Ö2	0,95	0,95	0,98	0,99	0,98
	Ö1-Ö3	0,88	0,79	0,96	0,96	0,96
	Ö2-Ö3	0,88	0,94	0,96	0,96	0,97
	SEM					
	Ö1-Ö2	0,39	0,43	0,20	0,14	0,21
	Ö1-Ö3	0,80	0,95	0,35	0,41	0,32
	Ö2-Ö3	0,80	0,50	0,37	0,39	0,29
	ERKEK	ICC				
Ö1-Ö2		0,94	0,84	0,99	0,99	0,97
Ö1-Ö3		0,82	0,90	0,91	0,96	0,97
Ö2-Ö3		0,91	0,90	0,94	0,96	0,97
SEM						
Ö1-Ö2		0,59	1,36	0,11	0,12	0,22
Ö1-Ö3		1,10	0,87	0,62	0,33	0,21
Ö2-Ö3		0,79	0,88	0,50	0,35	0,20

(SEM: Standart ölçüm hatası, ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı)

5. TARTIŞMA

Standart davranışsal testlerin değişkenliği göz önüne alındığında, uyarılmış otoakustik emisyonların kullanımı işitme fonksiyonundaki değişiklikleri ortaya çıkarmak için daha az değişken ve hassas bir ölçüm yöntemi olarak önerilmiştir (Lonsbury-Martin vd., 1993; Stuart, Passmore, Culbertson ve Jones, 2009).

Otoakustik emisyonlar son otuz yılda rutin odyolojik tanı test bataryalarının bir parçası haline gelmiştir. Yenidoğan işitme taraması, pediatrik değerlendirme, işitme durumunun objektif tahmini, sensörinöral işitme kaybının koklear ve retrokoklear kökeni arasındaki ayrımı, fonksiyonel işitme kaybının dışlanması, engelli bireylerin değerlendirilmesi ve ototoksik ilaçların uygulanması sırasında işitme fonksiyonunun takibi OAE'ların klinik kullanımları arasında yer almaktadır (Gorga, Dierking, Johnson, Beauchaine, Garner ve Neely, 2005; Hotz, Harris ve Probst, 1994; White, Vohr ve Behrens, 1993). Herhangi bir odyolojik test prosedürünün veya klinik ekipmanın değerinin en önemli ölçütlerinden biri test sonuçlarının güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğidir. Sonuçların tekrarlanabilirliğini değerlendirmek için test-tekrar test güvenilirliği değerlendirilmelidir (Ng ve McPherson, 2005).

Literatürde DPOAE'lerin tekrarlanabilirliğini değerlendiren çalışmalarda genellikle Grason-Stadler OAE cihazları, Otodynamics ILO sistem OAE cihazları ve Starkey DP2000 DPOAE cihazı kullanılmıştır (Beattie vd., 2003; Beattie ve Bleech, 2000; Dreisbach, Long ve Lees, 2006; Franklin vd., 1992; Hallenbeck ve Dancer, 2003; Keppler vd., 2010; Ng ve McPherson, 2005; Pilka vd., 2019; Stuart vd., 2009; Wagner vd., 2008). Günümüzde klinik olarak kullanılan birçok farklı sistem ve cihaz olmasına rağmen literatürde OAE tekrarlanabilirlikleri hakkında çok az veri bulunmaktadır. Ülkemizde otoakustik emisyonların test-tekrar test tekrarlanabilirliğini değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda literatürde kullanılan cihazlardan farklı olarak OTOSuite yazılımına sahip Otometrics madsen capella² otoakustik emisyon cihazı kullanılarak DPOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir.

DPOAE seviyesini ve değişkenliğini etkileyen her faktör, DPOAE tekrarlanabilirliğini de etkilemektedir. Bu faktörler arasında, orta kulak basıncındaki değişiklikler başta olmak üzere orta kulak durumu, prob yerleşimi, ortam gürültüsü ve DPOAE ölçümünde elde edilen SNR değerleri yer almaktadır (Plinkert, Bootz ve Vossieck, 1994; Uchida vd.,

2006). Artan SNR değerleriyle DPOAE tekrarlanabilirliğinin arttığı literatürde bildirilmiştir (Wagner vd., 2008). Bu nedenle çalışmamızda dahil edilme kriteri olarak $SNR \geq 6$ dB olma şartı aranmıştır. OAE ölçümlerinde güvenilirliğin ve alçak frekanslarda tekrarlanabilirliğin sağlanması için dış gürültü kaynaklarının minimum seviyeye getirilmesi ve yeterli yalıtıma sahip doğru prob yerleştirilmesi gerekmektedir. Yeterince stabil ve sağlam bir yerleşim sağlamak için prob, dış kulak kanalında bulunan isthmusa dayanacak şekilde yerleştirilmelidir (Kemp, Ryan ve Bray, 1990). Gürültü seviyelerinin minimum seviyeye gelmesi, emisyon amplitüdü üzerinde gürültünün etkisini azaltarak test-tekrar test değişkenliğinin azalmasını sağlamaktadır (Beattie ve Ireland, 2000; Whitehead, Lonsbury-Martin ve Martin, 1993).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, DPOAE tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesi için en yaygın kullanılan istatistiksel ölçümlerden biri standart ölçüm hatası (SEM) olmuştur (Beattie vd., 2003; Franklin vd., 1992; Ng ve McPherson 2005). Yapılan bazı araştırmalar ölçümler arasındaki DPOAE seviyesindeki farkı hesaplayarak tekrarlanabilirliği değerlendirmiştir (Hallenbeck ve Dancer, 2003; Lasky, 1998a; Lasky, 1998b; Roede Harris, Probst ve Xu, 1993). OAE tekrarlanabilirliğini değerlendirmede kullanılan diğer parametreler arasında korelasyon katsayıları ve tekrarlı ölçümler varyans analizi yer almıştır (Dieler vd., 1999; Zhao ve Stephens, 1999). Çalışmamızda OAE tekrarlanabilirliğini değerlendirmede SEM, sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ve tekrarlı ölçümler varyans analizi kullanılmıştır. Çalışmamızda ICC değerlerinin 0,5'ten küçük olması zayıf güvenilirliği, 0,5 ile 0,75 arası orta düzeyde güvenilirliği, 0,75 ile 0,90 arası iyi güvenilirliği ve 0,90'dan büyük olması mükemmel güvenilirliği gösterdiği varsayılmıştır (Koo ve Li., 2016).

Literatürde DPOAE test-tekrar test farklılıklarının bebeklerde yetişkinlerden daha değişken olduğu, okul çağındaki çocuklarda ise yetişkinlerle karşılaştırılabilir seviyede olduğu bildirilmiştir (Lasky, 1998a; Sockalingam vd., 2007). Çocuklarda, OAE seviyelerini etkileyebilecek orta kulak disfonksiyonu daha yaygın olduğu için yetişkinlere kıyasla ölçüm hatasının daha yüksek elde edilmesi beklenmektedir (Prieve, Calandruccio, Fitzgerald, Mazevski ve Georgantas, 2008). Bebeklerde DPOAE ölçümü esnasında hareket etme, ses çıkarma veya ölçüm probunun kulak kanalına tam olarak yerleşmemesi durumları ölçüm hatasını artırabilmektedir (Konrad-Martin, Knight, McMillan,

Dreisbach, Nelson ve Dille, 2020). Lasky (1998b)'nin, yenidoğanlarda ve genç yetişkinlerde DPOAE I/O fonksiyonlarının güvenilirliğini araştırdığı çalışmasında, DPOAE seviyelerindeki test-tekrar test farklılıkları 2 dB'den daha düşük elde edilmiş ve bu farklılıklar artan yaşla birlikte azalmıştır.

Franklin, McCoy, Martin ve Lonsbury-Martin (1992) ortalama yaşı 30 olan 12 bireyde 1-8 kHz aralığında $L1=L2=75,65$ ve 55 dB SPL uyaran şiddetlerinde DPOAE ölçüm tekrarlanabilirliğini 4 hafta süresince incelemiştir. DPOAE amplitüdlerindeki değişkenliğin 1 kHz ve 8 kHz'de arttığını tespit etmişlerdir. 65 dB SPL uyaran şiddetinde yapılan ölçümlerde 1 kHz hariç 2-8 kHz aralığındaki frekanslarda amplitüd cevapları için güvenilirlik katsayısı genellikle 0,90 civarında elde edilmiştir. SEM değeri ise günler arasında yapılan ölçümlerde ortalama 1,62 dB, haftalar arasında yapılan ölçümlerde ortalama 2 dB elde edilmiştir. Stuart, Passmore, Culbertson ve Jones (2009) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada ortalama yaşı 21 olan normal işiten 16 kadın katılımcının 45 dB SPL ile 30 dB SPL arasında değişen düşük şiddetli dört $L2$ seviyesinde, 1500 Hz ile 7546 Hz arasında değişen 12 $f2$ frekansında DPOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir. Aynı gün yapılan test oturumlarında test-tekrar test farklılıklarının yaklaşık %98'i 2 dB'den daha düşük ve yaklaşık %63'ü 1 dB'den daha düşük elde edilmiştir. DPOAE amplitüdüleri, farklı test cihazlarında yeniden ölçüm yapılmasında ve probun çıkarılıp yeniden yerleştirilmesi gibi farklı test koşullarında anlamlı farklılık göstermemiştir (Stuart vd., 2009). Hallenbeck ve Dancer (2003), 20-30 yaşları arasında dört kadın ve dört erkeğin 0,75-8 kHz frekansları arasında DPOAE test-tekrar test ölçümlerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, cinsiyetin, frekansların ve denemelere ilişkin ortalama test-tekrar test farklılıklarının klinik olarak ihmal edilebilir olan 1 dB'yi nadiren aştığı belirlenmiştir. Wagner, Heppelmann, Vonthein ve Zenner (2008) normal işiten 80 bireyde $L1/L2= 63/60$ dB SPL uyaran şiddetiyle prob değiştirilmeden anında yapılan ölçümler ve günler sonrasında (5-10 gün) yapılan ölçümlerle DPOAE tekrarlanabilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmada SEM değeri günler sonrasında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında 1-5 kHz frekans aralığında yaklaşık 1,44 dB, 6 kHz'de yaklaşık 2,3 dB elde edilmiştir. Çalışmada günler sonrasında yapılan ölçümlerde ortalama güvenilirlik 0,89 elde edilmiştir. Çalışmamızda da aynı gün ve günler sonra yapılan test oturumlarında test-tekrar test farklılıkları genellikle 2 dB'den daha düşük elde edilmiş ve literatürü destekler nitelikte bulunmuştur. Çalışmamızda aynı gün

içerisinde yapılan ölçümlerde ortalama güvenilirlik 0,92, günler sonrasında yapılan ölçümlerde ortalama güvenilirlik 0,89 olarak elde edilmiştir. Ortalama SEM değeri, aynı gün içerisinde yapılan ölçümlerde 0,82 dB, gün içerisinde yapılan ölçümlerde 1,1 dB elde edilmiştir. Günler sonrasında yapılan ölçümlerin ortalaması alındığında SEM değerleri 996-5654 Hz aralığında yaklaşık 1 dB, 6728 Hz’de yaklaşık 2,2 dB elde edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgular Wagner vd. (2008) bulgularıyla benzerlik göstermiştir. Bulgularımızın uyumlu olmasının nedeninin Wagner vd. (2008)’nin de çalışmasına $SNR \geq 6$ dB olan verileri dahil etmesinden kaynaklı olduğu düşünülmüştür.

Beattie, Kenworthy ve Luna (2003) ortalama yaşı 24 olan normal işiten 50 kadın bireyin $L1=L2=65$ dB SPL uyarın şiddetinde 550 Hz, 1 kHz, 2 kHz ve 4 kHz frekanslarında DPOAE ölçümü ile SNR cevaplarının tekrarlanabilirliğini üç oturumda değerlendirmişlerdir. İlk oturum probu çıkarmadan anında test ölçümüyle, ikinci oturum 10-20 dakikalık bir aradan sonra (çok kısa süreli) probun yeniden yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Üçüncü oturum ölçümleri ise ilk oturumdan 5-10 gün sonra (kısa süreli) yapılmıştır. Beattie vd. (2003) çalışmasında, SNR değerleri 3 dB, 6 dB ve 12 dB olarak gruplandırılmış ve SEM değerleri bu gruplara göre verilmiştir. Bu çalışmada 1 kHz, 2 kHz ve 4 kHz frekanslarında ortalama SEM değeri 2,5 dB elde edilmiştir. Çalışmada 550 Hz SEM değeri ise yaklaşık 4,6 dB bulunmuş ve diğer frekanslardan elde edilen SEM değerlerinin yaklaşık iki katı büyüklüğünde olduğu bildirilmiştir. Çalışmada çok kısa süre sonra elde edilen ölçümlerdeki standart hatalar, kısa süre sonra elde edilen ölçümlere kıyasla yaklaşık 0,5-1 dB daha düşük elde edilmiştir. Çalışma sonucunda SNR gruplarında SEM değerleri benzer elde edilmiş ve SNR’nin güvenilirlik üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, çalışmanın orta derecede yüksek uyarın şiddeti kullanılması ve testin çok sessiz bir ortamda yapılmasından kaynaklı test güvenilirliğinin etkilenmediği kanısına varmışlardır. Çalışmamızda test edilen tüm frekanslarda $SNR \geq 6$ dB yüksek olan katılımcıların tekrarlanabilirliği değerlendirilmiştir. Kısa süreli ölçümlerde (20 gün sonra) SNR cevaplarında test edilen frekanslar içerisinde en alçak frekans olan 996 Hz’de 2,37 dB ile en yüksek SEM değeri elde edilmiştir. DPOAE amplitüd cevaplarında standart hatanın 996 Hz’de en yüksek elde edilmemesine rağmen SNR cevaplarında alçak frekanslarda yüksek SEM değerleri gözlenmiştir. Bu durumun alçak frekanslarda çevresel gürültünün ve katılımcıdan kaynaklı gürültünün

daha yüksek olması ve SNR değerlerinin ise daha düşük olmasından kaynaklı olduğu düşünülmüştür.

Roede, Harris, Probst ve Xu (1993), 6 haftalık süre boyunca dört test oturumunda yetişkinlerde DPOAE I/O fonksiyonlarının güvenilirliğini incelemişlerdir. DPOAE'lerin tekrarlanan ölçümlerinin tutarlılığının, özellikle orta ile yüksek frekans aralığında (2-8 kHz) mükemmel olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmada, 1 kHz'den daha alçak frekanslarda daha büyük değişkenlik belirlenmiş ve orta kulak değişikliklerinin yüksek frekanslara kıyasla alçak frekanslı DPOAE cevaplarını daha çok etkileyebileceği kanısına varılmıştır (Roede vd., 1993). Zhao ve Stephens (1999), prob ucunun konumunun değiştirilmesinin özellikle alçak frekanslarda kulak kanalındaki arka plan gürültü seviyesini, akustik sızıntıyı ve kulak kanalı rezonans özelliklerini etkileyebileceğini belirtmiştir. DPOAE'lerin tekrarlanabilirliğini araştıran bir başka çalışma, yaş ortalaması 26,7 olan normal işiten 15 kulakta $L1/L2= 65/55$ dB SPL uyaran şiddetinde 0,25-16 kHz frekans aralığını değerlendirmiştir. Her kayıt oturumu üç ölçümden oluşmuştur. İlk ikisi, probu kulaktan çıkarmadan ve üçüncüsü, kulak kanalına probu çıkarıp yeniden taktıktan sonra kayıt yapılarak gerçekleştirilmiştir. Probu tekrar yerleştirilmesiyle yapılan ölçümlerde, probu çıkarmadan yapılan ölçümlere kıyasla daha fazla değişkenlik belirlenmiştir (Pilka vd., 2019). Beattie vd. (2003) prob yerleşiminin değişkenliği 550 Hz'de yaklaşık 1 dB, 1-4 kHz frekans aralığında yaklaşık 0,5 dB artırdığını bildirmişler ve kısa süreli (5-10 gün sonra) ölçümlerde daha büyük test-tekrar test değişkenliği ile daha zayıf güvenilirlik elde etmişlerdir. Keppler vd. (2010) çalışmasında $65/55$ dB SPL uyaran şiddeti kullanılarak yapılan değerlendirmenin ICC değerleri incelendiğinde yedi gün sonra yapılan kısa süreli ölçümlerde, çok kısa süreli ölçümlere (probu tekrar yerleştirilerek anında yapılan ölçüm ve bir saat sonra yeniden yapılan ölçüm) kıyasla güvenilirlik daha düşük elde edilmiştir. Çalışmamızda probun kulaktan çıkarılmadan test-tekrar test tekrarlanabilirliği incelenmemiştir. Ancak, literatürü destekler nitelikte, kısa süreli (20 gün sonra) yapılan ölçümlerde çok kısa süreli (20 dakika sonra) yapılan ölçümlere kıyasla daha büyük test-tekrar test değişkenliği ve daha zayıf güvenilirlik belirlenmiştir. Kısa süreli yapılan ölçümlerin artan zaman aralığı ile işitmede (orta kulak basıncı değişiklikleri, gürültü maruziyeti vb.) daha fazla değişiklik yaratarak test- tekrar test değişkenliği ile güvenilirliği etkilediği düşünülmüştür.

Ng ve McPherson (2005), ortalama yaşı 22,7 olan 35 normal işiten genç yetişkinde 70 dB SPL saf ses uyaran kullanarak DP-gram protokolleri ile çok kısa süreli (20 dakika sonra) ve kısa süreli (ortalama 15 gün sonra) test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmişlerdir. DPOAE amplitüdlerinde çok kısa süreli ve kısa süreli test-tekrar test güvenilirliği arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bu çalışmada 1-6 kHz frekans aralığında DPOAE amplitüdü için SEM'in ortalama değeri 2,64 dB elde edilmiştir. DPOAE amplitüdü için 1-6 kHz frekans aralığında SEM değeri çok kısa süreli test-tekrar test ölçüm koşullarında 1,11-2,7 dB aralığında ve kısa süreli tekrar test ölçüm koşullarında 1,31-3,45 dB aralığında belirlenmiştir. DPOAE ölçümlerinde, amplitüd güvenilirlik katsayıları çok kısa süreli tekrar test için 0,74-0,95 arasında ve kısa süreli tekrar test için 0,65-0,96 arasında değişmiştir. Çalışmada, SNR cevapları için SEM değerlerinin çok kısa süreli tekrar test ölçümleri için 1,63-4,48 dB arasında, kısa süreli tekrar test ölçümleri için 1,98-4,96 dB arasında olduğu bildirilmiştir. Güvenilirlik katsayılarının, SNR ölçümleri için çok kısa süreli tekrar test için 0,73- 0,90 arasında olduğu ve kısa süreli tekrar test için 0,62-0,88 arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda, test edilen frekanslardan elde edilen ortalama SEM değeri, 1,02 dB olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda DPOAE amplitüdü için SEM değeri çok kısa süreli (20 dakika sonra) tekrar ölçümünde 0,41-1,76 dB aralığında ve kısa süreli tekrar (20 gün sonra) ölçümlerinde 0,54-2,58 dB aralığında belirlenmiştir. DPOAE ölçümlerinde, amplitüd güvenilirlik katsayıları çok kısa süreli tekrar test için 0,85-0,96 arasında ve kısa süreli tekrar test için 0,78-0,95 arasında değişmiştir. Çalışmamızda SNR cevapları için SEM değerleri çok kısa süreli tekrar test ölçümünde 1,18-2,52 dB aralığında, kısa süreli tekrar test ölçümleri için 1,19-2,99 dB aralığında elde edilmiştir. Çalışmamızda SNR ölçümleri için güvenilirlik katsayıları literatüre benzer elde edilmiş olup, çok kısa süreli tekrar test ölçümünde 0,73-0,88 arasında, kısa süreli tekrar test ölçümleri için 0,74-0,88 arasında belirlenmiştir.

Dreisbach, Long ve Lees (2006) normal işiten 25 genç yetişkinde tekrarlı ölçümler arasında ortalama DPOAE amplitüd farklılıklarını incelemiştir. Bu çalışmada alçak frekanslara kıyasla yüksek frekanslarda (>8 kHz için) daha büyük değişkenlik gözlenmiştir. Normal işiten genç yetişkinlerde yapılan bir başka çalışmada da 56 kulakta L1/L2=65/55 dB SPL ve 75/70 dB SPL uyaran şiddetlerinde DPOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği değerlendirilmiş ve 1 kHz, 1.4 kHz ve 8.0 kHz'de azalan güvenilirlik tespit edilmiştir. Bu çalışmada L1/L2=65/55 dB SPL uyaran şiddeti verildiğinde en

yüksek SEM değerleri 1 kHz ve 8 kHz'de belirlenmiştir. Çok kısa süreli tekrar test ölçüm koşulları incelendiğinde, probun çıkartılıp anında tekrar yapılan ölçümlerde SEM 1 kHz'de 0,96 dB, 8 kHzde 1,02 dB elde edilirken, probun 1 saat sonra tekrar yerleştirilerek yapılan ölçümlerde 1 kHz'de 1,36 dB, 8 kHz'de 1,01 dB elde edilmiştir. Kısa süreli (yedi gün sonra) tekrar test ölçümlerinde SEM değerleri 1 kHz'de 1,46 dB, 8 kHz'de 1,60 dB olarak belirlenmiştir (Keppler vd., 2010). Çalışmamızda çok kısa süreli ölçümde SEM 996 Hz'de 1,14 dB, 7998 Hzde 1,46 dB elde edilirken, kısa süreli ölçümlerde 996 Hz'de ortalama 1,44 dB, 7998 Hz'de 1,48 dB elde edilmiştir. Çalışmamızda yapılan çalışmaların bulgularına benzer şekilde, 996 Hz, 7998 Hz ve 6728 Hz frekanslarında güvenilirlik diğer frekanslara kıyasla daha zayıf elde edilmiştir.

Wagner vd. (2008) 1-4 kHz frekans aralığı ile karşılaştırıldığında, tekrarlanabilirliğin 6 kHz'de önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Hallenbeck ve Dancer (2003) çalışma verilerinde en iyi tekrarlanabilirlik değerlerini 2187 Hz'de, en kötü tekrarlanabilirlik değerlerini ise 5500 Hz'de tespit etmiştir. Ng ve McPherson'ın (2005) verilerinde 6 kHz'in üzerinde daha yüksek değişkenlik elde edilmiş ve en iyi tekrarlanabilirlik değerleri 1587 ve 2002 Hz'de belirlenmiştir. Çalışmada kısa süreli tekrar test ölçümleri için 6,5 kHz'de DPOAE amplitüdüne ilişkin SEM değeri 2,59 dB olarak elde edilmiştir (Ng ve McPherson, 2005). Çalışmamızda literatüre benzer şekilde en yüksek tekrarlanabilirlik değerleri 1416 Hz'de, en kötü tekrarlanabilirlik değerleri ise 6728 Hz'de elde edilmiştir. Çalışmamızda en büyük SEM değeri 6728 Hz'de 2,58 dB'ye ulaşmıştır.

Reavis, McMillan, Dille ve Konrad-Martin (2015) SEM istatistiğini kullanan yetişkinler için DPOAE test-tekrar test farklılıklarını araştıran 10 çalışmanın meta-analizini gerçekleştirmiştir. Meta-analizin sonucunda 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz ve 6 kHz f2 frekansları için SEM değerlerini 0,57-3,9 dB aralığında elde etmişlerdir ve başlangıç ile test-tekrar test arasındaki süre arttıkça DPOAE değişkenliğinin arttığını belirlemişlerdir. Çalışmada testler arasındaki süre arttıkça tüm SEM değerlerinin artmasına rağmen, test- tekrar test zaman aralığı 4 kHz ve 6 kHz'de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çalışmamızda da testler arasındaki süre arttıkça DPOAE değişkenliği artmıştır. Yapılan test-tekrar test süreleri arttıkça SEM değerlerinin artmasına rağmen, test-tekrar test zaman aralığı 6728 Hz'de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Literatürde DPOAE ölçümünde cinsiyet etkisinin incelendiği çeşitli çalışmalarda DPOAE amplitüdlerinin kadınlarda erkeklerden önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Cacace, McClelland, Weiner ve McFarland, 1996; Gaskill ve Brown 1990). Normal işitenlerde DPOAE amplitüplerinde cinsiyet etkisinin incelendiği bir çalışmada, 2-6 kHz frekans aralığında kadınlarda erkeklerden daha yüksek, 2 kHz'nin altındaki frekanslarda erkeklerde kadınlardan daha yüksek DPOAE amplitüd değerleri bildirilmiştir (Dieler vd., 1999). Bowman, Brown ve Kimberley (2000) çalışmasında, 3,3 kHz'in altındaki frekanslarda DPOAE amplitüplerinin cinsiyetler arasında çok benzer olduğu, ancak kadınların daha yüksek frekanslarda (3,3 kHz-13 kHz) daha yüksek amplitüplere sahip olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığını bildirmişlerdir. McFadden, Martin, Stagner ve Maloney (2009) çalışmasında DPOAE amplitüpleri 1,5-4 kHz frekans aralığında genç kadınlarda, erkeklere kıyasla daha yüksek elde edilmiştir. DPOAE amplitüplerinde görülen cinsiyet etkisinin kafa boyutundaki farklılık ve erkek kokleasının kadın kokleasından daha uzun olmasından kaynaklı ortaya çıkan baziler membran farklılıkları ile açıklanabileceği öne sürülmüştür (Kimberley, Brown ve Eggermont 1993; Krizman, Skoe ve Kraus, 2012; Sato, Sando ve Takahashi, 1991). Kadınlarda kokleanın daha kısa olması daha hızlı tepki süresi ve nöral yolların daha iyi senkronizasyonu ile sonuçlanabileceği bildirilmiştir (Don, Ponton ve Eggermont, 1993). Literatürde daha yüksek frekanslarda gözlenen farklılıklar, kadınlarda kokleanın yüksek frekans bölgesindeki gürültüye ve hasara karşı anatomik direncin farklı olmasından kaynaklı olabileceğine bağlanmıştır (Torre, Grace, Hansen, Millman ve Martin, 2013). Çalışmamızda literatüre benzer şekilde, DPOAE amplitüpleri orta ve yüksek frekanslarda kadınlarda erkeklerden daha yüksek elde edilmiştir. Literatürde bildiğimiz kadarıyla cinsiyete bağlı OAE tekrarlanabilirliği araştırılmamıştır. Çalışmamızda DPOAE ölçümü yapılan f2 frekansların hiçbirinde cinsiyete bağlı çok kısa süreli ve kısa süreli ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir. Bununla birlikte kadınlarda en düşük tekrarlanabilirlik 996 Hz ve 6728 Hz'de gözlenirken, erkeklerde 6728 Hz ve 7998 Hz'de gözlenmiştir.

Çalışmamız aynı gün ölçüm yapıldığında DPOAE amplitüplerinin değişiklik göstermediği diğer çalışmalarla tutarlıdır (Cacace vd., 1996; Franklin vd., 1992; Ng ve McPherson, 2005). Ayrıca literatürle uyumlu olarak günün saatinin test-tekrar test değişkenliği üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir (Cacace vd., 1996). Literatürde test

probonun çıkarılması ve yeniden yerleştirilmesi, test süresinin aynı günden haftalara çıkarılması, L2 seviyesinin azalması ve f2 değerinin 4 kHz'nin üzerine çıkarılmasıyla test-tekrar test güvenilirliğinin azaldığı belirlenmiştir (Beattie vd., 2003; Dreisbach vd., 2006; Franklin vd., 1992; Hallenbeck ve Dancer, 2003; Ng ve McPherson, 2005; Roede vd., 1993; Wagner vd., 2008; Zhao ve Stephens, 1999). DPOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliğini değerlendiren çalışmalarda SEM değerleri genellikle 2 dB seviyesinde ve güvenilirlik katsayısı 0,90'dan daha yüksek elde edilmiştir (Beattie ve Bleech, 2000; Franklin vd., 1992; Stuart vd., 2009; Wagner vd., 2008). Literatürden ortaya çıkan genel bulgu, hem çocuklarda hem de yetişkinlerde 1 kHz'in altındaki frekanslarda ve 6 kHz üzerindeki frekanslarda DPOAE tekrarlanabilirliğinin azalması olarak özetlenebilir (Beattie ve Bleech, 2000; Beattie vd., 2003; Dreisbach vd., 2006 ; Reavis, McMillan, Dille ve Konrad-Martin, 2015; Roede vd., 1993; Sockalingam vd., 2007; Wagner vd., 2008; Zhao ve Stephens, 1999). Alçak frekans f2 değerlerinden elde edilen yüksek değişkenliğin alçak frekans gürültü kirliliği, fizyolojik solunum, vasküler sesler, yutma ve öksürme gibi küçük hareketlerden kaynaklı katılımcı gürültüsü ve daha düşük SNR değerlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Beattie ve Bleech 2000; Thorson, Kopun, Neely, Tan ve Gorga, 2012; Wagner vd., 2008). Yapılan çalışmalarda durağan dalgaların hem alçak (3 ile 7 kHz) hem de yüksek (>10 kHz) frekanslarda uyaran ve ölçüm cevaplarını etkilediği bildirilmiştir (Dreisbach ve Siegel, 2001; Siegel, 1994). 6 kHz'de azalan tekrarlanabilirliğin kulak kanalının uzunluğu ile dalga boyu arasındaki ilişkiden kaynaklı daha yüksek frekanslarda meydana gelen durağan dalga fenomenini yansıttığı ve DPOAE emisyon amplitüdlerini içsel rastgele değişkenliği artırarak bozduğu düşünülmektedir (Mills vd., 2007; Siegel, 2002). Yüksek frekanslı f2'lerde güvenirliliğin daha zayıf elde edilmesinin, durağan dalga etkilerini düzeltmeye yönelik mevcut kalibrasyon tekniklerindeki sınırlamalardan dolayı prob yerleşimindeki değişkenlikle ilişkili olduğu düşünülmüştür (Beattie vd., 2003; Dreisbach ve Siegel 2001). Geliştirilmiş kalibrasyon yöntemlerinin (örn., derinlik kompanzasyonlu SPL veya ileri basınç seviyesi) kullanılması, frekansa özgü hataları en aza indireceği ve böylece test-tekrar test değişkenliğini azaltabileceği kanısına varılmıştır (Beattie vd., 2003; Dreisbach ve Siegel 2001). 1-6 kHz frekans aralığı ile ilgili olarak, literatürde frekansa bağlı değişiklikler farklılık göstermiştir. Yapılan çeşitli çalışmalarda verilen SEM değerlerindeki mevcut küçük farklılıklar test parametrelerinden, uygulamadan,

ekipmandan ve yazılım farklılıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Kochanek, Śliwa, Puchacz ve Piłka, 2015; Wagner vd., 2008). Çalışmamızda DPOAE tekrarlanabilirliği, benzer saf ses uyaranları kullanılarak yapılan çalışmaların çoğuyla karşılaştırıldığında daha yüksek elde edilmiştir. Bu bulgunun nedeninin çalışmamıza yüksek SNR değerlerine ait verilerin dahil edilmesinden kaynaklı olduğu düşünülmüştür.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, TEOAE'lerin tekrarlanabilirliği genellikle ILO sistemli cihazlar (Otodynamics Ltd., Hatfield, UK) ve Integrity cihazı (Vivosonic Inc., Toronto, Kanada) kullanılarak değerlendirilmiştir (Barboni, Geralde, Goffi-Gomez, Schultz ve Pecora Liberman, 2006; Chan ve McPherson, 2000; Dieler vd., 1999; Franklin vd., 1992; Harris vd., 1991; Keppler vd., 2010; Kochanek vd., 2015; Ng ve McPherson, 2005). Çalışmamızda TEOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği farklı bir cihaz olan OTOsuite yazılımına sahip Otometrics madsen capella² otoakustik emisyon cihazı ile yapılmıştır.

Dieler vd. (1999), yaşları 20-30 aralığında olan 32 genç yetişkinin, 80±5 dB SPL uyaran şiddetinde üç haftalık test oturumunda 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz frekanslarında TEOAE test-tekrar test güvenilirliğini değerlendirmişlerdir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda aynı günde yapılan ölçümler ile haftalar sonrasında yapılan ölçümlerin TEOAE amplitüdüleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Yaşları 21-40 arasında değişen ve normal işiten 28'i kadın olan 35 genç yetişkinin TEOAE tekrarlanabilirliğini değerlendiren bir başka araştırmada, 79-82 dB SPL uyaran şiddetinde en az bir hafta arayla üç değerlendirme yapılmış ve veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Barboni vd., 2006). Grové (2017), 18-25 yaş aralığında olan 15 kadın yetişkinde TEOAE test tekrarlanabilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmada ölçümler bir saat sonra, bir hafta sonra ve bir ay sonra yeniden yapılmış ve geçen süreyle tekrarlanabilirlik arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Test edilen tüm frekanslarda, tüm zaman aralıklarında yüksek test-tekrar test güvenilirliği elde edilmiştir (Grové, 2017). Kochanek vd. (2015) normal işitmeye sahip 19-24 yaş aralığında 11 genç yetişkinde TEOAE tekrarlanabilirliğini üç oturumda incelemiştir. Bu çalışmada ilk ölçüm sabah, ikincisi 2-4 saat sonra ve üçüncüsü ertesi günün sabahı yapılmıştır. Çalışma sonucunda TEOAE ölçümlerinin test-tekrar test tekrarlanabilirliği güvenilir elde edilmiştir. Marshall ve Heller'ın (1996) çalışmasında 62 ile 80 dB pSPL arasındaki uyaran şiddetlerinin test-tekrar test güvenilirliği üzerine hiçbir etkisinin olmadığı

bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda TEOAE amplitüdlerinin, 80 dB pSPL'nin altındaki uyaran seviyelerinde bile güvenilir olduğu sonucu elde edilmiştir. Chan ve McPherson (2000), normal işiten 30 genç Çinli bireyde, tone-burst OAE testinin (TBOAE) 1 kHz, 1,5 kHz, 2 kHz ve 3 kHz frekanslarında yaklaşık 76, 67 ve 55 dB SPL uyaran şiddetlerinde kısa süreli (5 dakika sonra) ve uzun süreli (ilk oturumdan 30 gün sonra) test-tekrar test güvenilirliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, test edilen tüm frekanslarda yüksek ve orta uyaran seviyeleri için TBOAE'lerin yüksek test-tekrar test güvenilirlikleri elde edilmiştir. Çalışmamızda 85 dB SPL uyaran şiddetinde kısa süreli ve çok kısa süreli TEOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği değerlendirilmiş ve zamanlar arasında 1 kHz, 1,5 kHz, 3 kHz, 4 kHz frekanslarında TEOAE amplitüdlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Test edilen tüm frekanslarda ve tüm zaman aralıklarında literatürü destekler nitelikte yüksek test-tekrar test güvenilirliği elde edilmiştir.

Ng ve McPherson (2005) çalışmasında, ortalama yaşı 22,7 olan 35 normal işiten genç yetişkinde 83 dBpSPL uyaran şiddetinde 260 sweep averajlanarak 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz ve 5 kHz frekanslarında, TEOAE test-tekrar test ölçümü değerlendirilmiştir. TEOAE ölçümünde SNR cevaplarındaki güvenilirlik ve SEM değerleri çok kısa süreli (20 dakika sonra) ve kısa süreli (ortalama 15 gün sonra) ölçümler ile belirlenmiştir. TEOAE test-tekrar test ölçümlerinde SNR cevapları için ICC değerleri çok kısa süreli ölçümler için ortalama 0,86, kısa süreli ölçümler için ortalama 0,83 elde edilmiştir. TEOAE ölçümünde SNR cevapları için SEM değeri çok kısa süreli ölçümler için ortalama 2,32 dB, kısa süreli ölçümler için 2,43 dB elde edilmiştir. Çalışmamızda 85 dB SPL uyaran şiddetinde 512 sweep averajlanarak kısa süreli ve çok kısa süreli TEOAE test-tekrar test tekrarlanabilirliği değerlendirilmiş ve 1 kHz, 1,5 kHz, 3 kHz, 4 kHz frekanslarında SNR cevapları ICC ve SEM değerleri belirlenmiştir. Çalışmamızda TEOAE test-tekrar test ölçümlerinde SNR cevapları için ICC değerleri çok kısa süreli ölçümler için ortalama 0,94, kısa süreli ölçümler için ortalama 0,92 elde edilmiştir. Çalışmamızda SNR cevapları için SEM değeri çok kısa süreli ölçümler için ortalama 0,54 dB, kısa süreli ölçümler için 0,66 dB elde edilmiştir.

Keppler vd. (2010) normal işiten yetişkinlerde 56 kulakta 1 kHz, 1,4 kHz, 2 kHz, 2,8 kHz ve 4 kHz frekanslarında 80 dBpSPL uyaran şiddetinde 50/sn uyaran rate ve 260 sweep ile averajlanan TEOAE'lerin test-tekrar test güvenilirliğini araştırmıştır. Bu çalışmada ICC değerleri çok kısa süreli ölçümlerde (probu çıkartıp anında yapılan ölçümler ve

yaklaşık 1 saat sonra yapılan ölçümler) ortalama 0,98 ve kısa süreli ölçümde (yedi gün sonra yapılan ölçüm) ortalama 0,97 elde edilmiştir. Ölçümler arasındaki değişkenlik incelendiğinde 1 kHz ve 1,4 kHz frekanslarında daha yüksek değişkenlik tespit edilmiştir. En yüksek SEM değeri 1 kHz'de elde edilmiştir. SEM değerleri çok kısa süreli ölçümlerde ortalama 0,62 dB, kısa süreli ölçümde 0,83 dB elde edilmiştir. Çalışmada ölçümler arasındaki zaman aralığının artmasıyla güvenilirlikte azalma ve SEM değerlerinde artış olmuştur (Keppler vd., 2010). Çalışmamızda da literatüre benzer şekilde ölçümler arasında en yüksek değişkenlik 1,5 kHz'de tespit edilmiştir ve ölçümler arasındaki zaman aralığının artmasıyla oturumlar arası güvenilirlikte azalma gözlenmiştir. Çalışmamızda ICC değerleri probu çıkartıp yeniden ölçüm yapılan çok kısa süreli ölçümlerde ortalama 0,96 ve 20 gün sora yapılan kısa süreli ölçümlerde ortalama 0,93 elde edilmiştir. Çalışmamızda TEOAE test tekrar ölçümlerinde SEM değeri amplitüd cevabı için çok kısa süreli ölçümde ortalama 0,37 dB, kısa süreli ölçümlerde ortalama 0,53 dB elde edilmiştir. Yapılan çeşitli çalışmalara kıyasla çalışmamızda uyaran şiddeti ve sweep sayısının daha yüksek olmasının daha yüksek güvenilirlik ve düşük SEM değerlerinin elde edilmesini sağladığı düşünülmüştür.

Literatür incelendiğinde TEOAE'lerin tekrarlanabilirliğini değerlendiren çalışmalarda yüksek test-tekrar test güvenilirliği rapor edilmiştir (Dieler vd., 1999; Engdahl vd., 1994; Franklin vd., 1992; Harris, Probst ve Wenger, 1991; Marshall ve Heller, 1996; Vedantam ve Musiek, 1991). Yüksek uyaran seviyesinde (>77 dB SPL) geniş bant analiz bant genişliği kullanan TEOAE'ler için SEM değerinin yaklaşık 1 dB olduğu rapor edilmiştir (Franklin vd., 1992; Harris vd., 1991). Ayrıca, probun yeniden yerleştirilmesinin geniş bant TEOAE üzerinde minimal bir etkiye sahip olduğu görülmüş ve uzun test-tekrar test aralıklarında bile güvenilirlik yüksek kalmıştır (Antonelli ve Grandori, 1986; Franklin vd., 1992; Prieve vd., 1993). Çalışmamızda da SEM değerleri 1 dB'den daha düşük elde edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen SEM değerleri literatüre benzer elde edilmekle beraber yapılan bazı çalışmalara kıyasla daha düşüktür. Çalışmamızda TEOAE tekrarlanabilirliğinin daha yüksek tespit edilmesinin nedeninin çalışmaya SNR değerleri yüksek olan katılımcıların dahil edilmesi kaynaklı olduğu düşünülmüştür.

Genç kadın yetişkinlerde TEOAE amplitüdülerinin erkeklere kıyasla yüksek bulunması, daha önce bildirilen çalışmalarla tutarlıdır (McFadden vd., 1996; Stuart ve Kerls, 2018).

Dolayısıyla bu çalışmada bulunan cinsiyet farklılıklarının, kadınlarda dış tüy hücre sayısının fazla olması ve kokleanın daha kısa olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Sato vd., 1991; Wright vd., 1987). Literatürde bildiğimiz kadarıyla cinsiyete bağlı tekrarlanabilirlik değerlendirilmemiştir. Çalışmamızda, TEOAE ölçümü yapılan f2 frekansların hiçbirinde cinsiyete bağlı çok kısa süreli ve kısa süreli ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir. Bununla birlikte, kadınlarda ve erkeklerde en düşük tekrarlanabilirlik 1 kHz ve 1,5 kHz frekanslarında gözlenmiştir.

Benzer yarım oktav bant frekanslarından elde edilen SEM değerleri incelendiğinde TEOAE'lerin güvenilirliğinin DPOAE'lerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Keppler vd., 2010; Lapsley Miller ve Marshall, 2001). Tekrarlanan ölçümlerde DPOAE'lerde TEOAE'lerden daha yüksek emisyon kayması gözlenmektedir. Bu durum TEOAE'leri koklear işitme kaybına daha duyarlı hale getirmektedir. Bununla birlikte, DPOAE'lerin daha yüksek frekanslara kadar ölçüm yapabilmesi ve daha geniş dinamik aralığa sahip olması avantajları arasındadır (Keppler vd., 2010; Lonsbury-Martin ve Martin, 1990). Bizim çalışmamızda literatürü destekler niteliktedir. Çalışmamızda TEOAE'lerin güvenilirliği DPOAE'lerden daha yüksek elde edilmiş ve ölçümler arasındaki SEM değeri TEOAE ölçümlerinde daha düşük elde edilmiştir.

Marshall ve Heller (1996) işitme kaybının TEOAE'lerin test-tekrar test güvenilirliği üzerindeki etkisini değerlendirdiği çalışmasında, işitme kaybının yüksek olduğu frekanslarda bile güvenilirlikte azalma tespit etmemişlerdir. Bununla birlikte, farklı işitme kaybı tiplerinin TEOAE'lerin ve DPOAE'lerin tekrarlanabilirliği üzerindeki kesin etkilerinin tespiti için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu çalışma öncelikli olarak çok kısa süreli ve kısa süreli tekrar test ölçümlerindeki değişikliklere odaklanmaktadır. TEOAE'lerin ve DPOAE'lerin test-tekrar test güvenilirliği yüksektir, ancak kayıt cihazı ve test parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Mevcut bulguları TEOAE'lerin ve DPOAE'lerin uzun süreli güvenilirliğine genelleştirmek için daha fazla araştırma gereklidir.

6. SONUÇ

DPOAE ve TEOAE ölçümleri odyolojik test bataryasında yer alan ve klinik kullanım alanları çok geniş olan iki ölçümdür. Yapılan ulusal literatür taramasında, OAE ölçümlerinin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendiren herhangi bir çalışmaya ulaşılmamıştır. Literatürde bu ölçümlerin güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği konusunda yapılan sınırlı çalışmalar incelendiğinde tutarsızlıklar gözlenmiş ve farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu çalışmada, odyoloji kliniklerinde DPOAE ve TEOAE test ölçümlerinin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesini sağlamak amacıyla çok kısa süreli ve kısa süreli test-tekrar test güvenilirlikleri araştırılmıştır. DPOAE ve TEOAE ölçümlerinde test-tekrar test güvenilirliğini inceleyen bu çalışma, testin dakikalar ve haftalar içinde varsayılan test protokolleriyle yüksek test-tekrar test güvenilirliğini göstermiştir ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1-DPOAE ve TEOAE test-tekrar test ölçümlerinde yüksek ICC ve düşük SEM değerleri elde edilmiştir. Bu çalışma sonuçları, DPOAE ve TEOAE ölçümlerinin koklear fonksiyonun takibi için güvenilir olabileceğini göstermiştir.

2-DPOAE amplitüd ölçümlerinde 6 kHz ve 8 kHz yüksek frekans bölgesi, özellikle ototoksik ilaçlara veya gürültüye maruziyet gibi durumlarda koklear durumun takibinde kullanılmaktadır. Çalışmamızda, 6728 Hz ve 7998 Hz frekansları diğer frekanslara göre daha yüksek değişkenlik göstermiştir. Bu nedenle, klinisyenlerin bu frekanslarda elde edilen ölçüm sonuçlarını dikkatli bir şekilde yorumlaması önerilmektedir.

3-Çalışmamızda, DPOAE ölçümü yapılan f2 frekansların hiçbirinde cinsiyete bağlı çok kısa süreli ve kısa süreli ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir. Bununla birlikte, kadınlarda en düşük tekrarlanabilirlik 996 Hz ve 6728 Hz frekanslarında gözlenirken, erkeklerde 6728 Hz ve 7998 Hz frekanslarında gözlenmiştir.

4-TEOAE ölçümleri sırasında en büyük akustik arka plan gürültü seviyesi 1 kHz ve 1.5 kHz frekanslarında gözlemlenmiştir. Çalışmamızda 1 kHz ve 1.5 kHz frekansları diğer frekanslara göre daha yüksek değişkenlik göstermiştir. Bu nedenle, klinisyenlerin özellikle bu frekanslarda arka plan gürültü seviyesini azaltmaya yönelik girişimlerde bulunması önerilmektedir.

5-Çalışmamızda, TEOAE ölçümü yapılan f2 frekansların hiçbirinde cinsiyete bağlı çok kısa süreli ve kısa süreli ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde

edilmemiştir. Bununla birlikte, kadınlarda ve erkeklerde en düşük tekrarlanabilirlik 1 kHz ve 1,5 kHz frekanslarında gözlenmiştir.

Çalışmamız test-tekrar test güvenilirlik sonuçlarının, DPOAE ve TEOAE ölçümlerinde amplitüd değişikliklerinin doğru yorumlanmasında klinisyenlere faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, DPOAE ve TEOAE ölçümlerinde farklı test parametrelerinin test-tekrar test güvenilirliği üzerindeki etkisinin ve çeşitli derecelerde işitme kaybı olan popülasyonlarda bu ölçümlerin güvenilirliğine yönelik daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdala C., & Visser-Dumont L. (2001). Distortion Product Otoacoustic Emissions: A Tool for Hearing Assessment and Scientific Study. *Volta Rev*, 103(4), 281–302.
- Antonelli, A., & Grandori, F. (1986). Long term stability, influence of the head position and modelling considerations for evoked otoacoustic emissions. *Scandinavian audiology, Supplementum*, 25, 97–108.
- Ashmore, J. (2008). Cochlear outer hair cell motility. *Physiological reviews*, 88(1), 173–210.
- Babbs, C. F. (2011). Quantitative reappraisal of the Helmholtz- Guyton resonance theory of frequency tuning in the cochlea. *Journal of Biophysics*, 11, 1–16.
- Barboni, M., Geralde, A. T., Goffi-Gomez, V. S., Schultz, C. & Pecora Liberman, P. H. (2006). Test-retest Variability of the Transient Otoacoustic Emissions in Normal Hearing Subjects. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 10(2), 371.
- Beattie, R. C., & Bleech, J. (2000). Effects of sample size on the reliability of noise floor and DPOAE. *Br J Audiol*, 34, 305–309.
- Beattie, R. C., Kenworthy, O. T., & Luna, C. A. (2003). Immediate and short-term reliability of distortion product otoacoustic emissions. *International Journal of Audiology*, 42(6), 348 - 354.
- Berninger, E., & Westling, B. (2011). Outcome of a universal newborn hearing-screening programme based on multiple transient-evoked otoacoustic emissions and clinical brainstem response audiometry. *Acta oto-laryngologica*, 131(7), 728–739.
- Bess, F. H., & Humes, L. E. (2008). *Audiology: The Fundamentals*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Bilger, R., Matthies, M., Hammel, D., & Demorest, M. (1990). Genetic implications of gender differences in the prevalence of spontaneous otoacoustic emissions. *J Speech Hear Res*, 33, 418-432.
- Bockstael, A., Keppler, H., Dhooge, I., D'haenans, W., Maes, L., Philips, B., & Vinck, B. (2008). Effectiveness of hearing protector devices in impulse noise verified with transiently evoked and distortion product otoacoustic emissions. *International Journal of Audiology*, 47, 119-33.
- Boege, P., & Janssen, T. (2002). Pure-tone threshold estimation from extrapolated distortion product otoacoustic emission I/O-functions in normal and cochlear hearing loss ears. *J Acoust Soc Am*, 111, 1810–1818.
- Bowman, D. M., Brown, D. K., & Kimberley, B. P. (2000). An examination of gender differences in DPOAE phase delay measurements in normal-hearing human adults. *Hearing research*, 142(1-2), 1–11.
- Bulut, E., Uzun, C., Öztürk, L., Turan, P., Kanter, M., & Arbak, S. (2017). A New Hypothesis on the Frequency Discrimination of the Cochlea. *The journal of international advanced otology*, 13(2), 204–210.
- Cacace, A. T., McClelland, W. A., Weiner, J., & McFarland, D. J. (1996). Individual differences and the reliability of 2F1-F2 distortion-product otoacoustic emissions:

- effects of time-of-day, stimulus variables, and gender. *Journal of speech and hearing research*, 39(6), 1138–1148.
- Ceranic, B. (2003). *Textbook of Audiological Medicine: Clinical Aspects of Hearing and Balance*. L. M. Luxon vd. (Ed.), Otoacoustic emissions (2. Bs) içinde. New York: Taylor & Francis Group, 259-270.
- Chan, R. H., & McPherson, B. (2000). Test-retest reliability of tone-burst-evoked otoacoustic emissions. *Acta oto-laryngologica*, 120(7), 825–834.
- Dallos, P., & Fakler, B. (2002). Prestin, a new type of motor protein. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 3(2), 104–111.
- Dallos, P., Wu, X., Cheatham, M. A., Gao, J., Zheng, J., Anderson, C. T., Jia, S., Wang, X., Cheng, W. H., Sengupta, S., He, D. Z., & Zuo, J. (2008). Prestin-based outer hair cell motility is necessary for mammalian cochlear amplification. *Neuron*, 58(3), 333–339.
- Dhar, S., & Hall, J. W. (2012). *Otoacoustic emissions : principles, procedures, and protocols*. San Diego: Plural Publishing.
- Dieler, R., Shehata-Dieler, W. E., Klagges, T., & Moser, L. M. (1999). Intra- and intersubject variability of acoustically evoked otoacoustic emissions. I. Transiently evoked otoacoustic emissions. *Laryngo- rhino- otologie*, 78(6), 339–344.
- Dille, M. F., McMillan, G. P., Reavis, K. M., Jacobs, P., Fausti, S. A., & Konrad-Martin, D. (2010). Ototoxicity risk assessment combining distortion product otoacoustic emissions with a cisplatin dose model. *Journal of the Acoustical Society of America*, 128(3), 1163–1174.
- Don, M., Ponton, C. W., & Eggermont, J. J. (1993). Gender differences in cochlear response time: An explanation for gender amplitude differences in the unmasked auditory brain-stem response. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94, 2135-2148
- Dreisbach, L. E., Long, K. M., & Lees, S. E. (2006). Repeatability of high-frequency distortion-product otoacoustic emissions in normal-hearing adults. *Ear Hear*, 27, 466–479.
- Dreisbach, L. E., & Siegel, J. H. (2001). Distortion-product otoacoustic emissions measured at high frequencies in humans. *Journal of the Acoustical Society of America*, 110, 2456–2469.
- Dreisbach, L. E., & Siegel, J. H. (2005). Level dependence of distortion-product otoacoustic emissions measured at high frequencies in humans. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117, 2980–2988.
- Ellison, J. C., & Keefe, D. H. (2005). Audiometric predictions using stimulus-frequency otoacoustic emissions and middle ear measurements. *Ear Hear*, 26, 487–503.
- Engdahl, B., Arnesen, A. R., & Mair, I. W. (1994). Reproducibility and short-term variability of transient evoked otoacoustic emissions. *Scandinavian audiology*, 23(2), 99–104.

- Fitzgerald, T. S., & Prieve, B. A. (2005). Detection of hearing loss using 2f2-f1 and 2f1-f2 distortion-product otoacoustic emissions. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 48(5), 1165–1186.
- Franklin, D. J., McCoy, M. J., Martin, G. K., & Lonsbury-Martin, B. L. (1992). Test/retest reliability of distortion-product and transiently evoked otoacoustic emissions. *Ear and hearing*, 13(6), 417–429.
- Gaskill, S. A., & Brown, A. M. (1990). The behavior of the acoustic distortion product, 2f1-f2, from the human ear and its relation to auditory sensitivity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88(2), 821–839.
- Gelfand, S. A. (2016). *Essentials of audiology* (4. Bs). New York, NY: Thieme
- Gelfand, S.A. (2018). *Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics*. Sixth Edition, Taylor & Francis Group, LL.
- Go, N. A., Stamper, G. C., & Johnson, T. A. (2019). Cochlear Mechanisms and Otoacoustic Emission Test Performance. *Ear and hearing*, 40(2), 401–417.
- Gorga, M. P., Dierking, D. M., Johnson, T. A., Beauchaine, K. L., Garner, C. A., & Neely, S. T. (2005). A validation and potential clinical application of multivariate analyses of distortion-product otoacoustic emission data. *Ear and hearing*, 26(6), 593–607.
- Gorga, M. P., Stover, L., Bergman, B. M., Beauchaine, K. L., & Kaminski, J. R. (1995). The application of otoacoustic emissions in the assessment of developmentally delayed patients. *Scandinavian Audiology*, 24, 8-17.
- Grové, C. L. (2017). *Test-retest reliability and validity of distortion product oto-acoustic emissions and transient evoked oto-acoustic emissions in normal hearing adults*. Theses and Dissertations (Speech-Language Pathology and Audiology). University of Pretoria.
- Guinan, J.J. Jr. (1996). *Physiology of olivocochlear efferents*. In P. Dallos, A.N. Popper, and R.R. Fay (eds.), *The Cochlea*. New York: SpringerVerlag, 435–502.
- Hall, J. W. (2000). *Handbook of otoacoustic emissions*. Clifton Park, NY: Singular Thomson Learning.
- Hall, J. W. (2014). *Introduction to audiology today*. United States: Pearson Education.
- Hallenbeck, H., & Dancer, J. (2003). Distortion-product otoacoustic emissions in ears with normal hearing sensitivity: test-retest variability. *Perceptual and motor skills*, 97(3 Pt 1), 990–992.
- Hamill, T. A., & Price, L. L. (2019). The Hearing Sciences. B. Stach (Ed.), *Introduction to the Sensory Mechanics* (16. Bs) içinde. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Hamill, T. A., & Price, L. L. (2019). The Hearing Sciences. B. Stach (Ed.), *Introduction to Cochlear Physiology* (18. Bs) içinde. San Diego, CA: Plural Publishing.
- Hamill, T. A., & Price, L. L. (2019). The Hearing Sciences. B. Stach (Ed.), *Advanced Study of the Anatomy of the Cochlea* (17. Bs) içinde. San Diego, CA: Plural Publishing.

- Harris, F. P., Probst, R., & Wenger, R. (1991). Repeatability of transiently evoked otoacoustic emissions in normally hearing humans. *Audiology : official organ of the International Society of Audiology*, 30(3), 135–141.
- Hotz, M. A., Harris, F. P., & Probst, R. (1994). Otoacoustic emissions: an approach for monitoring aminoglycoside-induced ototoxicity. *The Laryngoscope*, 104(9), 1130–1134.
- Janssen, T., Niedermeyer, H. P., & Arnold, W. (2006). Diagnostics of the cochlear amplifier by means of distortion product otoacoustic emissions. *ORL; journal for oto-rhino-laryngology and its related specialties*, 68(6), 334–339.
- Johnson, T. A., Neely, S. T., Garner, C. A., & Gorga, M.P. (2006). Influence of primary-level and primary frequency ratios on human distortion product otoacoustic emissions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 418–428.
- Johnson, T. A., Neely, S. T., Kopun, J. G., Dierking, D. M., Tan, H., & Gorga, M. P. (2010). Clinical test performance of distortion-product otoacoustic emissions using new stimulus conditions. *Ear and Hearing*, 31,74–83.
- Johnson, T. A., Neely, S. T., Kopun, J. G., Dierking, D. M., Tan, H., Converse, C., Kennedy, E., & Gorga, M. P. (2007). Distortion product otoacoustic emissions: cochlear-source contributions and clinical test performance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122(6), 3539–3553.
- Joint Committee on Infant Hearing, (2007). Year 2007 position statement: Principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics*, 120(4), 898–921.
- Kalluri, R., & Shera, C. A. (2013). Measuring stimulus-frequency otoacoustic emissions using swept tones. *J Acoust Soc Am*, 134, 356–368
- Katz, J. (2014). *Handbook of Clinical Audiology. In: Otoacoustic Emission*. Chasin vd. (Ed.), Lippincott Williams ve Wilkins Inc. 7th Edition, Philadelphia, USA, 357-379.
- Kemp, D. T. (1978) Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am*. 64, 1386–1391.
- Kemp, D. T. (2002). Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin*, 63, 223- 241.
- Kemp, D. T. (2008). Active Processes and Otoacoustic Emissions in Hearing. Manley G. A. vd. (Ed.), *Otoacoustic Emissions: Concepts and Origins* (1. Bs) içinde. New York:Springer Science Business Media.
- Kemp, D.T., Ryan, S. & Bray, P. (1990). A guide to the effective use of otoacoustic emissions. *Ear Hear*, 11, 93–105.
- Kepler, H., Dhooge, I., Maes, L., D'haenens, W., Bockstael, A., Philips, B., Swinnen, F., & Vinck, B. (2010). Transient-evoked and distortion product otoacoustic emissions: A short-term test-retest reliability study. *International journal of audiology*, 49(2), 99–109.

- Kimberley, B. P., Brown, D. K., & Eggermont, J. J. (1993). Measuring human cochlear traveling wave delay using distortion product emission phase responses. *Journal of the Acoustical Society of America*, *94*, 1343-1350.
- Kochanek, K. M., Śliwa, L. K., Puchacz, K., & Piłka, A. (2015). Repeatability of transient-evoked otoacoustic emissions in young adults. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, *21*, 36–43.
- Konrad-Martin, D., Knight, K., McMillan, G. P., Dreisbach, L. E., Nelson, E., & Dille, M. (2020). Long-Term Variability of Distortion-Product Otoacoustic Emissions in Infants and Children and Its Relation to Pediatric Ototoxicity Monitoring. *Ear and hearing*, *41*(2), 239–253.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of chiropractic medicine*, *15*(2), 155–163.
- Kramer, S., Brown, D. K. (2019). Audiology Science to Practice. B. Stach (Ed.), *Evoked Physiologic Responses* (11. Bs) içinde. San Diego, CA: Plural Publishing. 244-251.
- Krizman, J., Skoe, E., & Kraus, N. (2012). Sex differences in auditory subcortical function. *Clinical Neurophysiology*, *123*(3), 590–597.
- Kuroda, T. (2007). Clinical investigation on spontaneous emission (SOAE) in 447 ears. *Auris Nasus Larynx*, *34*(1), 29-38.
- Lapsley Miller, J. A., & Marshall, L. (2001). Monitoring the effects of noise with otoacoustic emissions. *Seminars in Hearing*, *22*(4), 393–403.
- Lasky, R. E. (1998a). Distortion product otoacoustic emissions in human newborns and adults: I. Frequency effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *103*, 981–991.
- Lasky, R. E. (1998b). Distortion product otoacoustic emissions in human newborns and adults: II. Level effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *103*, 992–1000.
- Liberman, M. C., Gao, J., He, D. Z., Wu, X., Jia, S., & Zuo, J. (2002). Prestin is required for electromotility of the outer hair cell and for the cochlear amplifier. *Nature*, *419*(6904), 300–304.
- Lonsbury-Martin, B. L., Martin, G. K., & Luebke, A. E. (1996). *Physiology of the auditory and vestibular systems*. In: Ballenger JJ, Snow JB (Eds). *Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*. 15 th ed. Philadelphia: Williams and Wilkins, 879-929.
- Lonsbury-Martin, B. L., Martin, G. K., & Whitehead, M. L. (1997). *Distortion product otoacoustic emissions*. In: Robinette MS, Glatcke TJ, eds. *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. New York: Thieme, 83–109.
- Lonsbury-Martin, B. L., & Martin, G. K. (1990). The clinical utility of distortion product otoacoustic emissions. *Ear Hear*, *11*, 144–54.
- Lonsbury-Martin, B., McCoy, M., Whitehead, M., & Martin, G. (1993). Clinical testing of distortion-product otoacoustic emissions. *Ear and Hearing*, *14*, 11–22.

- Marshall, L., & Heller, L. M. (1996). Reliability of transient-evoked otoacoustic emissions. *Ear and hearing, 17*(3), 237–254.
- Martin, F. N., & Clark, J. G. (2012). *Introduction to Audiology*. Pearson Education, Boston, 280-324.
- McFadden, D. (1993). A masculinizing effect on the auditory systems of human females having male co-twins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 90*(24), 11900–11904.
- McFadden, D., Loehlin, J. C., & Pasanen, E. G. (1996). Additional findings on heritability and prenatal masculinization of cochlear mechanisms: Click-evoked otoacoustic emissions. *Hearing Research, 97*, 102–119.
- McFadden, D., Martin, G. K., Stagner, B. B., & Maloney, M. M. (2009). Sex differences in distortion-product and transient-evoked otoacoustic emissions compared. *The Journal of the Acoustical Society of America, 125*(1), 239–246.
- Mills, D. M., Feeney, M. P., Drake, E. J., Folsom, R. C., Sheppard, L., & Seixas, N. S. (2007). Developing standards for distortion product otoacoustic emission measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America, 122*(4), 2203–2214.
- Moller, A. (2006). *Hearing anatomy, physiology, and disorders of the auditory system*. Boston: Academic Press.
- Moulin, A. (2000). Influence of primary frequencies ratio on distortion product otoacoustic emissions amplitude. II. Interrelations between multicomponent DPOAEs, tone-burst-evoked OAEs, and spontaneous OAEs. *Journal of the Acoustical Society of America, 107*, 1471–1486.
- Neely, S. T., Gorga, M. P., & Dorn, P. A. (2003). Cochlear compression estimates from measurements of distortion-product otoacoustic emissions. *The Journal of the Acoustical Society of America, 114*(3), 1499–1507.
- Ng, I. H., & McPherson, B. (2005). Test-retest reliability of DPOAEs in the 1 to 7 kHz range. *Audiological Medicine, 3*, 108–115.
- Oghalai, J. S. (2004). The cochlear amplifier: augmentation of the traveling wave within the inner ear. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery, 12*(5), 431–438.
- Oliver, D., He, D. Z., Klöcker, N., Ludwig, J., Schulte, U., Waldegger, S., Ruppertsberg, J. P., Dallos, P., & Fakler, B. (2001). Intracellular anions as the voltage sensor of prestin, the outer hair cell motor protein. *Science (New York, N.Y.), 292*(5525), 2340–2343.
- Oswald, J. A., & Janssen, T. (2003). Weighted DPOAE input/output functions: A tool for automatic assessment of hearing loss in clinical applications. *Z Med Phys, 13*, 93–98.
- Penner, M. J. (1995). Frequency variation of spontaneous otoacoustic emissions during a naturally occurring menstrual cycle, amenorrhea, and oral contraception: A brief report. *Ear and Hearing, 16*, 428–432.

- Penner, M. J., Glotzbach, L., & Huang, T. (1993). Spontaneous otoacoustic emissions: Measurement and data. *Hearing Research*, 68, 229–237.
- Pilka, E., Jedrzejczak W. W., Kochanek, K., & Skarzynski, H. (2019). Variability of high-frequency distortion product otoacoustic emissions measured by the smartoae device: preliminary study. *J Hear Sci*, 9(3): 60–65.
- Plinkert, P. K., Bootz, F., & Vossieck, T. (1994). Influence of static middle ear pressure on transiently evoked otoacoustic emissions and distortion products. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 251, 95–99.
- Prieve, B. A., & Falter, S. R. (1995). COAEs and SSOAEs in adults with increased age. *Ear and Hearing*, 16, 521–528.
- Prieve, B. A., Calandrucchio, L., Fitzgerald, T., Mazevski, A., & Georgantas, L. M. (2008). Changes in transient-evoked otoacoustic emission levels with negative tympanometric peak pressure in infants and toddlers. *Ear and hearing*, 29(4), 533–542.
- Prieve, B. A., Gorga, M. P., Schmidt, A., Neely, S., Peters, J., Schultes, L., & Jesteadt, W. (1993). Analysis of transient-evoked otoacoustic emissions in normal-hearing and hearing-impaired ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(6), 3308–3319.
- Prieve, B., & Fitzgerald, T. (2015). *Otoacoustic Emissions*. Handbook of Clinical Audiology (s. 357). New York: Wolters Kluwer.
- Probst, R., Harris, F. P., & Hauser, R. (1993). Clinical monitoring using otoacoustic emissions. *British journal of audiology*, 27(2), 85–90.
- Raphael, Y., & Altschuler, R. A. (2003). Structure and innervation of the cochlea. *Brain research bulletin*, 60(5-6), 397–422.
- Reavis, K. M., McMillan, G. P., Dille, M. F., & Konrad-Martin, D. (2015). Meta-Analysis of Distortion Product Otoacoustic Emission Retest Variability for Serial Monitoring of Cochlear Function in Adults. *Ear and hearing*, 36(5), 251–260.
- Robinette, M. S. (1992) Clinical observations with transient evoked otoacoustic emissions with adults. *Semin Hear*, 13(1), 23–36.
- Robinette, M. S., & Glatcke, T. J. (Eds). (1997). *Otoacoustic emissions: Clinical applications*. New York: Thieme.
- Robles, L., & Ruggero, M. A. (2001). Mechanics of the mammalian cochlea. *Physiological reviews*, 81(3), 1305–1352.
- Roede J., Harris F.P., Probst R., & Xu L. (1993). Repeatability of distortion product otoacoustic emissions in normally hearing humans. *Audiology*, 32, 273–81.
- Ruggero, M. A., Rich, N. C., & Freyman, R. (1983). Spontaneous and impulsively evoked otoacoustic emissions: indicators of cochlear pathology?. *Hearing research*, 10(3), 283–300.
- Santos-Sacchi, J. (2003). New tunes from Corti's organ: the outer hair cell boogie rules. *Current opinion in neurobiology*, 13(4), 459–468.

- Sato, H., Sando, I., & Takahashi, H. (1991). Sexual dimorphism and development of the human cochlea. Computer 3-D measurement. *Acta oto-laryngologica*, *111*(6), 1037–1040.
- Seikel, J. A., Drumright, D. G., & Hudock, D. J. (2021). *Anatomy and physiology for speech, language, and hearing*. San Diego, Plural Publishing.
- Siegel, J. H. (1994). Ear-canal standing waves and high-frequency sound calibration using otoacoustic emission probes. *Journal of the Acoustical Society of America*, *95*, 2589–2597.
- Siegel, J. H. (2002). *Calibrating otoacoustic emission probes*. In: R. Glatke (Ed.). *Otoacoustic Emissions: Clinical Applications*. Thieme.
- Sockalingam, R., Lee Choi, J., Choi, D., & Kei, J. (2007). Test-retest reliability of distortion-product otoacoustic emissions in children with normal hearing: a preliminary study. *International journal of audiology*, *46*(7), 351–354.
- Stach, B. A. (2010). *Clinical audiology: An Introduction*. United States: Delmar Cengage Learning.
- Strickland, E. A., Burns, E. M., & Tubis, A. (1985). Incidence of spontaneous otoacoustic emissions in children and infants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *78*(3), 931–935.
- Stuart, A., & Kerls, A. N. (2018). Does Contralateral Inhibition of Transient Evoked Otoacoustic Emissions Suggest Sex or Ear Laterality Effects?. *American journal of audiology*, *27*(3), 272–282.
- Stuart, A., Passmore, A. L., Culbertson, D. S., & Jones, S. M. (2009). Test-retest reliability of low-level evoked distortion product otoacoustic emissions. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, *52*(3), 671–681.
- Thorson, M. J., Kopun, J. G., Neely, S. T., Tan, H., & Gorga, M. P. (2012). Reliability of distortion-product otoacoustic emissions and their relation to loudness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *131*(2), 1282–1295.
- Tlumak, A. I., & Kileny, P. R. (2001). Parameters that affect the measurement of otoacoustic emissions. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, *9*(5), 279–283.
- Torre, P., Grace, J., Hansen, C., Millman, P., & Martin, H. (2013). Gender, music, and distortion product otoacoustic emission components. *Ear and hearing*, *34*(6), 74–81.
- 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*, *33*(4), 397–401.
- Vedantam, R., & Musiek, F. E. (1991). Click evoked otoacoustic emissions in adult subjects: standard indices and test-retest reliability. *The American journal of otology*, *12*(6), 435–442.
- Wable, J., & Collet, L. (1994). Can synchronized otoacoustic emissions really be attributed to SOAEs? *Hearing Research*, *80*, 141–145.

- Wagner, W., Heppelmann, G., Vonthein, R., & Zenner, H. P. (2008). Test-retest repeatability of distortion product otoacoustic emissions. *Ear and hearing*, 29(3), 378–391.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*, 19, 231–40.
- Welling, D. R., & Ukstins, C. A. (2013). *Fundamentals of audiology for the speech-language pathologist*. In Jones & Bartlett Publishers.
- White, K. R., Vohr, B. R., & Behrens, T. R. (1993). Universal newborn hearing screening using transient evoked otoacoustic emissions: Results of the Rhode Island hearing assessment project. *Seminars in Hearing*, 14, 18-29.
- Whitehead, M. L., Lonsbury-Martin, B.L., & Martin, G. K. (1993). The influence of noise on the measured amplitudes of distortion-product otoacoustic emissions. *J Speech Hear Res*, 36, 1097–102.
- Widmaier, E. P., Raff, E., Strang, K. T. & Shoeppe, T. C. (2019). *In vander's human physiology: the mechanisms of body function*. New York: McGraw-Hill Education.
- Wright, A., Davis, A., Bredberg, G., Ulehlová, L., Spencer, H., Bock, G., Felix, H., Iurato, S., Johnsson, L. G., & Pauler, M. (1987). Hair cell distributions in the normal human cochlea. A report of a European working group. *Acta oto-laryngologica. Supplementum*, 436, 15–24.
- Zhao, F., & Stephens, D. (1999). Test-retest variability of distortion-product otoacoustic emissions in human ears with normal hearing. *Scandinavian audiology*, 28(3), 171–178.
- Zheng, J., Shen, W., He, Z. Z. D., Long, K. B., Madison, L. D., & Dallos, P. (2000). Prestin is the motor protein of cochlear outer hair cells. *Nature*, 405, 149-55.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşenur AYKUL

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Odyoloji Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

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

Kavruk, H., & Aykul, A. (2021). *Artikülasyon ve Fonoloji İle İlgili Kavramlar*. Şan ve Öztürk (Ed.), Odyolojide Artikülasyon ve Fonoloji (1. Bs). Ankara, Akademisyen Kitabevi .

Aycul, A (2021). *Artikülasyon ve Fonolojik Bozuklukların Tanımlanması ve Sınıflandırılması*. Şan ve Öztürk (Ed.), Odyolojide Artikülasyon ve Fonoloji (1. Bs). Ankara, Akademisyen Kitabevi

Şan, İ., Aykul, A., & Kavruk, H. (2021). *Artikülasyon ve Fonolojik Bozukluklarda Tedavi ve Müdahale Yaklaşımları*. Şan ve Öztürk (Ed.), Odyolojide Artikülasyon ve Fonoloji (1. Bs). Ankara, Akademisyen Kitabevi

Aycul, A., Şan, İ., & Kavruk, H. (2021). Parental Views on Education, Amplification and Communication in Children with Hearing Loss Before and During the COVID-19 Pandemic. Union Of Thrace Universities, 4th International Health Sciences Congress.

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

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar: 2021- Devam Ediyor Araştırma Görevlisi/KTO Karatay Üniversitesi

Tarih: 13 Mayıs 2022

EK 1. BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

T.C.

KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ

İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Çalışmanın Adı : “Otoakustik Emisyon Ölçümünün Test-Tekrar Test Güvenilirliği”

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

Çalışmanın Konusu ve Amacı :

Bu çalışmada klinik kullanımı yaygın olan ve kokleanın fonksiyonel bütünlüğü hakkında objektif bilgi sağlayan distorsiyon ürünü OAE (DPOAE) ile geçici uyarılmış OAE (TEOAE) ölçümlerinin test-tekrar test güvenilirliği araştırılacaktır. DPOAE ile TEOAE ölçümlerinde ikinci ölçüm, ilk ölçümden çok kısa süre sonra (20 dakika sonra), üçüncü ölçüm ise ilk ölçümden kısa süre sonra (20 gün sonra) yapılarak, ölçümlerin test-tekrar test güvenilirliğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma İşlemleri:

Bu çalışmada yer almanız öngörülen süre yaklaşık olarak 30-40 dakikadır. Bu çalışmada sizin için herhangi bir risk ve rahatsızlık faktörü bulunmamaktadır. Size uygulanacak olan testlerin tamamı non-invaziv (cerrahi işlem gerektirmeyen) test yöntemlerinden oluşmaktadır ve size herhangi bir zarar oluşturabilecek testler değildir. Bu çalışmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz.

Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylere çalışmanın içeriği ve uygulanacak testlerle ilgili bilgi verilecek ve katılımcıların demografik bilgilerini de içeren ayrıntılı anamnezleri alınacaktır. Çalışmaya katılan tüm bireylere otoskopik muayeneden sonra akustik immitansmetrik değerlendirme, saf ses odyometri, konuşma odyometri, ve otoakustik emisyon (TEOAE ve DPOAE) ölçümleri yapılacaktır. Otoskopik muayene ile anormal dış kulak kanalı ve/veya timpanik membrana sahip olan bireyler belirlenecek ve çalışmaya dahil edilmeyecektir. Otoskopik muayeneleri yapılan bireylerin ilk olarak akustik immitansmetrik ölçümleri yapılacaktır. Timpanometrik değerlendirme ile orta kulak basıncı (daPa), komplians (mmho) ve eş değer dış kulak kanalı hacmi (cc) değerlendirilecektir. Timpanogram tipi Jerger (1970) sınıflandırmasına göre Tip A olarak belirlenen bireylere akustik refleks testi yapılacaktır. Akustik refleks testinde 500- 4000 Hz frekans arasında ipsilateral akustik refleks eşikleri elde edilen bireyler çalışmaya dahil edilecektir. Tüm odyolojik değerlendirmeler saf ses odyometri testi için Industrial

Acoustics Company (IAC) standardındaki sessiz odada yapılacaktır. Klinik odyometre cihazı ile hava yolu ve kemik yolu saf ses işitme eşikleri belirlenecektir. Çalışmaya dahil edilen bireylere konuşmayı anlama ve konuşmayı ayırt etme testleri yapılacaktır. Saf ses işitme eşikleri 250-8000 Hz frekanslarında ≤ 15 dB olan bireyler çalışmaya dahil edilecektir. Çalışmaya katılan tüm bireylere TEOAE ve DPOAE ölçümleri yapılacaktır. TEOAE ve DPOAE değerlendirmesinde ikinci ölçümleri, ilk ölçümden çok kısa süre sonra (20 dakika sonra), üçüncü ölçümleri ise ilk ölçümden kısa süre sonra (20 gün sonra) yapılarak, ölçümlerin test-tekrar test güvenilirliği belirlenecektir.

Çalışmaya Katılmamın Olası Yararları Nelerdir?

Yapılan çalışmaya katılımının sonrasında alınan sonuçların getireceği yenilikler ve olası yararların katılımcı ile paylaşılması beklenmektedir.

Çalışmaya Katılmamın Olası Riskleri Nelerdir?

Risk bulunmamaktadır.

Kişisel Bilgilerim Nasıl Kullanılacak?

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

Soru ve Problemler İçin Başvurulacak Kişiler :

Sorumlu Araştırmacının;

Adı- Soyadı: Burak ÖZTÜRK

Ünvanı: Dr. Öğr. Üyesi

Çalıştığı kurum: KTO Karatay Üniversitesi / Odyoloji Bölümü

E- Posta: (KVKK gereği silinmiştir)

Yardımcı Araştırmacının;

Adı- Soyadı: Ayşenur AYKUL

Ünvanı: Arş. Gör.

Çalıştığı kurum: KTO Karatay Üniversitesi / Odyoloji Bölümü

E- Posta: (KVKK gereği silinmiştir)

Çalışmaya Katılma Onayı

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

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

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

<i>Tanık¹ Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

<i>Araştırmacı² Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

1: Gönüllünün bilgilendirilme işlemine başından sonuna dek tanıklık eden kişi

2: Gönüllüyü araştırma hakkında bilgilendiren kişi

ETİK KURUL İZNI

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

Toplantı Sayısı: 1

Toplantı Tarihi: 12.01.2021

Karar Sayısı: 2021/015. Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK'ün "Otoakustik Emisyon Ölçümünün Test Tekrar Test Güvenilirliği" başlıklı araştırma projesi çalışması ile ilgili 07.01.2021 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü.

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

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

Sorumlu Araştırmacı: Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK

Yardımcı Araştırmacı: Arş. Gör. Ayşenur AYKUL

ASLI GİBİDİR

12.01.2021

Prof. Dr. Taner ZİYYLAN

İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar

Etik Kurul Başkanı