T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NORMAL İŞİTEN BİREYLERDE GÜRLÜK ADAPTASYONU

Uzm. Ody. Bünyamin ÇILDIR

Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı
DOKTORA TEZİ

Ankara
2018

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NORMAL İŞİTEN BİREYLERDE GÜRLÜK ADAPTASYONU

Uzm. Ody. Bünyamin ÇILDIR

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ

Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı
DOKTORA TEZİ

Ankara
2018

NORMAL İŞİTEN BİREYLERDE GÜRLÜK ADAPTASYONU

Uzm. Ody. Bünyamin ÇILDIR

Danışman: Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ

Bu tez çalışması 13/ 06/ 2018 tarihinde jürimiz tarafından "Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU *(Hacettepe Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Prof. Dr. Aydan GENÇ *(Hacettepe Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Prof. Dr. Esra YÜCEL *(Hacettepe Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Doç. Dr. Suna YILMAZ *(Ankara Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Doç. Dr. Banu MUJDECİ *(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)*	*(imza)*

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

26 Haziran 2018

Prof. Dr. Diclehan ORHAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan doktora tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- o **Tezimin tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.** (Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

- x **Tezimin 13.06.2023 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını** (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum. (Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)

- o **Tezimin.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**
- o **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

13/ 06/ 2018

(İmza)

Uzm. Ody. Bünyamin ÇILDIR

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm. Ody. Bünyamin ÇILDIR

TEŞEKKÜR

“Hiçbir başarımı rastlantıya borçlu değilim, buluşlarım da rastlantının değil, çalışmalarımın sonucudur.”

THOMAS EDİSON

ÖZET

Çıldır B., Normal işiten bireylerde gürlük adaptasyonu, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı Doktora Tezi, Ankara, 2018. Gürültü maruziyeti sonucu gizli işitme kaybı şüphesi olan bireylerin tanılanması üzerine yapılan bu çalışmada, hem gürültü maruziyetinin gürültüde eşik üstü sesler için önemli olan düşük spontan oranlı işitme sinir liflerinin, hem de iç tüy hücre sinaps kaybı nedeni ile işitsel adaptasyon etkilerini araştırılmaktadır. Çalışmaya, yaşları 19-32 arasında işitme eşikleri normal sınırlarda olan 69 normal işiten birey katılmıştır. Bireyler gürültü anketi skorlarına göre 2 gruba ayrılmıştır. 1. grup gürültü maruziyeti olan bireylerden, 2. grup gürültü maruziyeti olmayan bireylerden oluşmuştur. Bireylerin tümünde klik işitsel beyin sapı cevapları 9.1 rate ile 70-99 dB nHL şiddet seviyesi arasında bakılmıştır. Çalışma grubunda işitsel beyin sapı cevabının I. dalga genliğinin şiddet arttıkça azaldığı, kontrol grubunda ise şiddet arttıkça I. dalga genliğinin arttığı bulunmuştur. Çalışmamızda, 99 dB nHL şiddet seviyesinde çalışma grubunda elde edilen V/I genlik oranı kontrol grubundan yaklaşık %60 oranında daha fazla bulunmuştur. Çalışmada, bireylere verilen genliğe modüle edilen uyaranlarda ve uyarıların uygulanma durumundaki değişimlere bağlı olarak 6 deney yapılmıştır. Gizli işitme kayıplı bireylerde gürlük adaptasyonu değerlendirmek için yapılan çalışmada, çalışma grubu için arka plan gürültüsü verilmeden uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri arka plan gürültüsü verilerek yapılan uyaranlardan elde edilen gürlük adaptasyon değerinden daha düşük bulunmuştur. Çalışma grubunda uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra modüle edilmeyen uyaranın deney 1'deki gürlük adaptasyon değeri deney 2'deki gürlük adaptasyon değerinden daha düşük olarak bulunmuştur. Aynı zamanda deney 1 ve deney 2' de modülasyon frekansı arttıkça gürlük adaptasyon değeri de artma göstermiştir. Deney 3'de çalışma grubu için başlangıçtaki gürlük adaptasyon değerine göre uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra farklı taşıyıcı frekansa sahip uyaranlardan elde edilen gürlük adaptasyon değerlerinin etkilenmediği, fakat deney 4'de en fazla adaptasyon değerinin 1 kHz taşıyıcı frekansta elde edildiği bulunmuştur. Deney 5' de grup 1 için modülasyon derinliği arttıkça gürlük adaptasyonu artmış olarak bulunmuştur. Deney 6' da ise çalışma grubu için en fazla gürlük adaptasyon değişimi %50 modülasyon derinliği olan uyaranda elde edilmiştir. Bu çalışmada kontralateral gürültü altında verilen uyaranların tümünde özellikle gizli işitme kaybı şüphesi olan bireylerin daha fazla adaptasyon gösterdiği bulunmuştur. Deneylerin tümünde grup 2 için elde edilen gürlük değerlerinin sıfır olarak bulunması kontrol grubunun çoğu bireyinde ya gürlük adaptasyonu gelişmemiş ya da çok az gelişmiş olarak bulunması sebebi ile olabileceği düşünülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuca göre, gürültü maruziyetine bağlı gizli işitme kaybı olan bireylerde elde edilen kısa dönem gürlük adaptasyon değerleri işitsel nöropatili ve ribbon sinaps bozukluğu olan bireylerin gürlük adaptasyon değerlerine benzer sürelerde adaptasyon gösterdiği bulunmuştur. Düşük spontan oranlı işitme sinir lif ve zamansal kodlama becerisi bozukluğunun özellikle arka plan gürültüsü altında adaptasyonun büyüklüğü ve anormal gürlük adaptasyonu ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gürlük adaptasyonu, GMFE, gizli işitme kayıpları, matris, İBC.

ABSTRACT

Çıldır B., Loudness Adaptation in Normal Hearing Individuals, Hacettepe University, Institute of Health Sciences, PhD Thesis in Audiology and Speech Disorders Program, Ankara, Noise exposure can result in decreased I-wave amplitude values of auditory brainstem responses of individuals with over-threshold levels due to this spontaneous hearing nerve fibers, afferent fibers and this cognitive damage resulting in impairments in temporal coding skills. In this study on the identification of individuals with suspected hearing loss as a consequence of noise exposure, the effect of noise exposure that cause the loss of hearing nerve fibers with low spontaneous hearing nerve fibers as well as internal hair cell synapse, which are important for noise above supine noise in noise, are investigated. 69 subjects aged between 19 and 32 years with normal hearing thresholds participated in the study. The study was divided into 2 groups according to their noise survey scores. 1st group consists of individuals with noise exposure, 2nd group consists of individuals without noise exposure. In all, the click auditory brainstem responses ranged from 9.1 rate to 70-99 dB nHL intensity level. In the study group, the first wave amplitude of the auditory brainstem response decreased with increasing intensity, and in the control group, the first wave amplitude increased with intensity. In our study, the V/I amplitude ratio obtained in the study group at the 99 dB nHL intensity level was found to be approximately 60% higher than the control group. In the study, 6 experiments were performed depending on the modulated stimuli given to the individuals and the changes in the stimuli applied. In the study to evaluate the adaptation of the loudness in hidden hearing loss individuals, the loudness adaptation values were found to be lower than the loudness adaptation values obtained from the background noises by 180 seconds after the background noise was given for the study group. Despite the individual differences when compared to the unmodified and modulated stimuli in the study group, the loudness adaptation value in experiment 1 was found to be lower than the experiment 2 in the unmodulated stimulus after 180 seconds from stimulus stimulation. At the same time, in experiment 1 and experiment 2, as the modulation frequency increased, the value of adaptation of the gain also increased. For the experiment group 3, it was found that the loudness adaptation values obtained from stimuli with different carrier frequencies were not affected after 180 seconds from the stimulus according to the initial gain adaptation value, but the maximum loudness adaptation value was found to be in1 kHz carrier frequency in Experiment 4. In Experiment 5, as the depth of modulation for group 1 increased, the adaptation of the gain was found to be increased. In Experiment 6, the maximum gain loudness adaptation change for the study group was obtained with a 50% modulation depth. In this study, it was found that all of the stimuli given under contralateral noise showed more adaptation especially to individuals with suspected hearing loss. In all of the experiments, it was thought that loudness adaptation values obtained for group 2 were found zero was either for loudness adaptation's underdevelopment or its insufficient development. According to the results obtained in the study, the short-term adaptation values obtained in individuals with hidden hearing loss-related noise exposure were found to be adaptive to changes in the auditory neuropathic and ribbon synaptic impairments. Low spontaneous rated hearing nerve fiber and temporal coding impairment are thought to be associated with adaptive size and abnormal loudness adaptation, especially under background noises.

Key words: Loudness adaptation, GMFE, Hidden hearing loss, Matrix, İBC

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI iv

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI v

ETİK BEYAN vi

TEŞEKKÜR vii

ÖZET viii

ABSTRACT ix

İÇİNDEKİLER x

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

ŞEKİLLER xvi

TABLOLAR xix

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 5

2.1. Ses ve Sesin Fiziksel Özellikleri 5

2.1.1. Ses 5

2.1.2. Sinuzoid Dalgalar 6

2.1.3. Kompleks Sesler 7

2.1.4. Genlik Modulasyonu 8

2.1.5. Frekans Modülasyonu 13

2.1.6. Temporal Modülasyon 15

2.1.7. Temporal Modülasyon Transfer Fonksiyon 17

2.2. Gürlük *(Loudness)* ve Fiziksel Şiddet 18

2.3. Gürlük Skalası 21

2.4. Gürlük ve Bant Genişliği 22

2.5. Şiddet Değişimlerini Fark Etme 24

2.6. Gürlük Adaptasyonu 25

2.7. Gürültü 30

2.7.1. Gürültü Çeşitleri 31

2.7.2. Gürültüye bağlı işitme kayıpları 35

2.8. Gizli İşitme Kayıpları (Cochlear Synaptopathy) 36

2.9. Gizli İşitme Kayıpları ve Gürlük Adaptasyonu 38

3. GEREÇ VE YÖNTEM 41

3.1 Katılımcılar 41

3.1.1. Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri 41

3.1.2. Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri 42

3.2. Araçlar ve Yöntem 43

3.2.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi 43

3.2.2. Gürültü Maruziyet Anketi 44

3.2.3. Odyolojik Değerlendirme 44

3.2.4. Distortion Product Otoacoustic Emission 45

3.2.5. İşitsel Beyin sapı Cevabı (İBC) 45

3.2.6. Gürültüde Konuşmayı Anlama Testi 46

3.2.7. İşitsel İşlemleme Testi 47

3.2.8. Psikofiziksel Testler 48

3.3. İstatiksel Analiz 52

4. BULGULAR 54

4.1. Bireylerin demografik özelliklerine göre verilen tanımlayıcı istatistikleri 54

4.2. İşime testi bulguları 55

4.3. İşitsel Beyin Sapı Cevabı Bulguları 55

4.3.1. Bireylerin İşitsel Beyin Sapı Cevabı Genlik Bulguları 55

4.3.2. İşitsel Beyin Sapı Cevabı Latans Bulguları 57

4.3.3. İşitsel Beyin Sapı Cevabı V/I Genlik Oran Bulguları 59

4.3.4. İşitsel Beyin Sapı Cevabı V-I İnterlatans Farklılıkları 59

4.4. Gürültüde Konuşmayı Anlama Test Bulguları 60

4.4.1. Türkçe Matris Test Bulguları 60

4.5. Psikofiziksel Test Bulguları 62

4.5.1. Genlik Modülasyonu Fark Etme Eşik Test (GMFE) Bulguları 62

4.5.2. Modülasyon Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları 63

4.5.3. Arka Plan Gürültüsü Altında Modülasyon Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları 75

4.5.4 Taşıyıcı Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları 86

4.5.5. Arka plan gürültüsünde taşıyıcı frekansın bir fonksiyonu olarak gürlük adaptasyonu bulguları 93

4.5.6. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı gürlük adaptasyon bulguları 101

4.5.7. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı gürlük adaptasyon bulguları 109

5. TARTIŞMA 118

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 140

7. KAYNAKLAR 145

8. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Onayı

Ek-2. Montreal Bilişsel Değerlenirme Testi

9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

A : Genlik

İBC : Auditory Brainstem Response

ACGIH : Amerikan Conference of Governmental Industrial Hygienist

AMS : Adaptif Matriks Test Skor,

CB : İp Ucu Bandı

CMR : Comodulation Masking Release

dB : Decibel

dB SPL : Decibel Sound Pressure Level

dB HL : Decibel Hearing Level

DPOAE : Distortion Product Otoacoustic Emission

DP-gram : Distortion Product Gram

DDT : Dikotik dijit test,

dBA : Decibel A skalası

dBC : Decibel C skalası

dB SL : Decibel Sansation Level

d(t) : Ses dalgasının t zamanındaki mesafesi

ERBN : Equivalent Rectangular Bandwight

FM : Frekans Modülasyonu

f : Frekans

Fc : Taşıyıcı sinüs dalgasının frekansı,

fm : Modüle sinyalin frekansını

fd : frekans sapma

GM : Genlik Modülasyonu

GAS : Gürültü Anket Skoru,

Grup 1 : Çalışma grubu,

Grup 2 : Kontrol grubu

GMFE : Genlik Modülasyonu Fark Etme Eşiği,

Hz : Hertz

ļ : Şiddete bağlı bir parametreyi

I : Şiddet sabiti

ILO : İnternational Labour Organization
kHz : kilo Hertz
lsb : Lower sideband
log : Logaritma
L : Gürlük
L1 ve L2 : Şiddet Seviyesi
Lt : t zamanındaki gürlük değeri
L0 : Başlangıçtaki gürlük değeri
L : Latans,
m : Modülasyon indeksi
Md : Modülasyon derinliği
MOCO : Montreal Cognitive Assesment
Mf : Modülasyon frekansı
Md : Modülasyon Derinliği
NIOSH : The National Institute for Occupational Safety and Health
NBN : Narrow Band Noise
N : Katılımcı sayısı,
NAQ : Arka alan gürültüsü olamadan nonadaptif matriks test
nHL : Normal Hearing Level
s : Adaptasyon Sabiti
S : Sinyal
SSO : Saf Ses Ortalaması,
SPL : Sound Pressure Level
SAM : Sinüzoidal genlik modülasyonunu
SL : Sensation Level
SNR : Signal to Noise ratio
SRT : Speech Recognation Test
t : Zaman
TB : Hedef bant
TMTF : Temporal Modülasyon Transfer Fonksiyon
Tf : Taşıyıcı Frekans
usb : Upper sideband

vc	: Taşıyıcı sinüs dalgasının genliğindeki anlık değeri
Vc	: Taşıyıcı sinüs dalgasının genlik değeri
vm	: Bilgi sinyalinin genliğindeki anlık değeri,
Vm	: Bilgi sinyalinin genlik miktarını,
V	: Volt
y(t)	: t zamanındaki adaptasyon miktarı
W	: Bant genişliği
ø	: Başlangıç fazı,
π	: pi değeri
k	: Normalizasyon sabiti
α	: Uyarıya bağlı bir parametreyi
2AFC	: Two Alternative Force Choice
ΔI	: En küçük fark edilebilen şiddet değişimi
ΔL	: Şiddet değişimlerini fark etme eşik sabiti
τ	: Tau zaman sabiti
V/I	: Dalga genlik oranı,
V-I	: V-I interlatans,

ŞEKİLLER

Şekil

2.1. Parçacıkların titreşim hareketi. 6

2.2. Yer değiştirme ve zaman arasındaki sinüzoidal ilişki 7

2.3. İnsan sesi, müzikal enstrüman ve patlama sesi ile üretilen kompleks ses dalgaları. 8

2.1. Genlik Modülasyonu 9

2.2. Yüksek frekans GM sinüs dalgasını gösteren basitleştirilmiş bir metod 10

2.3. Genlik modülasyonlu sinyalin frequency-domain gösterimi. 12

2.4. Taşıyıcı frekans, alt ve üst side band sinüs dalgasını gösteren GM dalga 12

2.5. Frekans Modülasyonu. 13

2.6. Frekans Modülasyon gösterimi. 15

2.7. Temel comodulated masking release (CMR) görevi ve sonuçları. 16

2.8. Temporal modulation Transfer Function (TMFT). 18

2.9. Serbest alanında saf ses için equal-loudness contours 20

2.10. 1 kHz' lik ses için, phon' daki fiziksel gürlük ve sone'daki subjektif gürlük arasındaki grafiksel ilişki. 21

2.11. Değişik bant genişliği olan bir gürültünün gürlüğünün eşitlenmesi gereken 120Hz geniş gürültü seviyesi değişik bant genişliğinin bir fonksiyonu olarak gösterimi. 23

2.12. Karşılaştırmalı uyarı ile gösterilen gürlük adaptasyonu 26

2.13. Ses seviyesinin bir fonksiyonu olarak büyüklük değerlendirmesiyle ölçülen 4kHz 'de adaptasyon değeri 28

2.14. Çeşitli frekans ve hissediş seviyelerinde 6 dakika bir sese maruz kaldıktan sonra gerçekleşen gürlük adaptasyonu 28

2.15. Gaussian gürültüsünün, anlık genlik değişim değeri 31

2.16. Ayrık frekans gürültüsü. 32

2.17. Geniş bant gürültü. 32

2.18. İmpulsive gürültünün dalga biçimi. 33

2.19. Her bir Hertz' de sabit bir enerji değerine karşılık gelen beyaz gürültü spektrumu 34

2.20. Test frekansının bir fonksiyonu olarak farklı seviyelerde ve 1 kHz merkez frekansta dar bant gürültü tarafından maskelenen bir test ton seviyesi 34

3.1. Genlik modülasyonu fark etme testi 49

4.1. Grupların her biri için sağ ve sol kulakta adaptif Türkçe Matris Test değerleri. 61

4. 2. Grupların her biri için adaptif olmayan Türkçe Matris Test ortalamaları 62

4. 3. Grupların genlik modülasyonu fark etme eşik ortalama bulguları 63

4.4. Zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon frekansı (Mf) olan uyaranlarda grup 1'e ait gürlük adaptasyonu. 66

4.5. Zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon derinliğinde (Mf) genlik modülasyonu olan seslerde kontrol grubuna ait gürlük adaptasyonu 71

4.6. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon frekansındaki uyaranlarda grup 1' e ait gürlük adaptasyonu 77

4.7. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon frekansında modüle edilen uyaranda grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu 82

4. 8. Grup 1 için zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansa (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu 87

4.9. Grup 1’ de arka plan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 1kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekanslara (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu 95

4.10. Grup 2’ de arka plan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 1kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekanslara (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu. 99

4.11. Zamanın bir fonksiyonu olarak 12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 1’ e ait gürlük adaptasyonu 103

4.12. Zamanın bir fonksiyonu olarak 12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 2’ ye ait gürlük adaptasyonu 107

4.13. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 1’ e ait gürlük adaptasyonu 111

4.14. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup2’ ye ait gürlük adaptasyonu 115

TABLOLAR

Tablo

4.1. Çalışmaya katılan bireylerin yaş, cinsiyet ve gürültü anket skorunun gruplara göre dağılımı 54

4.2. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitme eşiği ortanca değerleri 55

4.3. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının ortalama genlik değerleri 56

4.4. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının ortalama latans değerleri 58

4.5. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarında V/I genlik oran değerleri 59

4.6. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının V-I interlatans farklılıkları 60

4.7. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait tek kulak için adaptif Türkçe Matris Test bulguları 60

4.8. Grup 1 ve 2'deki bireylere ait adaptif Türkçe Matris Test bulguları 61

4.9. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait genlik modülasyonu fark etme eşik testi ortalama bulguları 62

4.10. Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliğinde 5 farklı modülasyon frekansı olan seslerde grup 1' e ait gürlük adaptasyonu 64

4.11. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 1'e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları 68

4.12. Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu 69

4.13. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 2' ye ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları 73

4.14. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon frekansı olan uyarılarda grup 1' e ait gürlük adaptasyonu 75

4.15. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 1' e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları 79

4.16. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde çalışma grubuna ait gürlük adaptasyonu 80

4.17. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 2'ye ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları 84

4.18. Zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 86

4.19. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 1' e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları 88

4.20. Zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 89

4.21. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 2'nin zaman sabiti ve saturasyon değerlerine ait bulgular 92

4.22. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 94

4.23. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 1' in saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular 96

4.24. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 97

4.25. Grup 2 için 3 farklı taşıyıcı frekanstaki saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler 100

4.26. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı grup1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 102

4.27. Grup 1 için 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular 104

4.28. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 105

4.29. Grup 2 için 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular 108

4.30. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 110

4.31. Grup 1 için arka alan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular 112

4.32. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları 113

4.33. Grup 2 için arka alan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular 116

1. GİRİŞ

Dünya genelinde nüfusun ve sanayileşmenin artması birçok sağlık problemini de beraberinde getirmiştir. İnsanlar çalışma hayatında ve günlük yaşam alanlarında yapılan işin doğasına göre sağlığı tehdit eden risk faktörlerine maruz kalmaktadır. Gürültü gerek günlük yaşamda gerekse de çalışma hayatında karşılaşılan fiziksel bir risk faktörüdür. Gürültü maruziyeti sonrası meydana gelen işitme kayıpları dünya genelinde endüstri alanında karşılaşılan en önemli sağlık problemlerinden biri olmuştur. Gürültüye bağlı işitme kayıplarının temel özelliği, koklea' da iç ve dış tüylü hücrelerin hasar görmesi (1) sonucu işitme sisteminde düşük şiddetteki seslere karşı hassasiyet kaybına sebep olmasıdır. Bu hassasiyet kaybı saf ses odyometre ile kolay bir şekilde belirlenebilir ve aynı yaş grubu normal işitme eşiklerine sahip bireylerin odyogramları ile karşılaştırılarak gürültü sonrası işitme eşiklerinde meydana gelen kayıp miktarı gösterilebilir (2). Gürültü maruziyetinin süre ve şiddetine göre işitme sisteminde kalıcı veya geçici değişkenlik hasara neden olabilmektedir (3, 4). Uzun süreli devamlı gürültüye maruz kalan bireylerin işitme sisteminde, gürültünün iç ve dış tüy hücre zarı, yapısı ve boyutlarında hasar oluşabilmektedir (5, 6). Ancak, gürültü maruziyeti sonrası iç kulağın nöral hasarının dış tüy hücre hasarı olmadığı durumda iç tüylü hücrelerin sinapstik bağlantılarında meydana gelebileceği belirtilmiştir (7). Son zamanlarda rodent fare modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, gürültü maruziyeti sonrası gelişen işitme kayıpları için *cochlear synaptopathy* adı verilen farklı bir işitme kaybı mekanizmasının olabileceği belirtilmiştir. Bu kaybın, afferent Tip 1 işitme sinir lifleri ve iç tüylü hücrelerin ribbon sinaps bağlantıları arasında görülmesi nedeni ile *synaptopathy* terimi ile ifade edilen fonksiyonel bir bozukluğa neden olmaktadır (2, 7). Yapılan başka bir fare çalışmasında, gürültü maruziyeti sonrası işitme eşiklerinde meydana gelecek hasarın sadece geçici işitme kaybına neden olmadığı, aynı zamanda kalıcı eşik üstü işitsel eşik cevaplara da yayılabileceği gösterilmiştir (8). Bu eşik üstü cevapların, yüksek ateşleme eşikli düşük spontan oranlı (*low spontaneous rates*) işitme sinir lifleri tarafından inerve edilen iç tüy hücrelerinin sinapstik bağlantılarındaki hasar ile ilişkili olduğu, ancak düşük ateşleme eşikli yüksek spontan oranlı işitme sinir hasarı ile daha az ilişkili olduğu belirtilmiştir (9). Çünkü yüksek spontan oranlı lif kaybı eşlik etmediği veya çok az eşlik ettiği durumlarda düşük spontan oranlı lif hasarının sessiz

ortamlarda işitme eşiklerini etkilemediği rapor edilmiştir (10). İç tüylü hücre kaybının yüzde 80 ‘den daha az olması durumunda işitme eşiklerinde değişiklik gözlenmediği belirtilmiştir (10). Özellikle rodent modellerinde gürültü maruziyeti ve yaş etkisinin düşük şiddetteki seslerde kalıcı hassasiyeti etkilemeksizin işitme sinir lifleri ve iç tüylü hücreler arasında sinaps kaybına sebep olduğu gösterilmiştir (7, 8, 11). Yapılan başka fare çalışmasında ise, 100 dB SPL (8-16 kHz) gürültüye 2 saat maruz kaldıktan sonra iç tüy hücre ve işitme sinir lifleri arasındaki sinapsın yüzde 50 sinin etkilendiği durumlarda etkilenen frekans bölgesinde kalıcı olarak hasar görüldüğü belirtilmiştir (8). Gürültü maruziyeti sonrasında bu hasar nedeni ile meydana gelen işitme kaybını odyogram bulguları ile tespit edemeyeceğimiz için bu patoloji nöropaty, *cochlear synaptopathy* ve gizli işitme kaybı olarak tanımlanmıştır (12). Bu kaybın orta ve yüksek seviyelerde ses şiddetini kodlamadan sorumlu olduğu düşünülen yüksek eşiklere sahip düşük spontan oranlı liflerin seçiciliğini etkileyebileceği belirtilmiştir (9). İşitme sinir liflerinin kalıcı olarak kaybının işitsel sinir fonksiyonunu yansıtan İBC’ nin I. dalga genliğinin azalması ile tanımlanabileceği belirtilmiştir (9, 13-15). Bu azalmanın eşiğe yakın uyarılarla değil, orta ve şiddet seviyelerdeki uyarılarda gözlendiği tespit edilmiştir (14, 16). Silah kullanan ve kullanmayan askerler üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, bu bireylerin tümünde odyometrik ölçümler ve otoakustik emisyon bulguları benzer elde edilmesine rağmen, silah kullanan askerlerde İBC’ nin I. dalga genliğinde diğer gruba göre azalma olduğunu saptanmıştır. Gürültü maruziyeti sonrası İBC’ nin I. dalga genliğinde azalma olmayabileceği de tinnitusu olan ve olmayan iki grup arasında yapılan bir çalışmada gösterilmiş ve gizli işitme kaybını tanımlamada İBC dışında farklı bir test bataryası kullanılabileceği de belirtilmiştir (17). Düşük spontan oranlı lif kaybı olan gizli işitme kayıplı normal işitme eşiklerine sahip bireylerin zamansal kodlama becerilerinde bireyler arasında farklılıklar olduğu belirtilmiştir (18-20). Düşük spontan oranlı liflerin genel olarak 40 dB SPL üzerindeki ses seviyelerinde elde edilen cevaplar olduğu gösterilmiştir (18). Gürültülü çevrelerde düşük spontan oranlı lif kaybında, dinleme için önemli olan seslerin zamansal modülasyonunda bozulma meydana geldiği düşünülmüştür. Bu dinleyicilerdeki bireysel farklılıkların gizli düşük spontan oranlı lif *synaptopathy’* sini yansıttığı belirtilmiştir (21). Bharadwaj ve diğ. (22), işitme eşikleri normal olan bireylerin genlik modülasyonunu fark etme becerilerini 40 dB SPL dar bant arka alan gürültüsünde (bu

seviyede yüksek spontan oranlı liflerin doygunluk gösterdiği belirtilmiştir) değerlendirmek için davranışsal farklı bir test kullanmışlardır. Araştırmacılar zamansal kodlama becerilerinin diğer davranışsal ölçümlerde elde edilen skorların performansla ilişkili olarak geniş bireysel farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. İşitme eşikleri normal olan bireylerde, zamansal kodlama becerisindeki bireysel farklılıkların değişik derecelerde gizli düşük spontan oranlı lif kaybını yansıtabileceğini tespit etmişlerdir. Genlik modülasyonu (GM) fark etme testi ve İBC' nin I. dalga genlik değişimi bulgusu gizli işitme kayıplarını tanımlamada bir test bataryası olarak kullanılmaktadır. Gizli işitme kayıplı bireylerde saf ses işitme eşikleri etkilenmeden kalsa bile işitsel yollarda sesin iletimi sırasında bozulmalara neden olabileceği belirtilmiştir (21). Bu bozulmanın sesin herhangi bir karakteristik özelliğinde meydana gelebileceği gösterilmiştir. Günlük dinleme çevrelerinin sıklıkla dakikalar ve saniyeler boyunca devam eden seslerden oluştuğu belirtilmiştir. Birçok durumda bu devam eden sesler değişmeden kalabilmesine rağmen (23, 24), normal işitmeye sahip dinleyicilere dinletilen, yüksek frekans ve alçak şiddetli saf sesli uyarıların gürlük seviyesinde hızlı bir azalma olduğu ve dakikalar içerisinde bu sesin işitilemediği belirtilmiştir (25). Fiziksel uyaran devam ederken meydana gelen gürlük algısı azalmakta ve sensör sistem gelen bu uyarıya adaptasyon göstermektedir. Devam eden bir sesin gürlüğündeki azalmanın ilk 2-3 dakika içerisinde görülebileceği farklı çalışmalarda belirtilmiştir. Yapılan çalışmada, düşük spontan oranlı liflerin orta ve yüksek spontan oranlı liflerden daha fazla adaptasyon gösterdiği belirtilmiştir (26). Yüksek frekansların işlemlendiği kokleanın bazal bölgesindeki işitsel cevaplar düşük spontan oranlı liflerin kuvvetli bir şekilde adapte edildiği nöronlarla ilişkili olduğu ve gürlük adaptasyonunun yüksek frekanslarda en fazla etkilenmesinin nedeninin bu olabileceği belirtilmiştir (25).

Normal bireylerde gürlük adaptasyonunun, yüksek frekanslı uyarılarda alçak frekanslı uyarılara göre daha hızlı geliştiği belirtilmiştir. Aynı zamanda, şiddet ve taşıyıcı frekansa eşdeğer saf sesin gürlük adaptasyonunun genliğe modüle edilen tonlardan daha yavaş olduğu belirtmiştir (27). Buna karşın, genlik modülasyonunun gürlük adaptasyonu ile işitsel algı arasındaki mekanizma hala bilinmemektedir. Sesli bir fonemin zamansal özelliklerinin GM ile benzer yollarda kodlandığı ve karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Konuşma sinyalinin spektral tepe noktaları "formant"

GM' nin taşıyıcı frekansı olarak düşünülmüş ve sesli fonemin fundamental frekansının ise modülasyon frekansı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (28). İşitme hassasiyetinin konuşma sinyalleri ile değerlendirilmesi önemli olmaktadır (29). Çalışmamızda, yüksek spontan oranlı lifleri baskılamak ve verdiğimiz taşıyıcı frekansta sinyalin etkinliğini arttırmak için merkez frekansı kullandığımız uyarının taşıyıcı frekansı ile aynı olan dar bant bir gürültü verilerek gizli işitme kayıplı bireylerde farklı modülasyon frekansı, farklı modülasyon derinliği ve farklı taşıyıcı frekanslı uyarıların gürlük değişimindeki bireysel farklılıkları değerlendirerek ve gizli işitme kayıplıların tanımlanmasında farklı bir davranışsal test bataryası oluşturmak amaçlanmıştır.

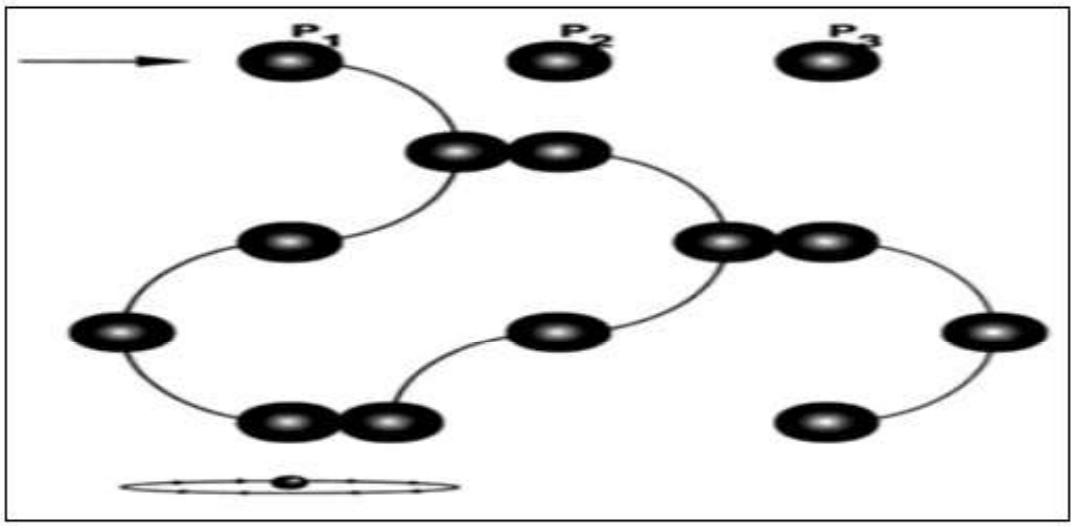
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ses ve Sesin Fiziksel Özellikleri

2.1.1. Ses

Bir ses kaynağından yayılan basınç dalgasının en yaygın enerji şekli olan ses, fiziksel veya algısal bir terim olarak tanımlanabilir (30). Bir nesnenin titreşiminin sesi meydana getirmesi fiziksel bir olaydır. Eylemsizlik ve esneklik özelliği olan her nesne titreşebilir. Titreşen her nesne ise ses üretme potansiyeline sahiptir. Titreşim hareketi hava dolu boşlukta bir nesnenin bir noktadan başka bir noktaya hareket etmesi ve ilk başlangıç noktasına tekrar dönmesidir. Bir nesneye eylemsizlik olarak tanımlanan hareketi yaptırmak için bir kuvvet uygulanır. Nesne bu kuvvet tarafından hareket ettirildikten veya deforme edildikten sonra o nesnenin tekrar başladığı noktaya geri dönmesi esneklik olarak tanımlanır. Pratikte, hemen hemen her nesne eylemsizlik ve esneklik özelliklerine sahiptir (31).

Genellikle hava gibi bir boşlukta titreşen ses dalgası, titreşim kaynağından dışarıya hareket eder, fakat moleküller dalga ile ilerlemez. Kaynaktan uzağa hareket eden ses dalgası ilerlemesi sırasında yolu üzerindeki herhangi bir nesne veya duvarla karşılaşana kadar normalden daha fazla birbirlerine yaklaşarak (*Condantation*) ve normalden daha fazla uzaklaşarak (*Rarefaction*) zayıflayarak ilerler (32). Ses dalgasının moleküllere çarparak ilerlemesi Şekil 2.1' de görülmektedir. Bu hareket saniyede veya salisedeki bir titreşim döngüsü olarak tanımlanabilir. Titreşimin sonucunda sonsuz türde ses üretilebilir. Fakat kendiliğinden bir objenin titreşimi mutlaka işitme duyusu ile sonuçlanmayabilir. Hava gibi bir boşlukta titreşen nesne bir ses dalgası oluşturursa bu ses dalgasındaki basınç değişimi bir ses oluşturabilir (31).

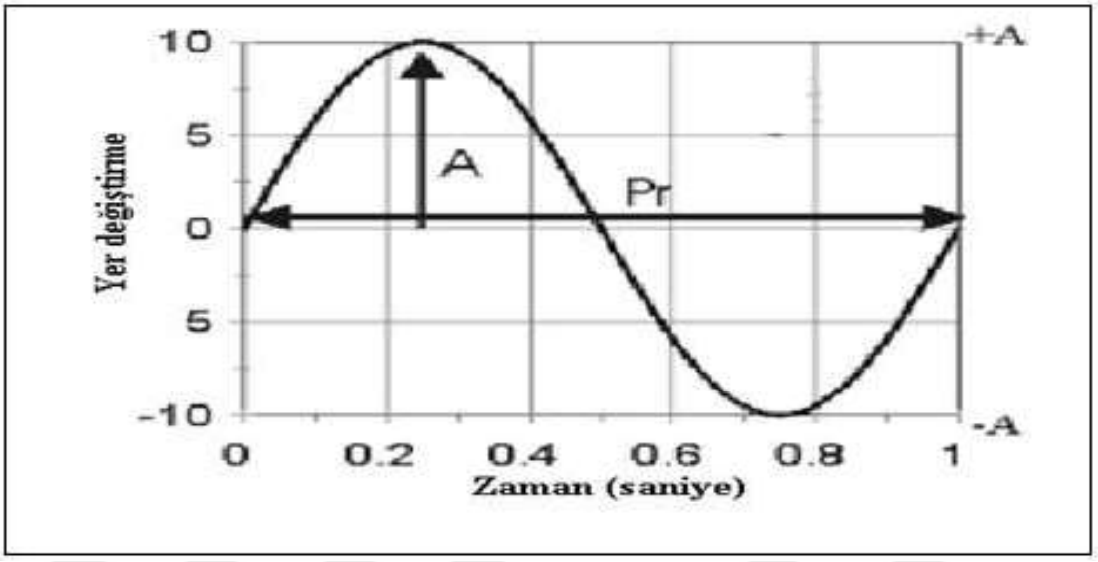


Şekil 2.1. Parçacıkların titreşim hareketi. P1 parçacığına kuvvet uygulandığında yanındaki P2 parçacığına çarpar ve P1 yer değiştirmeden sonra esneklik sebebiyle başlangıç pozisyonuna geri döner ve P2, P3 deki parçacığa hareket ederek enerjisini onlara aktarır (Hugo (30)'dan alınmıştır.)

2.1.2. Sinuzoid Dalgalar

Sesin en basit tiplerinden birisi basit harmonik hareketli sinüs dalgasıdır (32, 33). Sinüs dalgası sesin yer değişimi ve zaman arasındaki bir ilişki olarak ifade edilir (31). Yer değiştirme belli bir mesafede ve birkaç farklı yönde gerçekleşebilir (34). Yer değiştirme basit bir şekilde, bir sinüs dalgasında titreşen bir nesnenin devamlı ileri-geri düzenli bir şekilde yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Sinüzoidal titreşim, bir ses dalgasının belli bir pozisyonunda simetrik olarak öne ve geriye doğru hareket etmesidir. Şekil 2.2' de sinüzoidal ses dalgasının bir zaman dilimi içerisindeki ileri-geri hareketini göstermektedir. Yer değiştirme yatay bir eksen etrafındaki sıfır noktasında meydana gelir (33). Sinüzoidal dalga formunda ses dalgası başlangıç pozisyonundan (d(t) = 0) maksimum pozitif mesafeye doğru hareket eder (maksimum noktaya ait bir d(t) ve tekrar başlangıç pozisyonuna geri döner. Tekrar maksimum negatif noktaya hareket eder ve son olarak bir saniyelik zaman periyodunda başlangıç pozisyonuna tekrar geri döner. Teorik olarak bu ileri- geri titreşim sonsuza kadar devam edebilir. Bir devir, bir sinüzoidal dalga hareketinde periyodik fonksiyonun tam bir dönümüdür. Bir sinüzoidin üç parametresi vardır; genlik (A), frekans (f) ve başlangıç fazı (ø). Herhangi bir titreşim bir sinüzoidal titreşimin toplamı olabilir.

Buradaki herhangi bir titreşim titreşimi oluşturan her bir sinüzoidin genlik, frekans ve başlama fazı ile tanımlanır. Bir sinüs dalgasındaki genlik, frekans ve başlama fazı parametreleri titreşimin fiziksel tanımını belirler. Psikoakustik, bu parametrelerin insan algısıyla ile olan ilişkisini inceler. Algısal bir temelde bir sinüs dalgasının genliğindeki değişim genellikle gürlük (loudness) ve frekansındaki değişim ise perde *(pitch)* ile ilişkilidir (31).

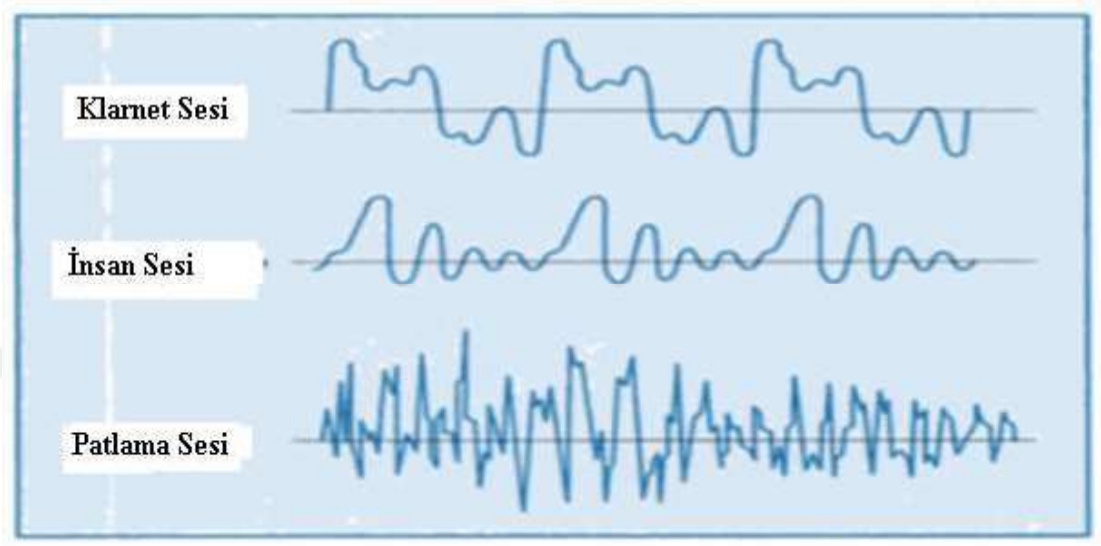


Şekil 2.2. Yer değiştirme ve zaman arasındaki sinüzoidal ilişki.0: başlangıç pozisyonu, pik genliği :+10 (A); periyod (Pr): 1 saniye; frekans: 1Hz. (Yost (31)'dan alınmıştır.)

2.1.3. Kompleks Sesler

Günlük yaşamımızdaki birçok ses basit bir sinüs dalgası olarak değil birçok sinüzoidal sesin toplamı olan kompleks seslerden oluşur. Nesneler titreştiği zaman çok daha kompleks dalga şekillerini meydana getirirler. Kaynakları farklı olan sesler titreştiği zaman oluşan dalga şekilleri de farklı olmaktadır. Farklı enstrümanlar kullanılarak çalınan aynı türden notanın, farklı tınılarda algılanması da bu nedenledir. Sinüzoidal kompleks bir dalga kendini oluşturan daha küçük sinüs dalgalarına bölünebilir. Bunun tam tersi de mümkündür (35). Şekil 2.3'de farklı türlerde üretilmiş kompleks ses dalgalarının yapısı görülmektedir. Zaman bölgesi (*time-domain*) bir dalganın zaman, genlik veya basıncı ile ilişkilidir. Kompleks dalga formu olan bir ses sinüzoidal sesler arayıcılığı ile tanımlanmak istendiği zaman, dalga formu frekans bölgesi (*frequency- domain*) olarak tanımlanır. Bir kompleks sesi oluşturan her bir

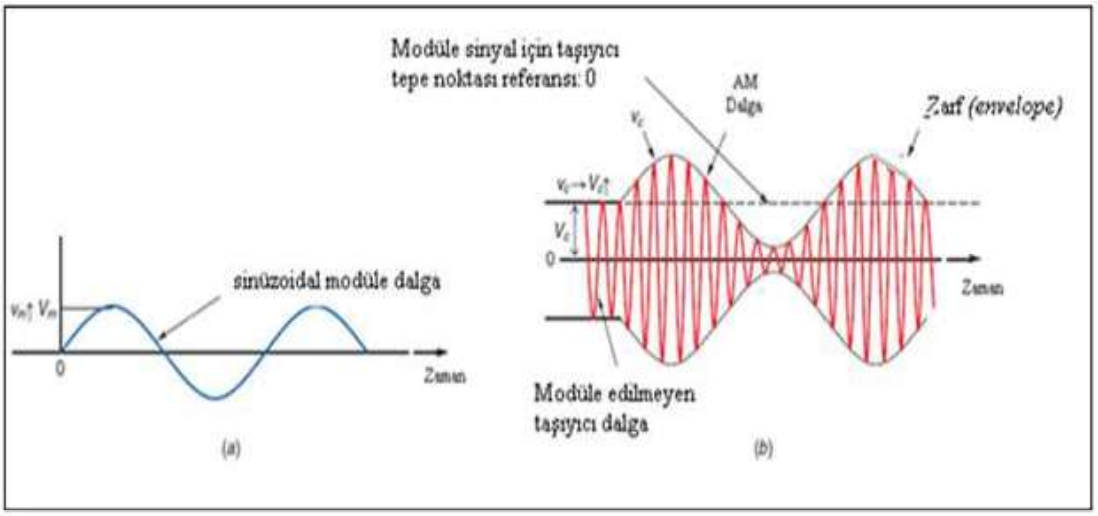
sinüzoidal bileşen onun genliği, frekans ve başlama zamanı ile karakterize edilebilir. Kompleks sesin bir fonksiyonu olarak her bir sinüzoidal bileşenin genlik eğrisi genlik spektrumu olarak adlandırılırken, her bir sinüzoidal bileşenin başlangıç faz eğrisi faz spektrumu olarak adlandırılır (31).



Şekil 2.3. İnsan sesi, müzikal enstrüman ve patlama sesi ile üretilen kompleks ses dalgaları.

2.1.4. Genlik Modulasyonu

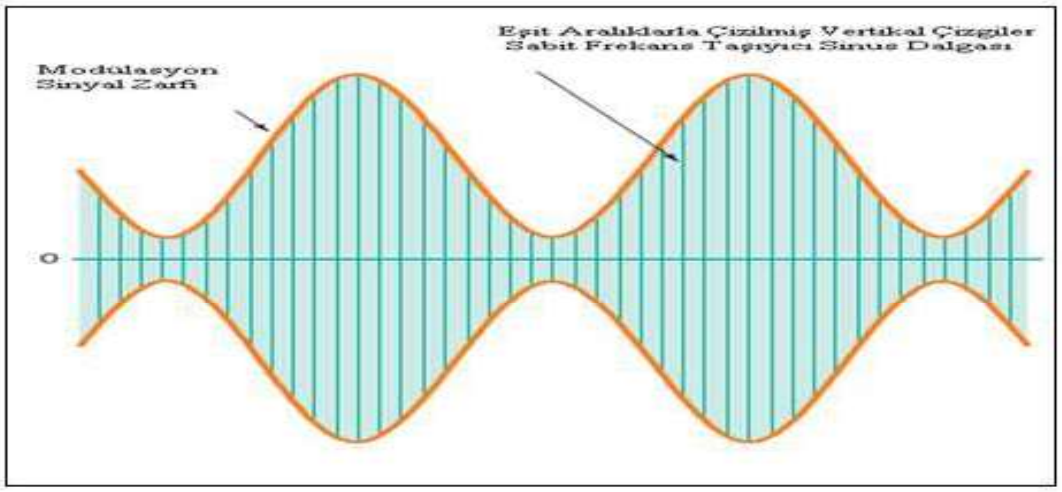
Modülasyon genel olarak, uyarının şiddetine göre bir taşıyıcı dalganın genlik, frekans ve faz gibi karakteristik özelliklerini değiştirme işlemidir (36, 37). Taşıyıcı, bir osilatör tarafından oluşturulan bilgi sinyalinin modüle edilmeden önceki ilk halinin (baseband modulation) modülatör olarak adlandırılan bir devre içerisinde işlemlenmesi sonucu elde edilen sinüs dalgasıdır. Bilgi sinyalinin modüle edilmeden önceki ilk halini (baseband modulation) sinyalin genliği, frekansı ve faz açısı ile değiştirerek, farklı taşıyıcı sinüs dalgalarını elde edilebilir. Bunların içinde en yaygın kullanılan modülasyon yöntemleri genlik modülasyonu (GM) ve frekans modülasyonu (FM)'dur. Modüle edilecek sinyalin genliği değiştirilerek, genlik modülasyonlu sinüs dalgası elde edilebilir. Taşıyıcı genliğinin anlık değeri ise, modüle edilen sinyalin genlik ve frekans değişimi aracılığı ile değişir (37). Şekil 2.1' de yüksek frekans taşıyıcısı olan tek bir sinüs dalgasının sinyal modülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Genlik Modülasyonu. a: bilgi veya modülasyon sinyali, b: taşıyıcı Frekans. (Frenzel (37)'den alınmıştır.)

Genlik modülasyonunda, taşıyıcı frekans modülasyon süreci boyunca sabit kalır, fakat onun genliği modüle edilen sinyale göre değişim gösterir (36, 37). Modülasyon sinyalinin genliğindeki artış/ düşüş hem negatif hem de pozitif taşıyıcı genliğinin tepe noktasında artış/düşüşe neden olur. Taşıyıcı dalga formunun negatif ve pozitif tepe noktasına bağlı olan sanal çizgi (Şekil 2.1'de gösterilen kesikli çizgi) modüle edilen bilgi sinyalinin modüle edilmeden önceki genlik değerini göstermektedir (37). Genlik modülasyonunda dikkat edilmesi gereken noktalar; taşıyıcı dalganın genliğinin sinyalin şiddetine göre değişmesi, taşıyıcı dalganın genliğinin değişiminin modüle edecek olan sinyalin frekansına bağlı olması ve genliğe modüle edilen sinyalin frekansının taşıyıcı dalganın frekansı ile aynı kalmasıdır (36)

Şekil 2.1'de gösterilen kompleks sesleri çizmek ve anlamak oldukça zordur. Bunlar genellikle taşıyıcı olarak yüksek frekans dalgalar kullanıldığı zaman, genlikleri modüle edilen sinyale göre değişen eşit aralıklı vertikal çizgiler çizerek basitleştirilirler (Şekil 2.2) ve bir zarf (envolope) olarak gösterilir. Zarf (envolope) taşıyıcı dalga formu üzerindeki hayali çizgi olarak bilinir (37).



Şekil 2.2. Yüksek frekans GM sinüs dalgasını gösteren basitleştirilmiş bir metod. (Frenzel (37)'den alınmıştır.)

Şekil 2.1 ve 2.2 deki sinyallerin zamana göre taşıyıcı genliklerinde değişim görülmektedir. Bu gösterim time-domain olarak bilinir. Zamana karşı elde edilen zaman bölgesi (time-domain) sinyalinin akım ve voltaj değişimleri bir osiloskop aracılığı ile görülebilirler. Trigonometrik bir fonksiyon kullanarak taşıyıcı bir sinüs dalgası;

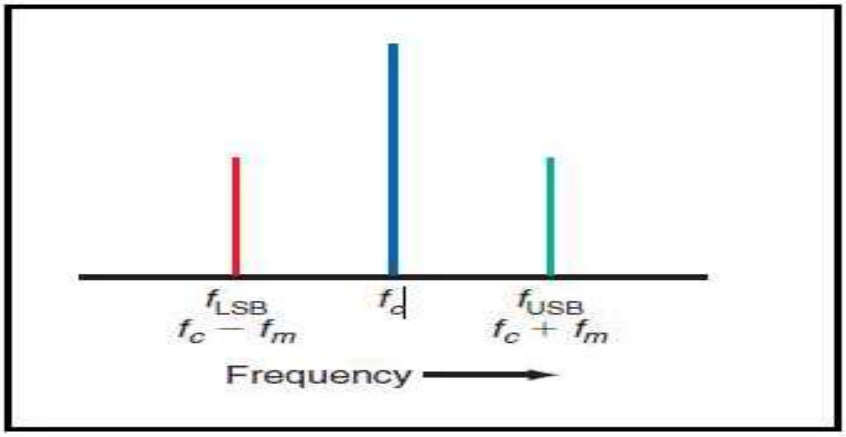
Eşitlik 2.1. $v_c = V_c . \sin 2\pi f_c t$

olarak ifade edilebilir. Eşitlik 2.1.' deki v_c bir devir içinde belli bir zamandaki taşıyıcı sinüs dalgasının genliğindeki anlık değeri göstermektedir. Vc sıfır ve maksimum genliğin (ya pozitif ya da negatif değişimin) arasında ölçülen sabit modüle edilmeyen taşıyıcı sinüs dalgasının tepe noktası değerini göstermektedir. Fc taşıyıcı sinüs dalgasının frekansını, t ise taşıyıcı devir sırasında zaman içerisindeki küçük bir bölümü gösterir. Modüle edilen sinüs dalgası da benzer bir formülle ifade edilebilir.

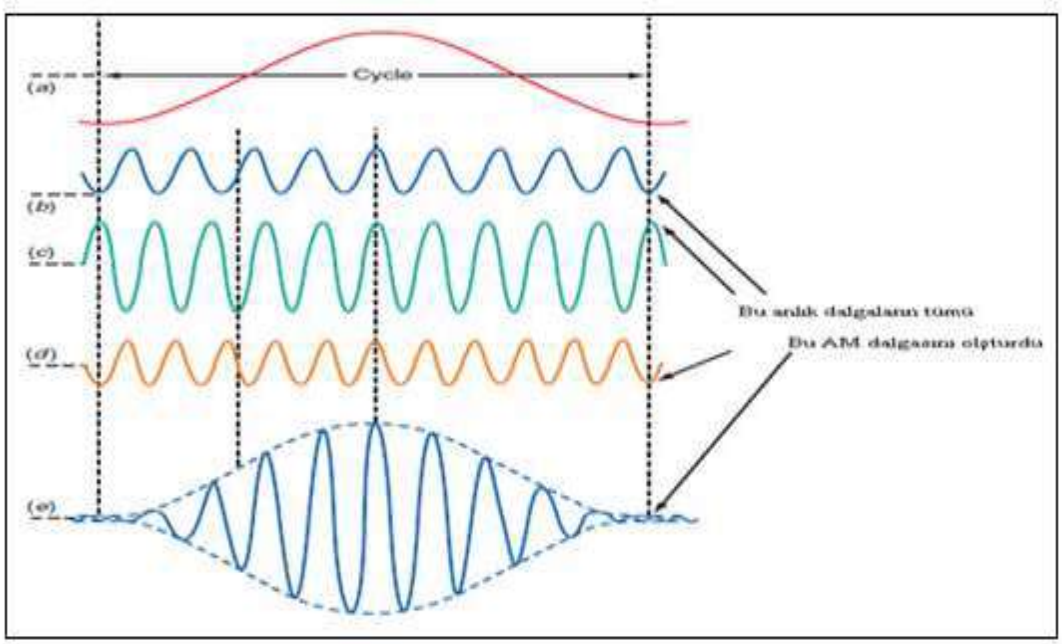
Eşitlik 2.2. $v_m = V_m . \sin 2\pi f_m t$

Eşitlik 2.2.' deki v_m bilgi sinyalinin anlık değerini, Vm bilgi sinyalinin genlik miktarını, fm ise modüle sinyalin frekansını gösterir. Şekil 2.1'de gösterilen modüle edilmiş sinyalde referans noktası olarak sıfır değerinden daha çok taşıyıcı dalganın tepe noktası kullanılır. Modüle edilmiş sinyal zarfının tepe noktası taşıyıcı genliğin altında ve üstünde değişir. Bu nedenle taşıyıcı sinyalin ve modüle edilen sinyali genliği önemlidir. Genelde modüle edilmiş sinyalin genliğinin taşıyıcı sinyalin genliğinden

daha düşük olması gerektiği belirtilmiştir. Modülasyon sinyalinin genliği taşıyıcının genliğinden daha yüksek olduğu zaman, doğru bilgi iletilmemesi sebebiyle modülasyon bozulacaktır. Genlik modülasyonunda en önemli nokta, modüle edilen sinyalin tepe değeri taşıyıcı sinyalin değerinden daha düşük olmasıdır. Bozulmamış bir genlik modülasyonu elde etmek için modüle edilen sinyal, taşıyıcı sinyalin değerinden Vc miktarı kadar daha küçük olmalıdır. Bu ilişki modülasyon indeksi (mi) olarak adlandırılır ve mi= Vm/Vc oranı ile ifade edilir. Bu sinyalin tepe noktası değeridir. Taşıyıcı sinyal modüle edilmeyen bir değerdir. Modülasyon indeksinin yüz ile ifade edilmesi modülasyon yüzdesini verir. Örnek olarak eğer taşıyıcı sinyal 9V ve modülasyon sinyal değeri 7.5 V ise modülasyon faktörü 0.8333 ve modülasyon yüzdesi 0.8333*100 = %83.33 olur. Modülasyon indeksi 0 ile 1 arasında bir değerdir. Eğer birden büyük bir değer alırsa modüle edilen dalga biçiminin bozulması anlamına gelmektedir (37). Taşıyıcı frekans bir bilgi sinyali ile modüle edilirse, farklı frekanslarda yeni sinyal elde edilmiş olur. Bu taşıyıcı frekansın altında veya üstündeki frekans spektrumunda elde edilen sideband olarak adlandırılan yeni bir frekansı oluşturur. Sideband, taşıyıcı ve modülasyon frekansının farkı ve toplamından elde edilir. Basit bir modüle edilmiş sinüs dalgası kullanılacağı zaman, modülasyon süreci 2 adet sideband ’ten oluşur. Eğer modülasyon sinyali kompleks bir dalga ise taşıyıcı frekansa bağlı olarak bir çok sideband oluşur. Üst sideband f(usb) , alt sideband f(lsb) ile gösterilir. Alt ve üst sideband ‘ler f(usb) =fc - fm ve flsb = fc - f m eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte fc taşıyıcı frekansı, fm modülasyon frekansını gösterir. Şekil 2.3 ‘te genlik modülasyon sinyalinin frekans bölgesi (frequency-domain) gösterilmiştir. Frekans düzlemi frekans ve genlik arasındaki ilişkiyi gösterir gösterir. Şekil 2. 4 ’te ise alt *sideband*, üst *sideband*, taşıyıcı frekansları ve toplamlarını göstermektedir (37).



Şekil 2.3. Genlik modülasyonlu sinyalin frequency-domain gösterimi (Frenzel (37)'den alınmıştır.).

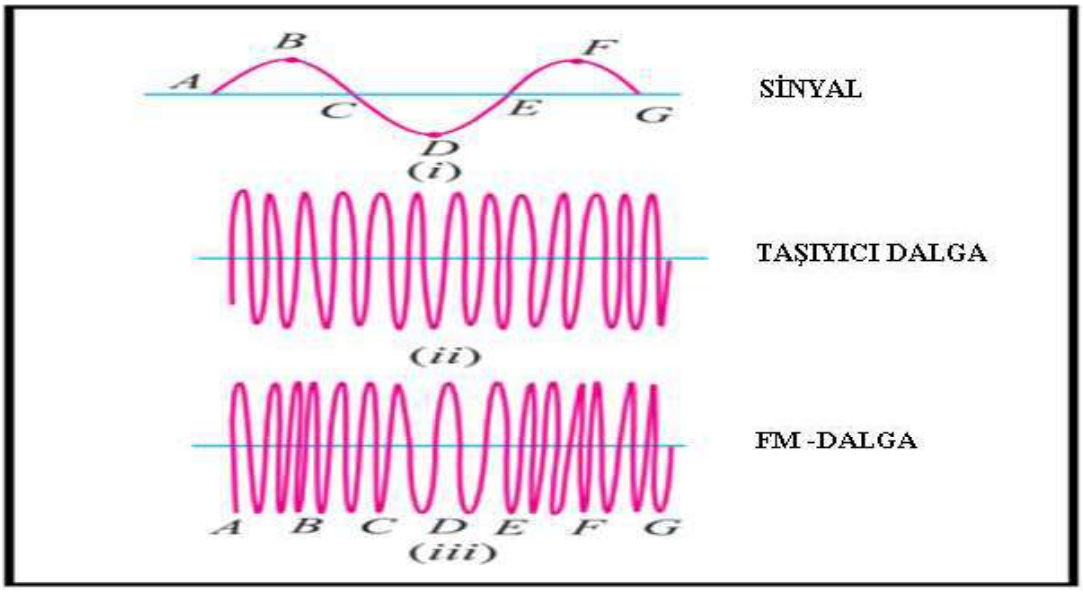


Şekil 2.4. Taşıyıcı frekans, alt ve üst side band sinüs dalgasını gösteren GM dalga. a: Modülasyon sinyali, b: alt side band, c: Taşıyıcı frekans, d: Üst side band, e: Toplam GM dalga(Frenzel (37)'den alınmıştır.)

En az iki adet farklı frekans kullanılarak bir GM ses dalgası oluşturmak istenirse, böyle bir dalga formunun genliği sinüzoidal bir yapıda değişen basit bir tonu gösteriyorsa bu dalga formu darbeli bir uyarı olarak adlandırılır. Eğer eklenen 2 tonun frekansı f1 ve f2 olursa darbeli gibi görülen sinüzoit dalganın frekansı f1+f2/2 'ye eşit olur ve gürlük değişimi f2-f1 oranı ile hesaplanır. Genlik modülasyonu olan uyarının şeklide darbeli dalga formu şekline benzerlik gösterir (31).

2.1.5. Frekans Modülasyonu

Taşıyıcı sinyalin frekansı modüle edilen sinyalin şiddetine göre değiştiği zaman frekans modülasyonu olarak adlandırılan yeni bir dalga elde edilir (36). Frekans modülasyonunda (FM), taşıyıcı genlik sabit kalır ve taşıyıcı frekans, modülasyon sinyaline göre değişme gösterir (36, 37). Modüle edilen taşıyıcı dalganın genliği aynı kalırken taşıyıcı dalganın frekans değişimi Şekil 2.5'de gösterildiği gibi sinyalin anlık genliğine bağlı olarak gerçekleşir. Şekil 2.8 'de gösterildiği gibi, sinyal voltajı A,C,E ve G noktalarında sıfır olduğu zaman, taşıyıcı frekans değişmez. Sinyal B ve F noktalarındaki gibi pozitif tepe noktasına yaklaştığı zaman, taşıyıcı frekans birbirlerine çok yakın olan dalgalarla gösterildiği gibi maksimum noktasına doğru artış gösterir. Fakat sinyal D'deki gibi negatif tepe noktasında olduğu zamanda, taşıyıcı frekans şekilde gösterilen geniş boşluklu dalgalardaki gibi genişlemeye başlar (36).

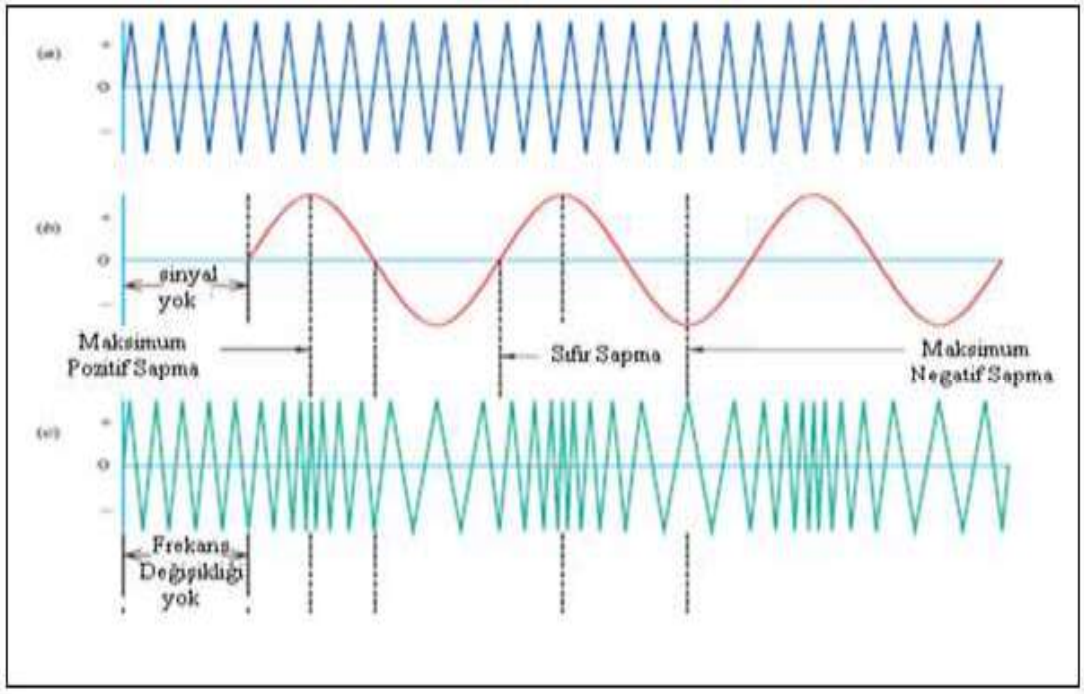


Şekil 2.5. Frekans Modülasyonu.

Modüle sinyalin genliği arttığı veya azaldığı zaman, taşıyıcı frekansta doğru orantılı ya da ters orantılı olarak değişebilir. Modüle edilen sinyalin genliği arttığı zaman taşıyıcı frekansın genliği artar. Modülasyon sinyalinin genliği azaldığı zaman, taşıyıcı frekansın genliği azalır. Modüle edilen sinyalin genliği değiştiği zaman, taşıyıcı frekansta da normal merkez frekansının altında ve üstünde değişim görülür. Modülasyonun sinyal tarafından oluşturulan taşıyıcı frekanstaki değişim miktarı, frekans sapma (*deviasyon*) olarak bilinir ve *fd* ile gösterilir (Şekil 2.6). Maksimum

frekans sapma, modülasyon frekansının maksimum genliğinde elde edilir. Modüle edilen sinyalin frekansı, saniyede kaç kez taşıyıcı frekansın altında ve üstünde sapma göstermesi ile belirlenir. Eğer modülasyon sinyali 500 Hz sinüs dalgası ise, taşıyıcı frekans her saniyede 500 kez merkez frekansının altında ve üstünde değişiklik gösterir. Şekil 2.6 (a)'da normal taşıyıcı bir sinüs dalgası gösterilmiştir. Dalga gösterimini basitleştirmek için üçgen bir dalga olarak gösterilmiştir. Şekil 2.6 (b)'da modüle edilen bilgi sinyali, alçak frekans bir sinüs dalgasıdır. Sinüs dalgası pozitif olduğu zaman, taşıyıcı frekansta orantılı olarak artar. En yüksek frekans, modüle edilen sinyalin tepe noktasından elde edilir. Modüle edilen sinyalin genliği azaldığı zaman, taşıyıcı frekansta azalır. Modüle edilen sinyal sıfır genlikte olduğu zaman, taşıyıcıda onun taşıyıcı frekans noktasında olur. Modülasyon frekansı negatif olduğu zaman, taşıyıcı frekansta azalır ve modüle edilen sinüs dalgasının negatif yönde yarım devrine denk gelen tepe noktasına ulaşıncaya kadar azalmaya devam eder. Bu fenomen Şekil 2.6 (c)' da gösterilmiştir (37).

Frekans modülasyonunda dikkat edilmesi gereken noktalar; frekans modülasyonun frekans sapmasının modüle edilen sinyalin genliğine bağlı olması, merkez frekansın modüle edilmediği zaman ilk frekansa eşit olması ve modüle edilen sinyalin frekansının frekans sapmayı belirlememesidir (36).

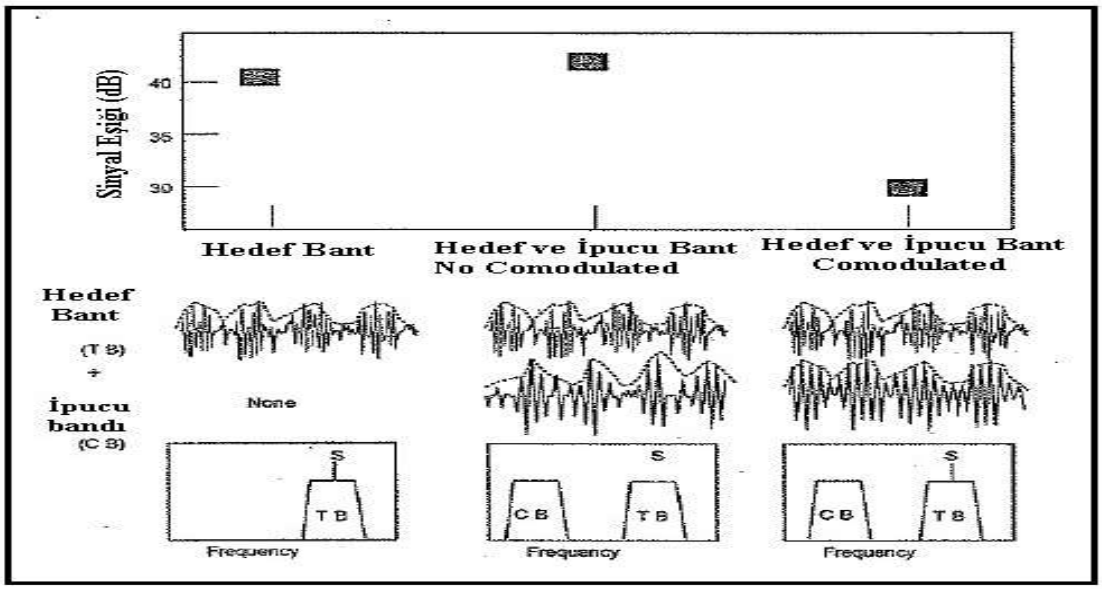


Şekil 2.6. Frekans Modülasyon gösterimi. Taşıyıcı frekans üçgen olarak çizilen bir sinüs dalgası a: Taşıyıcı Frekans b: Modülasyon sinyali c: FM sinyali. (Frenzel (37)'den alınmıştır.)

2.1.6. Temporal Modülasyon

Dünya üzerindeki birçok ses, genliğe modüle edilmiş sesler gibi dalgalanma gösteren zamansal değişimlere sahip kompleks seslerdir (31, 38). Böyle kompleks sesleri oluşturan spektral bileşenlerin tümü, zaman içerisinde düşük modülasyonlu ya frekansa yada genliğe sahip olacaktır (31). Bu nedenle, işitme sistemi ses kaynağını belirlemeye yardım etmesi için, ses kaynağının spektral bileşenlerini bir arada gruplandırarak modüle edilen aynı *temporal pattern* 'in spektral bileşeni ile birleştirebilir. Farklı spektrum bölgelerindeki spektral bileşenleri içeren ve zamansal genlik modülasyonunu paylaşan uyarı bazı değişik işitme fenomenlerinin üretir. Maskeleme durumunda, dar bant gürültü (hedef bant olarak adlandırılır) gürültü merkezli tonal bir sinyali maskelemek için kullanılır. Böyle bir gürültü sinyalin eşiğini yükseltecek ve sinyali maskeleyecektir. Eğer hedef bant yerine aynı bant genişliğinde başka bir gürültü bandı (ipucu bandı olarak adlandırılır) hedef bant ile farklı bir frekans bölgesinde verilirse, ipucu gürültü bandı hedef gürültü bandının frekansına eşit olana kadar verilen maskeyi fark edemeyiz. İpucu bandı hedef banttan daha uzak bir spektral bölgeye yerleştirildiği zaman bile hedef bant tarafından oluşturulan maskeleme miktarı

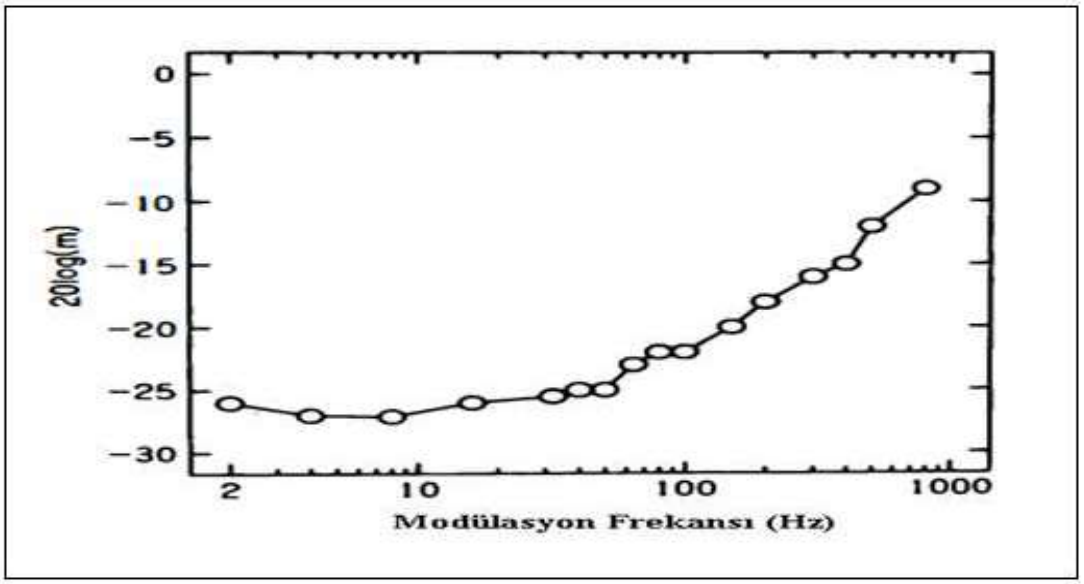
ipucu bandına bağlı olabilir. Aynı genlik modülasyonlu zarfa veya farklı genlik modülasyonlu zarfa sahip farklı frekans bölgelerinde iki dar bant gürültü bantı oluşturulabilir. Eğer hedef ve ipucu bandı farklı zarflara sahipse, ipucu bandı hedef bant tarafından sağlanan sinyalin maskeleme miktarını değiştirmez. Fakat, ipucu ve hedef bat aynı zarfa sahipse sinyalin maskeleme eşiği 10 ile 12 dB düşüş gösterir. Yani sinyali, hedef ve ipucu bandı aynı şekilde modüle edildiği zaman farklı bir şekilde modüle edildiği zamana göre 10 ile 12 dB fark etmek daha kolaydır. Modüle edilen ipucu bandının neden olduğu maskeleme *comodulation masking release* (CMR)olarak adlandırılır. Şekil 2.10' da temel uyarı parametresi ve CMR deneyinin sonucu gösterilmiştir. CMR, işitme sistemimizin bazı kompleks sesleri işlemlemeye yardım etmesi için geniş bir spektrum bölgesinden sesleri kullanabilmemize izin verir (31).



Şekil 2.7. Temel *comodulated masking release* (CMR) görevi ve sonuçları. Alt kısımda, dar bant maske için (hedef ve ip ucu bandı) time-domain dalga formu ve mask eve sinyal için genlik spektrumu şematik bir biçime gösterilmiştir. Her bir time-domain dalga formunun üzerindeki kesikli çizgiler dar bant gürültünün genlik zarfını göstermektedir. Dinleyiciden hedef bant'a eklenen sinyali fark etmesi istenir. Yalnızca hedef bant olduğu durumda sinyali fark etmek zordur. Bir ipucu bantı farklı frekans bölgelerine yerleştirilen hedef banta eklenirse, yalnızca hedef bant durumunda eşikte çok az bir değişim olur. Fakat, hedef ve ip ucu bandı aynı modülasyon zarfına eklenirse eşik yaklaşık 12 dB azalır (Hall ve ark. (39)'ndan alınmıştır.)

2.1.7. Temporal Modülasyon Transfer Fonksiyon

İşitme sistemi diğer sensör sistemlerle karşılaştırıldığı zaman en fazla zamansal çözünürlük gösteren bir sistemdir (40). Bu nedenle akustik bir uyarının zamansal zarfının karakteristikleri sesi tanımlamada önemli bir rol oynar (41). Zamansal zarf hassasiyeti, modülasyon frekansının bir fonksiyonu olarak sinüzoidal genlik modülasyonunu(SAM) fark edebilmede dinleyicinin yeteneğini gösteren *temporal modülasyon transfer fonksiyon (TMTF)* parametresi ölçülerek değerlendirilir. (38, 40, 42). SAM sinyal frekans sepektrumu, taşıyıcı frekans ve 2 *sideband* bileşenlerinden oluşan bir testtir. SAM sinyalinin anlık genliği ses basınç seviyesi ile ifade edilebilir. *Side band'* in algısal büyüklüğünde SAM sinyalinin ortalama gücü modülasyon derinliği ile artar. (43). SAM sinyalini fark etme testi, spektral ve zamansal ipuçları değiştirilerek elde edilir (44). TMTF modülasyon frekansının bir fonksiyonu olarak, bir SAM taşıyıcıyı fark etmesi için gereken modülasyon derinliği ölçülerek elde edilir. En basit hali ile, bir beyaz gürültü sinüzoidal olarak genliğe modüle edilir ve modülasyonun fark etme eşiği modülasyon oranının bir fonksiyonu olarak belirlenirse, modülasyon oranı ile ilgili eşik fonksiyonu TMTF olarak bilinir ve beyaz gürültünün modülasyonu uzun dönem magnitude spektrumunda değişiklik göstermez (Şekil 2.11) (32). TMFT spektral ipuçları kullanımını engellemek için genellikle geniş bant gürültülü taşıyıcılar ile ölçülür. Düşük modülasyon oranları için, performans *temporal resolution*'dan daha ziyade kulağın *amplitude resolution*' ı ile sınırlıdır. Yapılan çalışmalarda elde edilen eşiğin, 16 Hz 'e kadar modülasyon oranından bağımsız olduğu gösterilmiştir. Oran 16 Hz in üstüne çıktığı zaman, *temporal resolution* bir etkiye sahip olmaya başlar, eşik artar ve 1000 Hz in üzerindeki oranlar için modülasyon fark edilemez. Sonuç olarak genlik modülasyonunun hassasiyeti modülasyon oranı arttığı zaman azalır. TMFT formu orta ve yüksek ses seviyelerinde çok değişiklik göstermez, ancak düşük ses seviyelerinde modülasyonu fark etme becerisi daha da kötüleşir (32). Eşik değeri sıklıkla "*20 log m"* ile belirtilen logaritmik bir formül kullanılarak desibel biriminde ifade edilir.



Şekil 2.8. Temporal modulation Transfer Function (TMFT). Geniş bant bir beyaz gürültü sinüzoidal olarak genliğe module edilmiştir ve fark etmek için gereken eşik miktarı modülasyon oranının bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. Modülasyon miktarı 20 log (m) olarak ifade edilir, m ise modülasyon indeksini gösterir. (Bacon ve ark. (45)'ndan alınmıştır.)

O dB 'in anlamı %100 modulasyon (m=1) demektir. Sinüzoidal amplitude modülasyon (SAM) hassasiyeti yaklaşık olarak 50-60 Hz'e kadar modülasyon frekansından bağımsızdır. Yüksek modülasyon frekanslarında ise ilerleyerek azalır (31, 41, 45). SAM testi için değişik gürültü çeşitleri kullanılabildiği gibi farklı modüle edilebilen seslerde kullanılabilmektedir.

2.2. Gürlük *(Loudness)* ve Fiziksel Şiddet

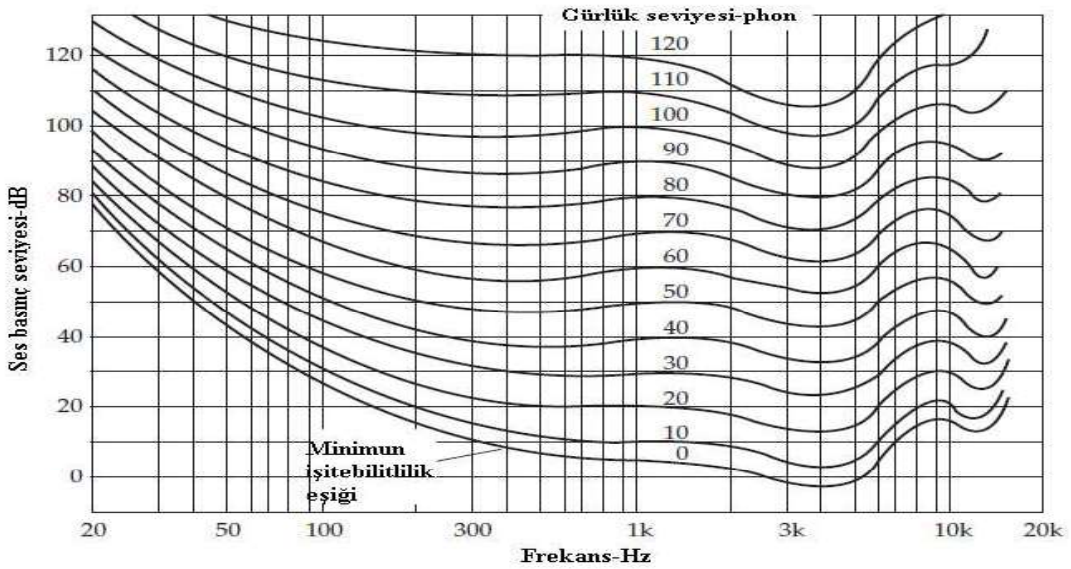
Bir sesin şiddeti, onun gücü ve basıncı ile ifade edilen fiziksel büyüklüğünü yansıtır (46). Gürlük ise, şiddet hassasiyetine bağlı algısal bir büyüklüktür. Uyarının hassasiyet ilişkisi sadece şiddet değişimlerinden değil, aynı zamanda *magnitude* değerlendirmesi gibi diğer ölçümlerin sonucu olarak da ortaya çıkartılabilir. Ek olarak gürlük için gürlük seviyesi de önemlidir. Bu seviye sadece hassasiyet değil, aynı zamanda hassasiyet ve fiziksel şiddet arasındaki değeri de ifade eder (46, 47). Herhangi bir sensör sistemin en temel fonksiyonlarından birisi, dışarıdan gelen bir uyarının fiziksel özelliklerini iletmektir. Gürlük, işitsel duyumda, sesin psikolojik olarak bireyde bıraktığı algısal etkiye dönüştürülmesi ve sesin ne kadar gür veya yumuşak olduğudur. Tını, sesin frekansının; gürlük, sesin şiddetinin; *timber* ise sesin

farklı frekanslardaki şiddet ve spektrumunun psikolojik olarak bireyde bıraktığı algısal etkidir (27). Gürlük ve şiddet birbirleriyle aynı olmayan oldukça sezgisel bir durumdur. Şiddet artışı artan gürlük algısıyla ilişkili olmasına rağmen, ikisi arasında basit birebir uyumluluk bulunmamaktadır. Çünkü gürlük şiddetten farklı faktörler tarafından etkilenme gösterebilir.

Örneğin, bir hoparlörün volüm kontrolü değiştirilmese bile *"bass"* ve *"treble"* kontrolü ayarlandığı zaman gürlük değişimi olabileceği belirtilmiştir: "*Bass*" alçak frekanslara vurgu yaparken, "treble" yüksek frekanslara vurgu yapar (46). Kısa bir akustik uyaranın şiddet ve gürlük arasındaki ilişki Stevens formülü ile ifade edilebilir. (48).

(Stevens formülü) $L = k.I^{\alpha}$

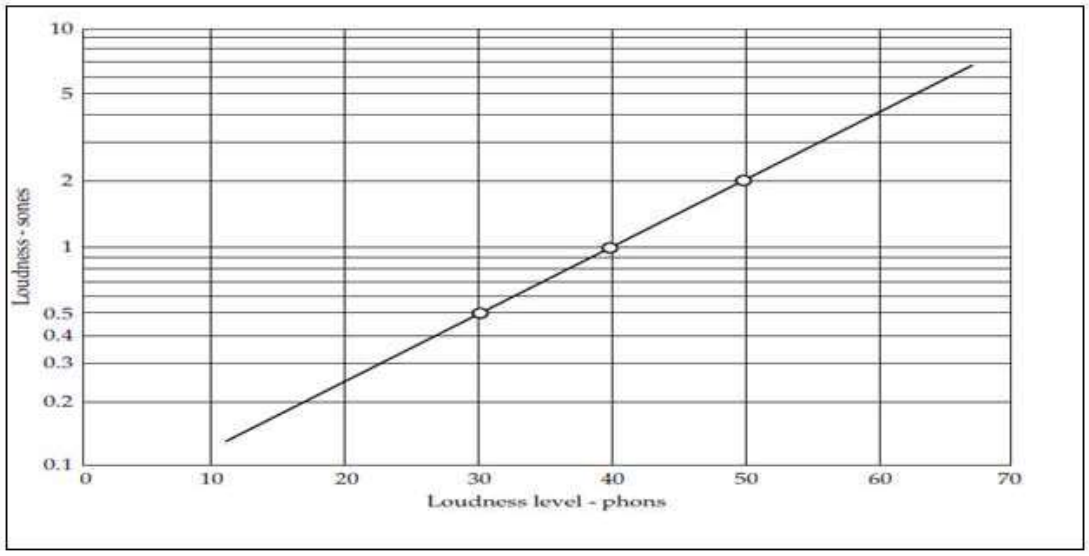
Bu eşitlikteki L gürlük, k bir normalizasyon sabiti, I şiddet ve α ise uyarıya bağlı bir parametreyi gösterir. Bu eşitlik sensor sisteme karşı algısal büyüklük ve fiziksel şiddet arasındaki ilişkiyi çok iyi vermektedir (27). Gürlük seviyesini belirlemek için başka bir alternatif ölçüm yöntemi ise, sesin ne kadar yüksek olduğunu değil, aynı şekilde 1000 Hz' lik bir sesin eşit derecede yüksek ses seviyesine sahip olması gerektiğini ifade eden ses seviyesidir. Verilen bir sesin gürlük seviyesini belirlemek için, denekten test sesiyle aynı gürlük seviyesine sahip olana kadar 1000 Hz'lik bir sesin seviyesini ayarlaması istenir. 1000 Hz ses ve test edilen ses katılımcıya sırasıyla sunulur. Eşit gürlük seviyesine ulaşılan 1000 Hz' lik sesin seviyesi test edilen sesin gürlük seviyesidir ve "phon" ile ölçülür. Gürlük seviyesi herhangi bir ses seviyesi için ölçülebilir, fakat farklı frekanslarda saf sesin gürlük seviyesi diğer seslerin gürlük seviyesinden çok daha iyi belirlenebilirler (47). Frekansa karşı gürlük seviyesini belirlemek için ile çalışma Robinson ve Dadson tarafından uluslararası standartlara uygun olarak yapılmıştır. Onlara göre, her bir *equal-loudness contours* 1 kHz referans frekansındaki değerine göre tanımlanır. Odyogramda, işitme eşiklerine denk gelen eşit gürlüğün bağlantı noktasındaki çizgi *equal-loudness contours* olarak adlandırılır (49). Şekil 2.19'da saf ses için *equal-loudness contours* gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Serbest alanında saf ses için *equal-loudness contours.* Bu eğriler özellikle düşük ses seviyesinde "bass" tonlara kulağın hassasiyet zayıflığını gösterir. Buradaki ters kavisler gürlük seviyesi aracılığıyla kulağın frekans cevabını gösterir. (Robinson ve ark. (49)'nden alınmıştır).

1 kHz 'de 40 dB ses basınç seviyesinde *equal-loudness contours* 40 *phon countur* olarak adlandırılır. 1 kHz 'de 100 dB de verilen ses ise 100 *phon countur* olarak belirtilir. Her bir *countur* çizgisi, ses basınç seviyesinin 1 kHz 40 phon gürlük seviyesi referans olduğu zaman, gürlüğe eşit olan sesin farklı frekanslarda nasıl değiştiğini göstermektedir. Gürlük subjektif bir terim ve ses basınç seviyesi ise fiziksel bir terimdir; ancak gürlük seviyesi aynı zamanda bir sesin gürlüğünü değerlendirmede (*sone* biriminde) kullanılan fiziksel bir terimdir. Birçok ses tipi için, yüzlerce birey tarafından yapılan çalışmalarda, ses basınç seviyesindeki 10 dB lik bir artışın, gürlük seviyelerinde iki kat daha fazla artışa neden olduğu; 10 dB lik bir azalışın ise gürlük seviyesinin yarısı kadar bir azalma meydana getirdiği belirtilmiştir. *Sone* gürlüğün subjektif bir birimidir. Bir *sone,* 40 *phon* gürlük seviyesinde 1 kHz' lik bir sesin dinleyici tarafından algılanan gürlüğü olarak tanımlanır. 2 sone ses yüksekliği *phon* değerinden 10 dB daha yüksek iken, 0.5 *sone* ses yüksekliği *phon* değerinden10 dB daha düşüktür. Seslerin daha yüksek ve daha düşük gürlük seviyelerini belirlemek için bu üç nokta (0.5, 1 ve 2 *sone*) boyunca düz bir çizgi çizilebilir. Bu grafik sadece 1 kHz ton için geçerlidir (31, 50). Şekil 2.10'da *sone* ve *phon* arasındaki ilişki, ses basınç seviyesinin dönüşümü olarak gösterilmiştir. Grafikteki birinci nokta *sone*'nun tanımını gösterir. Bu nokta 40 dB ses basınç seviyesinde 1 kHz' lik sesi bir insanın işitmesiyle

elde edilen gürlük değeridir. 2 sone' nin gürlüğü 10 dB daha yüksek; 0,5 sone' un gürlüğü ise 10 dB daha düşüktür.



Şekil 2.10. 1 kHz' lik ses için, phon' daki fiziksel gürlük ve sone'daki subjektif gürlük arasındaki grafiksel ilişki. (Everest (50)'dan alınmıştır.)

Gürlük-şiddet değişiminin bozulması, günlük yaşamımızda işitme sistemimizde de zayıflamaya yol açabilir. Koklear işitme kayıplı bireylerde gürlük değişiminin normallere göre daha fazla etkilendiği yapılan çalışmada gösterilmiştir (23). Koklear işitme kayıplarında eşik yükselmesine rağmen, tolere edilen gürlük seviyesinin aynı kaldığı belirtilmiştir. Bu durum *loudness recruitment* olarak bilinir. (27, 51). Yapılan çalışmada, *loudness recreutment*' in oluşumundan hem koklear hem de sentral yapıların sorumlu olabileceği düşünülmektedir (52). Şiddetin gürlük değişiminin fiziksel mekanizması kesin olarak belirli değildir ve araştırmalar devam etmektedir.

2.3. Gürlük Skalası

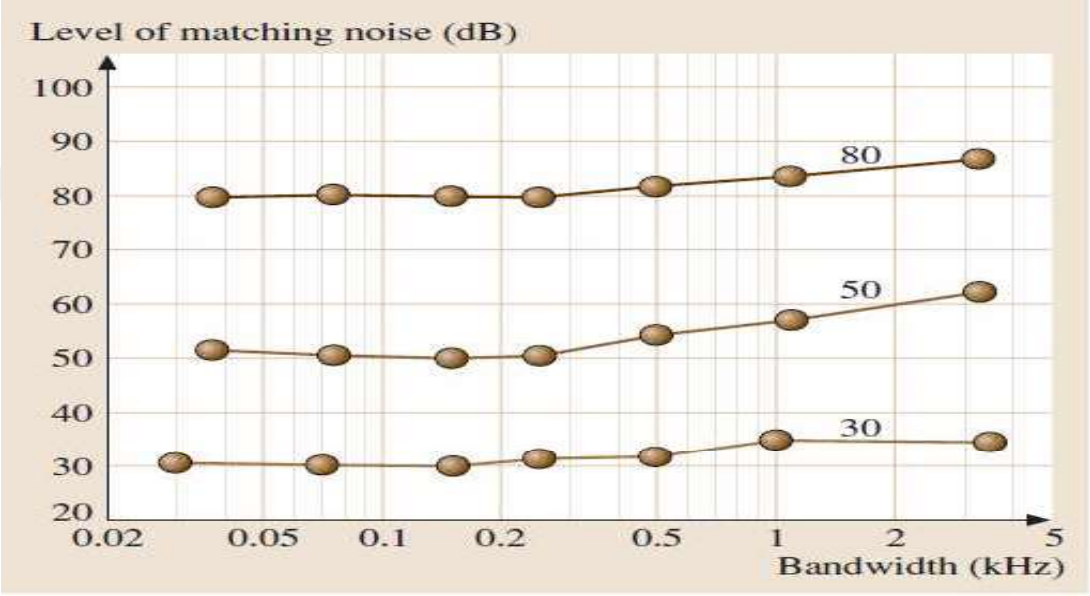
Gürlük skalaları, gürlük algısının ses seviyesi ile nasıl ilişkili olduğunu gösterir. Yapılan çalışmalarda, sadece bir sesin gürlüğü değil, aynı zamanda bir sesin başka bir sesten ne kadar gür/yumuşak olduğu da araştırılmaktadır. Bu nedenle gürlük ve ses seviyesi arasındaki ilişki oransal skala yöntemi ile daha net değerlendirilebilir (46). Subjektif gürlük değerlendirmesinde sesin fiziksel büyüklüğünü sesin gürlüğünü ifade eden skalalar ile elde edebiliriz. Bu teknik ilk olarak Steven (1955) tarafından

geliştirilmiş ve daha sonra araştırmacılar gürlüğün büyüklüğünü belirlemek için bu yöntemi uyarlamışlardır (53). Gürlük skalasını elde etmek için iki yaygın yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri büyüklük değerlendirmesidir. Büyüklük değerlendirmesinde, değişik seviyede uyarılar verilerek, bireylere sesin algısal gürlüğüne göre herhangi bir sayıyı işaretlemesi söylenir. Bazen referans bir ses verilir ve bireyden o standart uyaran ile ilişkili her bir test uyaranın gürlüğünü değerlendirmesi istenir. Diğer yöntem ise *magnitude production* olarak adlandırılır. Bireylerden eşit bir gürlüğe sahip olana kadar test sesinin seviyesini başka bir uyaran ile ayarlaması istenir. Stevens algısal gürlüğü 'L' fiziksel şiddetin bir güç fonksiyonu olarak göstermiştir. L =k.I^{α} olarak verilen eşitlikte; k ve α bireye bağlı bir sabittir. Diğer yandan verilen sesin gürlüğü onun şiddetinin 0.3 gücüne olan oranıdır (46, 54). Bir sesin gürlüğü altındaki fiziksel bağlantı genellikle ses basınç seviyesi (dB SPL) ile ifade edilen şiddettir. Ses basınç seviyesi ya deneysel durumda tanımlanan sıfır seviyesi ile ilişkili ya da 2x 10^-5 referans ses basıncı ile ilişkili olarak ifade edilebilir. Gürlüğün subjektif değerlendirmesi, ses basınç seviyesinin fiziksel ölçümünden çok daha fazla karmaşıktır. Son zamanlarda birkaç gürlük skala yöntemi önerilmiş, ancak bu yöntemlerin uygulanmasının zor olacağı belirtilmiştir (54).

2.4. Gürlük ve Bant Genişliği

Gürlük diğer özelliklerinin yanı sıra kritik bant genişliği ile de ilişkilidir. Kritik bantlar, insan kulağının farklı frekans tonlarını ayırt etme becerisini ölçmek için kullanılır (46). Bant genişliği "W" olan sabit şiddetli bir kompleks ses düşünelim. Eğer burada "W" belirli bir bant genişliğinden daha düşükse, gürlük için bu değer kritik bant genişliği olarak adlandırılır. Bir sesin gürlüğü bant genişliğinden bağımsızdır. Bu durumda, ses bandının merkez frekansındaki eşit şiddetli bir dar bant veya saf sesten yaklaşık olarak daha gür olur. Ancak, "W" gürlüğün kritik bant genişliğinin üstünde çıkarsa, kompleks sesin gürlüğü artmaya başlayacaktır. Şekil 14'de gürültü bant örneği gösterilmiştir. Şekildeki verilerden gürlük seviyesinin kritik bant genişliğini kesin olarak belirlemek zor olmasına rağmen, 1420 Hz merkez frekansı için kritik bant genişliği yaklaşık 250–300 Hz olarak bulunmuştur. Gürlük seviyesinin kritik bant genişliği işitme filtrelerin *Equivalent Rectangular Bandwight (ERBN)' e* benzerlik göstermektedir. Verilen bir enerji miktarı için, kompleks bir sesin bant genişliği

ERBN'den daha büyük olursa bant genişliği ERBN 'den daha küçük olduğunda meydana gelen gürlük seviyesinden daha fazla gür olarak algılanır. Şekil 2.11' e göre, verilen bir merkez frekansta ses bir ERBN' den daha küçük bir bant genişliğine sahip olduğu zaman, *excitation pattern* ve *specific loudness pattern'* i, sesin bant genişliğinden bağımsız olur (55, 56). Düşük hassasiyet seviyelerinde (yaklaşık olarak 10-20 dB SL) kompleks sesin gürlüğü bant genişliğinden bağımsızdır. Bu düşük seviyelerde spesifik gürlük *excitation* seviyesiyle hızlı bir şekilde değişim gösterir.



Şekil 2.11. Değişik bant genişliği olan bir gürültünün gürlüğünün eşitlenmesi gereken 120 Hz geniş gürültü seviyesi değişik bant genişliğinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir; gürültü bantları 1420 Hz' de geometrik olarak merkezlenmiştir.

Diğer bir modelde ise, kritik bant 'a karşı, *compression* ve *summation* ile devam ederek kritik bant filtresi gibi düşünülerek elde edilen *spectral loudness summation'* dir. (47). Genliğe modüle edilmiş sinyaller üzerinde yapılmış gürlük çalışmalarında genlik modülasyonunun gürlüğü değiştirdiği bulunmuştur. Bu sinyallerin çoğunda genliğe modüle edilmiş ses verildikten sonra, gürlükte bir artışı olduğu gözlenmiştir (57). Yapılan bir çalışmada, aynı seviyelerde eşit iki uyarı çifti bir bireye verildiğinde, ilk verilen uyarı çiftinde frekanslar birbirlerine çok yakındır ve bireyden onların gürlüğünü standart bir gürlük ile karşılaştırması istenmiştir. İki ses arasındaki frekans farklılığı tekrar artırılmış ve birey tekrar standart bir sesin gürlük seviyesi ile yeni uyarıyı karşılaştırdı. Sonuç olarak, iki tonun gürlüğü de kritik bant genişliğinden daha az olan uyarı tonu ile aynı kalmıştır. Ancak, bileşenler kritik bant

genişliğinden daha büyük olduğu zaman uyaranların gürlüklerinde bir artış olduğu bulunmuştur (46).

2.5. Şiddet Değişimlerini Fark Etme

Şiddetteki en küçük değişimi fark etme, değişik metotlarla uyarının birçok farklı tipi için ölçülebilir. En yaygın kullanılan metot *two alternative force choice (2AFC)* methotudur. Şiddet gibi iki ardışık uyarı bazı yerlerde farklı olarak verilir. İki uyarının sunum dizisi rasgele değişir. Eşik genellikle yüzde 75 doğru cevapları üreten uyarı farklılıkları olarak tanımlanmasına rağmen diğer kriter olarak (%71 veya %79 doğru) kullanılabilir. Şiddet ayırt etmeyi ölçmek için 3 metot kullanılır:

1. Modülasyon fark etme; uyarı yavaş düzenli uyaranlarda genliğe modüle edilir ve dinleyiciden bu modülasyonu fark etmesi istenerek test yapılır (buradaki modülasyon genellikle sinüzoidaldir).
2. Artışı fark etmek; devamlı bir arka alan uyarısı verilir ve bireyden arka alan seviyesindeki kısa artışları fark ettiğinde söylemesi istenerek yapılır. Artış iki muhtemel zamanın birisinde verilir ve ışık ile gösterilir. Dinleyicinin birinci veya ikinci ışıkla işaret verdiğimizde senkronize olarak artışı göstermesi gerekir.
3. Aralıklı ve darbeli uyarıyı fark etme; iki ayrı uyarı kullanılır ve uyarılardan birisi diğerinden daha şiddetli olan patlamalı sesler art arda gelecek şekilde verilir. Bireyden hangisinin daha şiddetli olduğunu göstermesi istenerek test edilir (27, 31).

Bu yöntemlerin hepsinde de, dinleyicinin sübjektif ifadesi gürlükteki değişime göre elde edilir. Örneğin, birinci yöntemde, modülasyon gürlükteki dalgalanma olarak duyulur. İkinci yöntemde, artış gürlüğün arka alanında kısa bir artış olarak duyulur. Üçüncü yöntemde ise, çok şiddetli pulse sesler diğerlerinden daha gür olarak duyulur. Farklı yöntemler için deneysel sonuçlarda bazı küçük farklılıklar olmasına rağmen, genel eğilim hepsinin de benzer sonuçlar vermesi yönündedir. Geniş bant gürültü veya band-pass filtreli gürültü için en küçük fark edilebilen şiddet değişimi ΔI' dır. Burada I yaklaşık olarak uyarının şiddet sabitidir. Diğer bir deyişle $\Delta I/I$ bir sabittir. Bu Weber yasası olarak bilinir ve bir uyarıdaki en küçük değişimleri fark etmede o uyarının

magnitude ne oranıdır. Şiddet değişimlerini fark etme eşiği sıklıkla eşik seviyesindeki değişimlere göre değişir ve ΔL (dB) ile ifade edilir. ΔL değeri aşağıdaki eşitlik ile verilir;

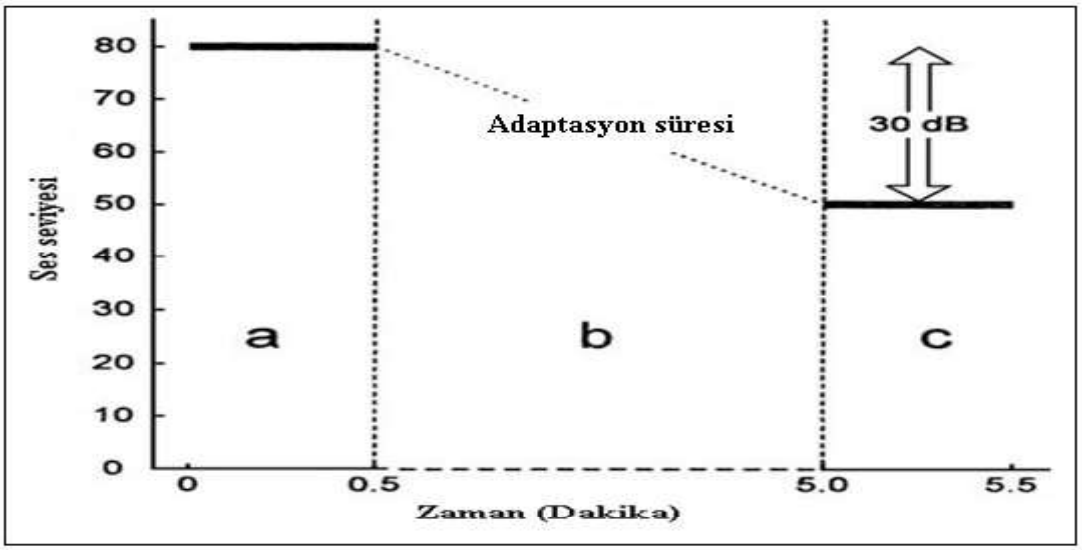
$$\Delta L = 10 \log 10[(I + \Delta I)/I]$$

Bu eşitlikte ΔI/I oranı ve ΔL bir sabittir, ve geniş bant gürültü için yaklaşık olarak 0,5-1dB arasında bir değer alır. ΔL değeri absolute eşiğe yakın olan sesler için artış gösterir. Riesz modülasyonu fark etmek için 20dB SL 'de 1.5dB, 40dB SL' de 0.7dB ve 80dB SL' de 0.3dB ΔL değerini elde etmiştir. Günlük yaşamımızda, 1 dB ses seviyesindeki değişimi fark etmek çok zordur, ancak 3 dB'lik bir seviyedeki değişimi kolay bir şekilde fark edebiliriz (58).

2.6. Gürlük Adaptasyonu

Yeterli süre ve şiddeti olan bir uyarının hissediş seviyesinde (*sensation level*) değişiklik görülmesi, tüm sensör sistemin özelliğidir. Bu değişiklikler bazen, uyarının verilmesi süresince olurken, diğer değişimler ise, uyarı bittikten sonra da görülebilirler. Böyle durumlarda, işitme sistemi diğer sensör sistemlerden daha az etkilenmesine rağmen, çok yüksek şiddetli uyarılara maruz kaldıktan sonra geniş eşik değişimleri gözlenebilir (32). Nöron düzeyinde bu etki, sabit bir uyarının genliğine karşılık gelen zaman içerisinde ateşleme oranında bir azalma olarak görülür. Bunun psikolojik olarak karşılığı, ilk birkaç dakika içerisinde uyarının büyüklüğünde bir azalma olmasıdır. Gürlük adaptasyonu, uzun bir zaman periyodu içinde sabit bir seviyede devamlı verilen sinyalde, bir azalma olarak tanımlanır (24). Başka bir ifade ile, ses basınç seviyesi değişmemesine rağmen, sinyalin gürlüğünün zaman içinde başlangıçta hissedilen sesin gürlüğünden daha yumuşak olarak hissedilmesidir (46). Hood (59)'un klasik deneyinde, bu fenomeni şu şekilde açıklamıştır: hedef uyaran olarak 1000 Hz' lik bir saf ses uyaran seçilmiştir. Bu uyaran 80 dB' de bireyin sağ kulağından devamlı bir şekilde verilmiştir. Bireyin diğer kulağına ise (sol) ilk uyaranla eş zamanda ikinci 1000 Hz' lik bir saf ses verilerek bireyden bu ikinci ses seviyesini birinci sesin gürlüğüne eşitlemesi istenmiştir (Şekil 2.12 a). Karşılaştırmalı ses daha sonra kapatılıp, adapte olunan hedef ses sağ kulağa verilmeye devam edilir (Şekil 2.12 b). Adaptasyondan birkaç dakika sonra karşılaştırmak için kullanılan ses karşı

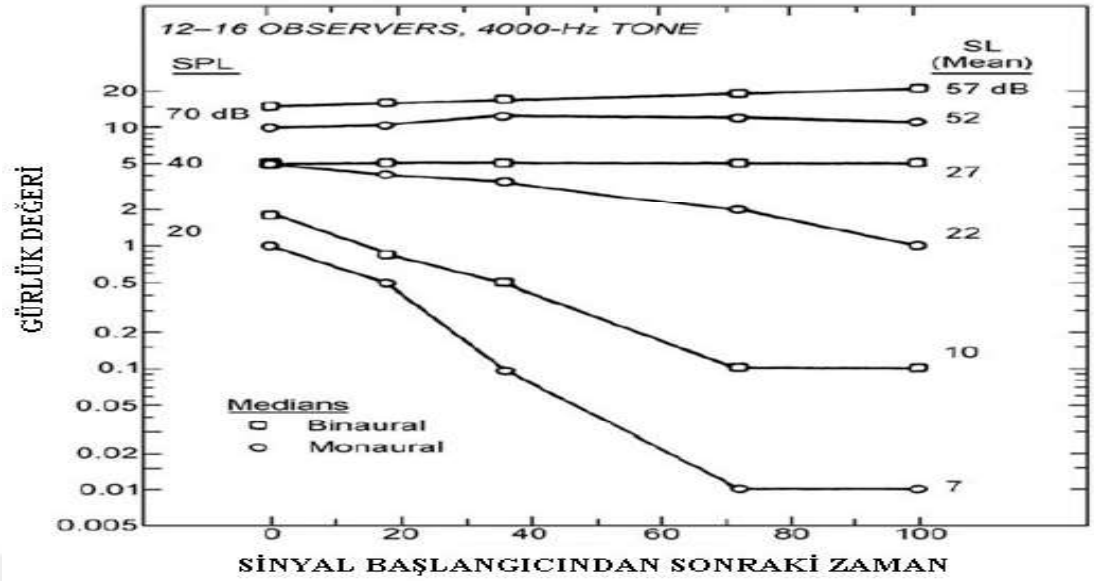
kulaktan (sol) tekrar verilir. Bireyden 80 dB' lik sesin eşit gürlüğüne adapte olarak verilen hedef sesin gürlüğünü eşitlemesi istenir, ancak katılımcı bu sefer adapte olarak verilen hedef sesin gürlüğünü 50 dB 'de eşitler (Şekil 2.12 c). Burada adapte edilen ses seviyesi sinyal seviyesinden 30 dB azalmış olarak bulunur. Bu sonuca göre, katılımcı sağ kulakta uyarı verilmeye devam etse bile, hedef sesin gürlüğünü ilk başlangıç durumundan 30 dB daha düşük duymaya devam etmiştir. Bu nedenle, sağ kulağa devamlı süreyle bir ses verildiği için 30 dB'lik bir adaptasyon olmuştur. Çünkü gürlükte uyarım boyunca azalma elde edilir. Bu fenomen *perstimulatory adaptation* olarak adlandırılır (46, 60).



Şekil 2.12. Karşılaştırmalı uyarı ile gösterilen gürlük adaptasyonu. (Hood (60)'dan alınmıştır.)

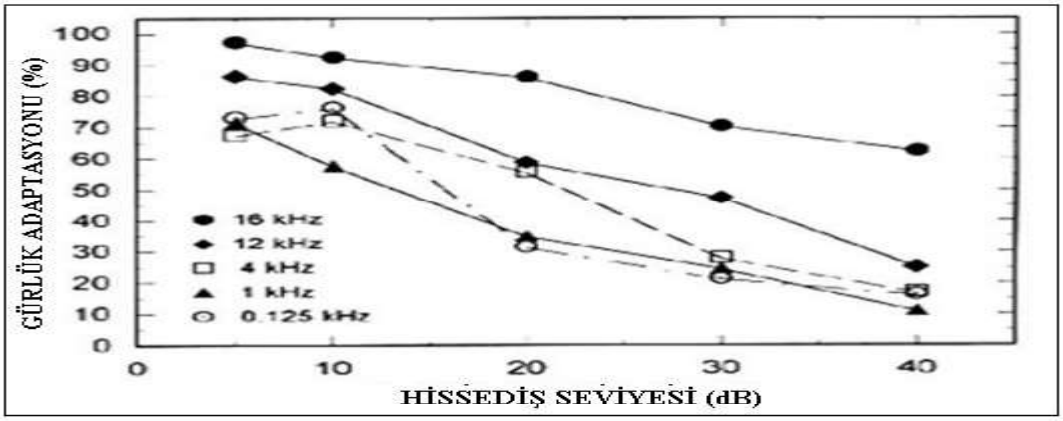
Gürlük adaptasyonunu ölçmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. "Simultaneous homophonic loudness balance" adaptasyonu ölçmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde, dinleyici her iki kulağa da aynı zamanda ve aynı frekansta uyaran olarak verilerek dinleyiciden uyaran arasında gürlüğü dengelemesi istenir. Bu yöntem diğer yöntemlerle benzerlik göstermektedir (61-63) Gürlük adaptasyonu üzerine yapılan ilk çalışmalardaki problemlerden birisi, aynı frekanslarda seslerin karşılaştırması ile elde edilen adaptasyon sonucunun kullanılması olmuştur. Bu yönteme göre varsayılan görev, kulaklar arasındaki gürlük dengesi olmasına rağmen, katılımcılarda her iki kulakta verilen uyarının birbirini etkilemesi nedeniyle algısal bir karışıklık ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda bu problemi çözmek için birinci yol, gürlüğü değerlendirmek için adaptif uyarıdan farklı bir frekansa sahip

karşılaştırmalı başka bir uyarı kullanmaktır. Bu yöntemde, uyarı her bir kulakta farklı olacağı için leteralizasyon fenomenini azaltır. Egan (61) *homophonic* yaklaşımı ve bu "*heterophonic"* yöntemleri kullanılarak, gürlük adaptasyon miktarında önemli bir farklılık bulamamıştır. Egan and Thwing (64) yaptıkları çalışmada, letaralizasyon ipuçlarını içeren gürlük dengesinin minimum leteralizasyon etkisi gösteren tekniklerden daha fazla adaptasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Diğer yapılan çalışmalarda, binaural etkileşim (leteralizasyon ipuçları) en küçük olduğu zaman, gürlük adaptasyonun azaldığı ya da görülmediği belirtilmiştir (46, 65, 66). Bu sonuçlara göre, gürlük adaptasyonunun, monaural adaptasyonunu etkilediği belirtilmiştir (24). Scharf (24) uyarının verilmesi süresince, çeşitli zamanlarda elde edilen gürlüğün büyüklük değerlendirmesini kullanarak, çok sayıda gürlük adaptasyon deneyinin birbirleri ile karşılaştırma sonuçlarını göstermiştir. Bu çalışmalardan çıkan ilk sonuç, adaptasyonun insanlar arasında ne kadar çok değişkenlik gösterdiğidir. İkinci sonuç, saf bir sesin gürlüğü, yaklaşık 30 dB SL seviyede (yani eşiğinin 30 dB üzerinde) bireye verildiği zaman adaptasyon gerçekleşmesidir. Bu ilişki şekil 2.13 'de gösterilmiştir. Gürlük adaptasyonu ve hissediş seviyesi arasındaki ilişki Miskiewicz ve diğ. (67) tarafından gösterilmiş ve yüksek frekans seviyelerinde (12,000, 14,000, ve 16,000 Hz) gürlük adaptasyonunun 30 dB SL 'de elde edilebileceği belirtilmiştir. Üçüncü sonuç, yüksek frekanslı uyaranlarda alçak frekanslı uyaranlardan veya gürültülerden daha fazla adaptasyon gözlenmesidir. Dördüncü sonuç, adaptasyonun uyaranlar bir kulağa veya her iki kulağa verildiğinde benzer olarak bulunmasıdır. Örneğin, sağ kulak 90 saniyede, sol kulak ise 105 saniyede adaptasyon gösterdiği zaman, binaural verilen her iki uyaranında 105 saniyede adapta olduğu tahmin edilir.



Şekil 2.13. Ses seviyesinin bir fonksiyonu olarak büyüklük değerlendirmesiyle ölçülen 4 kHz 'de adaptasyon değeri, parametreler hissediş seviyesi (SL) veya bireyin eşik üstü desibel miktarıdır.

Şekil 2.14' te gürlük adaptasyon miktarı ile 125 Hz-16 kHz arasındaki frekanslardaki gürlük adaptasyon miktarı gösterilmiştir. 6. dakikanın sonunda gürlükteki azalma yüzdesi hissediş seviyesine göre belirtilmiştir. 5 dB SL' de, tüm frekanslarda %70-%100 arasında gürlük adaptasyonu görülmektedir. Artan şiddet seviyesi ile, tüm frekanslarda gürlük adaptasyonu miktarı azalır. Bu sonuçlar, sabit uyaranlar içindir. Gürültü, dalgalanma gösteren uyarılar gibi genliği zaman içinde değişen seslerde adaptasyon miktarı daha az olduğu yapılan çalışmada belirtilmiştir (25).



Şekil 2.14. Çeşitli frekans ve hissediş seviyelerinde 6 dakika bir sese maruz kaldıktan sonra gerçekleşen gürlük adaptasyonu (Hellman ve ark. (25)

Gürlük adaptasyonunu ölçmek için kullanılan başka bir yöntem ise Scharf (24) tarafından bulunmuştur. Bu yöntemde, normal işitenlerde gürlük adaptasyonunu

ölçmek için yeni bir metot geliştirerek gürlüğün büyüklüğünün psikofiziksel bir teknikle değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bu yönteme göre, bireyler uyarının algısal büyüklüğünü düzenli aralıklarla değerlendirmek için negatif olmayan sayılar kullanılarak gürlük adaptasyonunu değerlendirmiştir (24). Bu yöntem daha önceki yöntemler kadar güvenilir bulunmuştur. Gürlük adaptasyon miktarı, daha büyük adaptasyon miktarına sebep olan yüksek frekans ve/veya düşük şiddete göre sınırlı yayılım özelliği gösteren işitme sinirinin yayılım modeli ile tanımlamıştır. Bu hipotez normal dinleyicilerde, 16 kHz tonlara kadar rahat gürlükte verildiği zaman, tam bir adaptasyon bulgusu olabileceğini desteklemektedir (68)

Bir sensör sistemde, bir dış uyarının psikofiziksel büyüklüğü sadece onun şiddetine bağlı değil, aynı zamanda uygulanan uyarının zaman uzunluğuna da bağlıdır. Bekesy, zamana karşı gürlükteki azalmanın uyarının tipine (saf ses veya konuşma gibi) ve şiddetine göre değişebileceğini belirtmiştir. Gürlük üzerine yapılan araştırmalarda, bir ses 2 dakika dinledikten sonra o ses şiddet olarak 2 katına artarsa, gürlüğün 2 katından daha fazla olduğu ve ses şiddetin yarısına indiği zaman gürlüğün başlangıçtaki gürlüğün yarısından daha fazla azaldığı belirtilmiştir. Bu olay işitsel yorgunluk olarak adlandırılır ve başlangıç yeri olarak da koklea' nın baziler membran bölgesi gösterilir (27, 69).

Hasta bireyler üzerine yapılan gürlük adaptasyon çalışmalarında, işitsel yorgunluğun sekizinci sinir tümörüne sahip bireylerde oldukça yaygın olduğu belirtilmiştir. Bir saf ses normal işitenlerde eşik üstü 15 dB şiddet seviyesinde işitilebilir olarak kalırken, akustik nörinoma sahip bireylerde çok yüksek şiddet seviyelerinde verilen saf sesin 60 saniye içerisinde hassasiyet kaybına neden olduğu gösterilmiştir. Bu hastalarda patolojik durumun işitme sinirinin ya da beyin sapı yapılarında da olabileceği belirtilmiştir (27, 70).

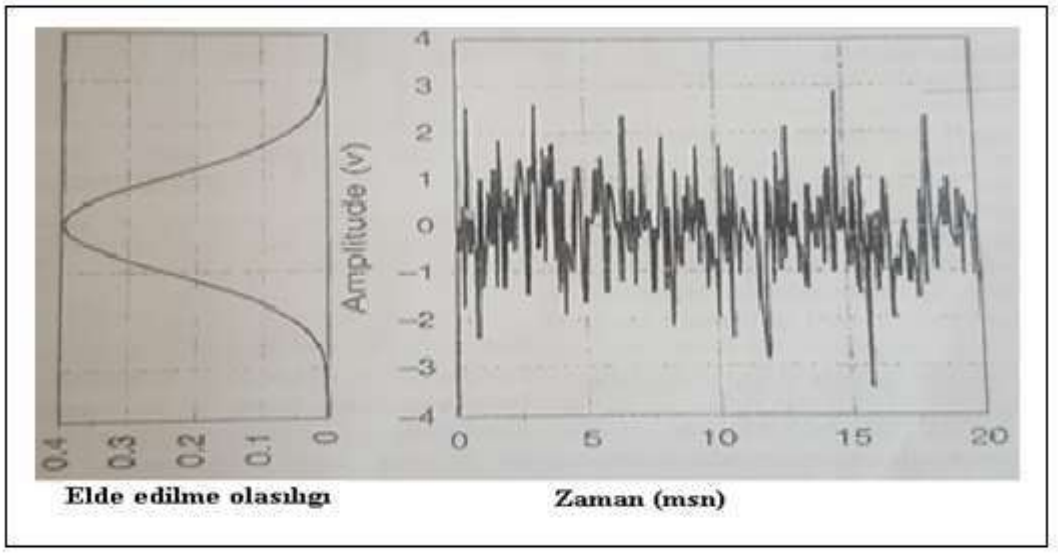
Araştırmacılar iç tüy hücre kaybı olan bireylerde gürlük adaptasyonunu araştırarak gürlük adaptasyonunun koklea' nın ölü bölgesine yakın olan yerle daha çok ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılara göre, gürlük adaptasyonu işitme sinirindeki spike zamanı, yayılımı ve sayısının bir fonksiyonudur. Üstelik adaptasyonun koklea' nın apikal ölü bölgesine yayıldığı düşünülse bile yüksek frekansların düşük frekansların daha çok ilişkili olduğu belirtilmiştir. İşitme sinir

senkronizasyonunda da ek adaptasyon görülebilmektedir. Bu görüş, tek bir işitme sinir lifinin uzun dönem ateşlemesi sonucunda, bir saf sesin zamana karşı azalmasıdır, sinir liflerinin senkronizasyonu değildir. Adaptasyon sabit şiddetli devam eden bir sesin subjektif gürlüğündeki zamana karşı değişimin araştırılarak değerlendirilmesinin uygun olabileceği belirtilmiştir (71).

Scharf (24) , genliğe modüle edilen sesin eşit taşıyıcı frekans ve şiddetli saf sesten da az gürlük adaptasyonu gösterdiğini belirtmiştir. Bundan farklı olarak, amplitude modülasyonun gürlük adaptasyonunun mekanizması hala bilinmemektedir. Yüksek frekans ve/veya düşük şiddetteki saf seslerde gürlük adaptasyonu daha fazla görülebilmektedir. Adaptasyondaki artışın açıklanması ya aktive edilen işitme sinir liflerinin sayısında bir azalma ya da işitme sinir faz-kilidinde bir azalmaya olarak açıklanabilir. Yüksek frekans ve düşük şiddetli genliğe modüle edilen seslerin modüle edilmemiş seslere karşı işitme sinir liflerinin sınırlı kısmını aktive ettiği ve gürlük adaptasyonu hem frekansa hem de ses seviyesine bağlı olduğu araştırmalarda belirtilmiştir. Bir kaç dakikalık bir zaman içerisinde sabit bir saf sesin gürlüğü 5 dB SL de %70-%100, 40 dB SL de %20 olarak azalırken, daha yüksek seviyelerde değişmeden kalabildiği gösterilmiştir (25).

2.7. Gürültü

İnternational Labour Organization (ILO)'ne göre gürültü, bir işitme kaybı veya değişik mesleki hastalıklar gibi sağlık sorunlarına yol açan istenmeyen seslerin bir bütünü olarak tanımlanmıştır (72, 73). Gürültü fiziksel olarak, rasgele bir şekilde zamana karşı anlık genlik değişimi olan sesler olarak tanımlanabilir (31). Şekil 2.15'de genlik değişimi olan *Gaussian* gürültüsü gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Gaussian gürültüsünün, anlık genlik değişim değeri (Yost (31)'dan alınmıştır).

Tüm gürültü karekterleri ses basınç seviyesi ve frekanstaki değişikliklerle tanımlanabilir. Gürültünün spektral karakterleri,

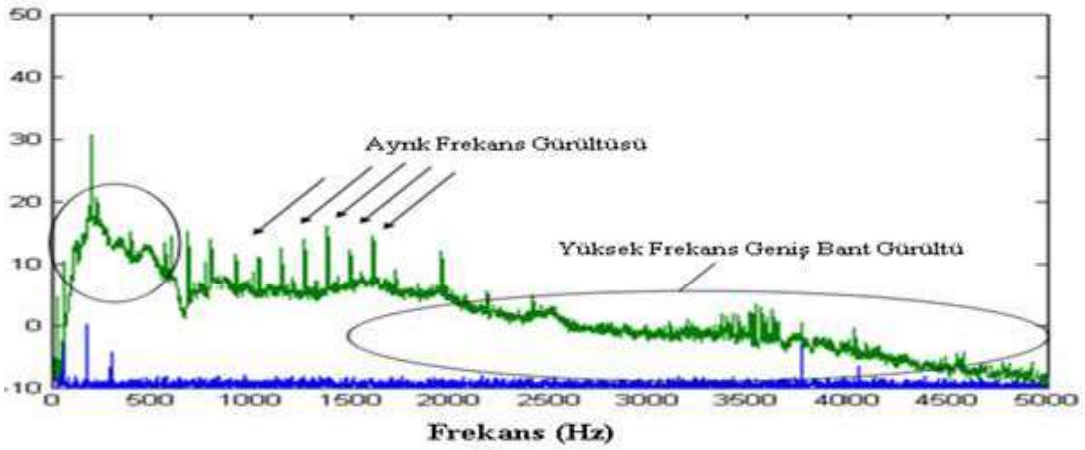
1. Ayrık frekans gürültüsü (saf ses)
2. Genişband gürültü (rasgele)
3. İmpulsive gürültü (impact) olarak incelenebilir.

Birçok gürültü kaynağı bu alt karakterlerin bir yada birçoğunu içerebilir (74).

2.7.1. Gürültü Çeşitleri

Ayrık (*Discrete*) Frekans Gürültüsü

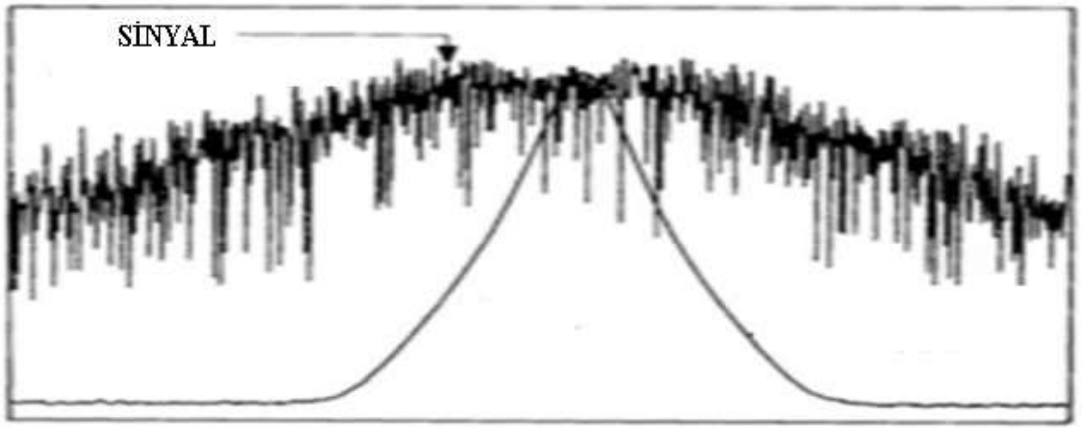
Endüstri' de bulunan en yaygın gürültü tipi özel karakterlerdeki ayrık frekans gürültüsüdür. Şekil 2.16' da gösterilen ayrık frekans gürültüsünün saf sesin karakterlerine bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Ayrık frekans gürültüsünün kaynakları arasında; fan, vantilatörler, kompressör, pompa, içten yanan motorlar, dişli ve triger kayışı, motorlu jeneratör, freze ve testere gürültüsü sayılabilir.



Şekil 2.16. Ayrık frekans gürültüsü.

Geniş bant (Broadband) gürültü

Geniş bant gürültü endüstriyel gürültünün en yaygın ikinci tipidir ve kükreme, gürleme veya hışırtı sesine benzer bir ses olarak karakterize edilir. Bu gürültü tipinde ses basıncı hem genlikte hem de fazda rasgele bir şekilde gerçekleşir (Şekil 2.17). Akustik enerji, spektrumun birçok alanında veya tek bir alanında yoğun olarak bulunabilir Endüstrideki geniş bant gürültüsünün en büyük kaynağı yüksek hızlı havalandırma makinaları ile ilişkili gürültülerdir. (75).

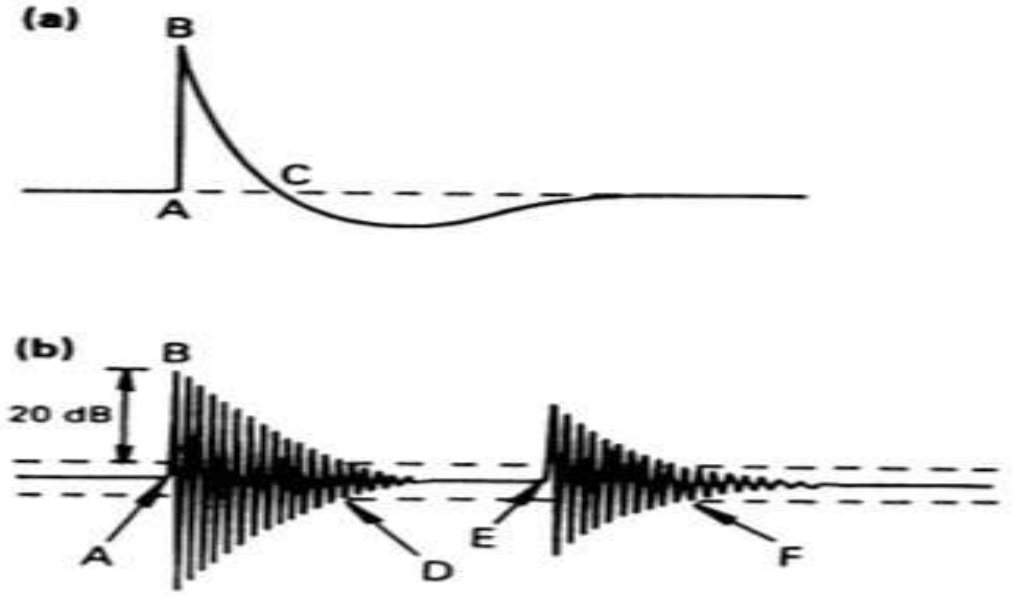


Şekil 2.17. Geniş bant gürültü.(Wyatt (76)'dan alınmıştır.)

İmpulse-İmpact Gürültü

İmpulsive veya impact gürültü, genellikle 0,5 saniyeden daha kısa sürelerde geçici olarak gerçekleşen akustik olay olarak sınıflandırılır. Alkış sesi, silah atışı sesleri, patlama sesleri gibi sesler impulse gürültü olarak belirtilir (74). Bir işitsel uyarı olarak impulsive gürültünün niteliği devam eden gürültünün niteliğinden farklıdır.

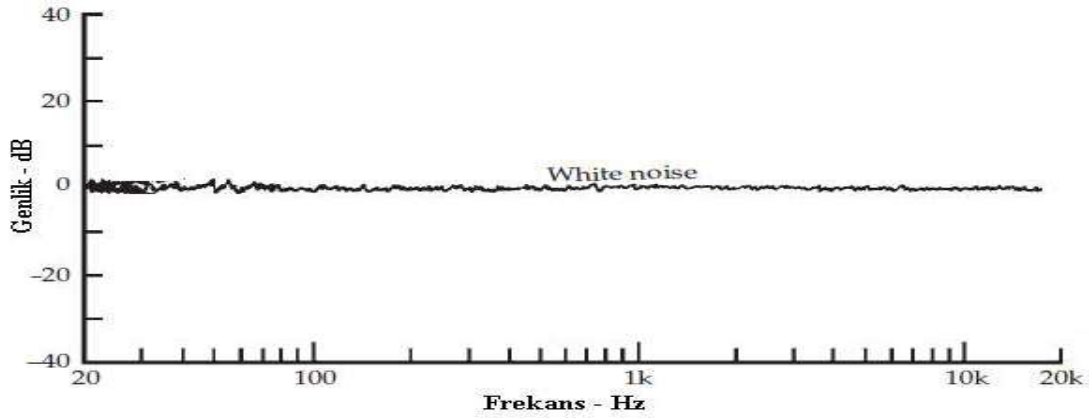
Çekiç sesi, pres makinası sesi sonucu oluşan impulsive gürültü, anlık ve kısa süresi ile karakterize edilir. İmpulsive gürültü, devam eden ve durağan dalgalı gürültüden daha fazla işitsel sisteme zarar verir. Durağan dalga sonucu oluşan işitme hasarı, yapılacak odyolojik değerlendirmede kolaylıkla tespit edilebilmesine rağmen, impulsive gürültü sonucu oluşan gürültünün işitme sistemine ne kadar hasar verdiğini belirlemek zordur (77). İmpulse-İmpact sesler genel olarak, anlık ses basınç zamanına göre Tip a ve Tip b olarak ikiye ayrılır. Tip a ateşli silahlar gibi kısa süreli patlamalar ile karakterize edilirken, Tip b endüstride en yaygın bulunan patlamalı sesler ile karakterize edilirler (Şekil 2.18) (78).



Şekil 2.18. İmpulsive gürültünün dalga biçimi. a: patlamalı gürültü, b: darbeli gürültü, pik seviyesi, AB arası basınç farklılığını; çıkış süresi (*rise time)*, AB arası zaman farklılığını; A durasyonu, AC arası zaman farklılığını; B durasyonu ise, AD arası zaman farklılığını göstermektedir (Bruneau (78)'dan alınmıştır.)

Beyaz Gürültü (White Noise)

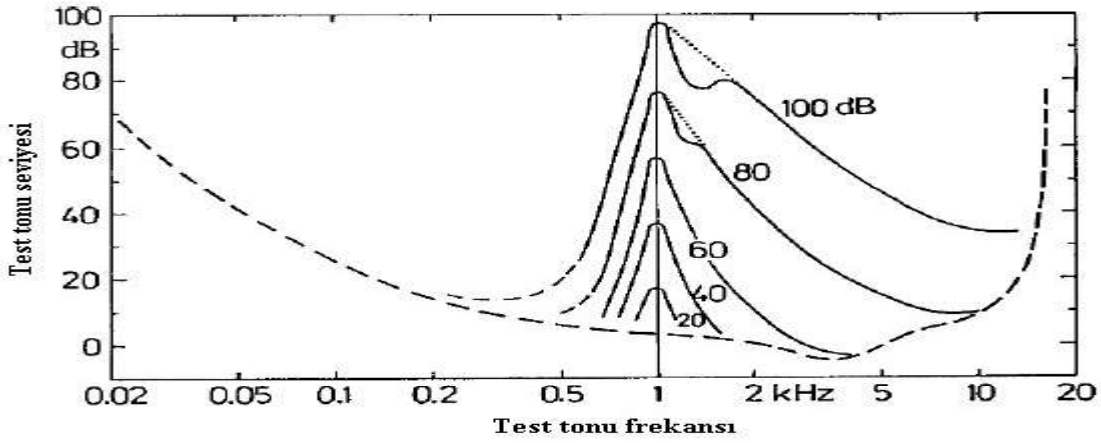
Tüm frekans bölgelerinde eşit güce sahip rasgele bir gürültü olarak tanımlanır. Beyaz gürültü bant genişliği sabit olan ve devam eden güç spektrumuna sahiptir. Beyaz gürültünün spektral yoğunluğu frekanstan bağımsızdır. Beyaz gürültünün frekans bölgesi 20 Hz- 20 kHz ile arasındadır (Şekil 2.19) (47).



Şekil 2.19. Her bir Hertz' de sabit bir enerji değerine karşılık gelen beyaz gürültü spektrumu.(Everest ve ark.(50)'dan alınmıştır.)

Dar Bant (Narrowband) Gürültü

Dar bant gürültü kritik banttan daha küçük ve eşit bant genişliği olan gürültü çeşitidir (47) ve sınırlı sayıda frekans bileşenini içerir (31). Dar bant gürültüde, gürültünün maske etki alanı belli bir merkez frekans seviyesi üzerinde maskeleme eşiğine bağlı olmaktadır. Maskeleme eşiklerinin tamamı maksimum maskelemeye ulaşmadan önce alçak ve yüksek frekans bölgesinde çok dik bir düşüş meydana gelmektedir. Şekil 2.20'de 1 kHz merkez frekansa sahip gürültü seviyesinde maskeleme eşiğine bağlılığı gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Test frekansının bir fonksiyonu olarak farklı seviyelerde ve 1 kHz merkez frekansta dar bant gürültü tarafından maskelenen bir test ton seviyesi.(Zwicker ve ark. (47)'dan alınmıştır.)

2.7.2. Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları

İnşaat, makina tamir atölyeleri, madencilik gibi gürültü maruziyeti olan birçok sektörde çalışan bireylerin çoğunda işitme ve denge problemleri olabilmektedir. Gürültü maruziyeti sonucu meydana gelen işitme kaybı dünya çevresinde endüstriyel alanda ortaya çıkan en önemli sağlık sorunudur. Her dört işçiden birinin 90 dBA 'nın üzerinde mesleki gürültüye maruz kaldığı belirtilmektedir (79). Gürültüye maruz kalan kişilerin yaklaşık %10 'nun da işitme kaybı bulunmaktadır (80). *Amerikan Conference of Governmental Industrial Hygienist(ACGIH)* tarafından, gürültüye bağlı işitme kayıplarını önlemek için izin verilen süre ve şiddet değeri hafta da 40 ve günde 8 saat 85dBA olarak belirlenmiştir. Koruyucu kullanmaksızın 140 dBC gürültü maruziyeti aşıldığı iş yerlerinin çalışanların çalışmasına izin verilmemesi gerektiği belirtilmiştir. Bu seviyelerde maruz kalan çalışanların yaklaşık %10 'nu 0. 5, 1 ve 2 kHz frekans bölgelerinde 25 dB den daha fazla işitme kaybına sahip olduğu tespit edilmiştir. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (81)'e göre, 9 milyondan fazla Amerikan işçisinin işitme hasarına neden olabilen gürültü seviyesine maruz kaldığı belirtilmiştir. Dünya genelinde milyonlarca işçi çok yüksek gürültü seviyelerine maruz kalmaktadır.

Çevremizdeki birçok insan mesleki gürültü maruziyeti' nin dışında "rock" konserleri, diskolar, silah sesi, yüksek müzik gibi mesleki olmayan çevresel gürültüye maruz kalmaktadırlar. Bu gürültülere ek olarak günlük yaşamda trafik gürültüsü gibi yaşadıkları çevrelerde gürültüye maruz kalmaktadırlar. Ancak, bu bireylerin maruz kaldıkları gürültü, işitmeyi çoğunlukla etkilemez. Gürültü maruziyetinin neden olduğu işitme kayıpları dışında; uyku bozukluğu, kardiyovasküler bozukluk ve psikolojik bozukluk gibi sağlık problemleri de görülebilmektedir (82). Son zamanlarda özellikle şehir merkezlerinde insanlar üzerinde yapılan sosyal çalışmalarda, insanların bulundukları ortamlarda acı verici gürültüye maruz kaldıkları belirtilmiştir. Burada tanımlanan acı verici gürültü kaçınılmaz arka alan gürültüsü ve impulsive gürültüdür. Bu tür gürültülerin bireylerin günlük yaşamını olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (83).

2.8 Gizli İşitme Kayıpları (Cochlear Synaptopathy)

Gürültüye bağlı işitme kayıplarının, endüstriyel alanında yaşanan en önemli sağlık problemlerinden birisi olduğu belirtilmiştir (14). Gürültüye bağlı işitme kayıpları alanında yapılan çalışmalar, yüksek şiddetteki seslerin tüy hücrelerine zarar vermesi sonucu, hassasiyet kaybına neden olduklarını göstermiştir (13). Bu hassasiyet kaybı genellikle saf ses odyometri ile belirlenebileceği (84) ve gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerin işitme hassasiyetleri kendi yaş grubu içindeki normal işitmeye sahip bireylerin eşikleri ile karşılaştırarak tanımlanabileceği belirtilmiştir (8). İşitme test sonuçlarının, dış tüy hücrelerin fonksiyon bozukluğuna karşı hassasiyet gösterirken, işitme eşiklerinin etkilenmediği iç tüy hücre kaybına ve bazı nöral bozukluklara (8) karşı daha az hassasiyet gösterdiği bildirilmiştir (10). Son yıllarda hayvan modelleri üzerinde yapılan bu tür çalışmalarda, gürültü maruziyeti sonrası düşük spontan oranlı işitme sinir liflerinin, yüksek spontan oranlı işitme sinir liflerinden daha fazla hasar görmesi işitme kaybının başka bir modeli olan *koklaer nöropati veya synaptopathy (*sık olarak gizli işitme kaybı olarak belirtilir*)* 'i ortaya çıkartmıştır (12). Bu azalan eşik üstü cevaplar düşük spontan oranlı yüksek ateşleme eşikli işitme sinir lifleri tarafından uyarılan iç tüy hücrelerin sinaptik bağlantılarındaki hasar ile ilişkili iken, yüksek spontan oranlı düşük ateşleme eşikli işitme sinir liflerinde görülen hasarın daha az ilişkili olduğu belirtilmiştir (8, 9). Bir fare modeli kullanarak 100 dB SPL gürültüye (8-16 kHz) 2 saat maruz kaldıktan sonra iç tüy hücre ve işitme sinir lifleri arasında %50' ye kadar sinaps kaybı olduğu gösterilmiştir (8). Bu işitsel sinir sinapsının kalıcı kaybı, *absolute* eşikte tekrar iyileşme olmasına rağmen görülebilir. *Cohlear synaptopathy* işitme sinir fonksiyonunu yansıtan işitsel beyin sapı cevabının I. dalga genliğinde azalma ile tanımlanabilir. Bu azalma eşiğe yakın uyarılarda değil orta ve yüksek şiddet uyarılardaki cevaplarda gözlenebilir. *Cohlear synaptopathy* birçok rodent türü modellerde yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (85). *Cohlear synaptopathy* uzun bir süre (bir hafta için yaklaşık 84 dB SPL) orta seviyede bir sese maruz kaldıktan sonra da ortaya çıkabilir. Üstelik gürültüye bağlı sinaps kaybı genellikle düşük spontan oranlı işitsel sinir liflerinin sinapslarını etkilemektedir. Düşük spontan oranlı lifler, yüksek eşik ve saturasyon seviyelerine sahiptir ve bu yüzden yüksek şiddetli sesleri kodlamada kullanılır. Sonuçta gürültüye bağlı c*ohlear*

sinaptopathy değişmeden kalan eşiğe yakın hassasiyete rağmen, eşik üstü seslerin kodlanmasını etkilemektedir. Fakat rodent modellerinde gürültü maruziyeti sonrasında, *synaptopathy*' nin düşük spontan oranlarda nasıl ortaya çıktığı kolay bir şekilde görülmesine rağmen, hala çözülemeyen bir olaydır. Çünkü yapılan çalışmalarda gürültü maruziyetinden sonra tüy hücreleri ile sinir lifleri arasında sinaps görülmesine rağmen, bu sinapsın normal fonksiyon göstermediği belirtilmiştir (8). Gürültüye maruz kalan 30 katılımcı ile yapılan çalışmada, gürültü maruziyeti sonrası c*ohlear synaptopathy* bulgusu açısından 8 kHz' e kadar *absolute* eşiklerde gürültü maruziyetinin çok az bir etkisi görülmesine rağmen, yüksek şiddetli klik uyarılarda İBC' nin I. dalga genliğinde katılımcıların tamamında gürültü maruziyeti ile negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (86). Gürültü maruziyet ölçümleri sürekli yüksek şiddetteki seslere maruz kalan bireyler ile yapılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda bu daha kısa süreli ve düşük şiddetli gürültü sonrası yapılmış ve dinleyicilerde *synaptopathy* geliştiği belirlenmiştir. Cinsiyet durumunun araştırıldığı bir cohort çalışmasında ise, erkek katılımcıların yüksek gürültüye daha fazla maruz kaldığı ve erkeklerin baş boyutu gibi faktörlerden dolayı kadınlardan daha zayıf İBC dalga formu görüldüğü belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmalarda, erkek ve kadınların ayrı ayrı analiz edilmesi gerektiğinin önemi vurgulanmaktadır. Bu öneriler yüksek şiddetteki seslere maruz kalan bireyler içindir ve araştırmacılar işitme eşiği ve gürültü maruziyeti arasında cinsiyetler arasında ayrı ayrı farklılık olmadığını, ancak tekrar yapılan analizlerde İBC dalgasındaki azalmanın kadınlar için gürültü maruziyetinin bir fonksiyonu olarak I. dalga genliğinde olduğu, ancak erkeklerde bu farkındalığın bulunmadığı belirtilmiştir. Liberman ve diğ. (87) tarafından yapılan çalışmada ise, gürültü maruziyeti düşük riskli olan normal işiten bireyler ile yüksek riski olan normal işiten bireyler c*ohlear synaptopathy* açısından karşılaştırılmış ve yüksek riskli olan grupta İBC'nin I. dalga genliğinin azalmış olarak bulunmamıştır. İşitme eşikleri, gruplar arasında eşleştirildiği zaman işitme eşikleri normal olan kontrol bireyler ile tinnitusu olan bireylerin İBC' nin I. dalgaları arasında kontrol grubuna göre tinnituslu grupta azalma gözlendiği rapor edilmiştir (12, 88). Bu konular c*ohlear synaptopathy*' nin normal işitme eşiklerine sahip bireylerde tinnitusun muhtemel bir nedeninin olmadığı önerilmektedir (88). C*ohlear synaptopathy*' nin tanımlanmasında İBC' nin I. dalga genliğinin azalması bireylerde non-invasive bir ölçüm olarak kullanılacağı

belirtilirken, en önemli dezavantajı I. dalga genliğinin bireyler arasında çeşitlilik göstermesidir. Rodent modellerinde c*ohlear synaptopathy* ile ilişkili olduğu görülür. Bunun zıttı olarak insanlarda *synaptopathy*' yi tanımlamada İBC' nin kullanımı için engellerden birisi birinci dalga genliğinin bireylere karşı çeşitlilik göstermesidir (89).

2.9 Gizli İşitme Kayıpları ve Gürlük Adaptasyonu

Koklama, görme, dokunma, tat alma gibi sensör sistemlerin birçoğunda, devamlı ve sabit bir uyarının algısal büyüklüğünün zaman içerisinde azaldığı belirtilmiştir. Özellikle bir sesin gürlüğündeki böyle bir azalmayı tanımlayabilmek için özel uyarı parametrelerini belirlemek gerektiği rapor edilmiştir (24, 90). Basit bir gürlük adaptasyonu düşük hissediş seviyelerinde (SL) elde edilebileceği belirtilmiştir. Gürlük adaptasyonu üzerine yapılan çalışmalarda, 3 dakika veya daha az bir zaman dilimi içinde 30 dB' den düşük ses seviyelerine maruz kalma durumunda gürlük algısında bir azalma meydana geldiği gösterilmiştir. Ancak, bu sonuçların sese maruz kalma durumuna bağlı olarak değişiklik gösterebildiği rapor edilmiştir (24). Adaptasyon ile bağlantılı bu algısal değişimler, reseptörlerin, afferent sinapsların, afferent sinirlerin ve santral işitsel yolların fonksiyonel değişimlerine bağlı olarak meydana geldiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (91-93). Mis´kiewicz ve diğ. (67) 'nın yaptıkları bir çalışmada, 6 dakikalık bir periyotta yüksek frekanslarda 30' dB den daha yüksek şiddetlerde de gürlük adaptasyonunun görülebileceğini belirtilmişlerdir. İşitsel hassasiyet, bireylerde 0.20-20k Hz arasında olduğu için, maksimum 16 kHz 'e kadar olan yüksek frekanslara doğru gidildikçe daha az gürlük adaptasyonunun olabileceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (27). Yapılan hayvan çalışmalarında ise, nöral adaptasyon zamanının ve miktarının, nöral fonksiyon ölçümlerine benzer bir şeklide ölçülebildiği belirtilmiştir (67). İşitme siniri içerisindeki adaptasyonun, uyaranın verilmeye başladıktan sonraki bir dakika içerisinde hızlı bir şekilde azaldığı ve beş dakika içerisinde daha yavaş bir şekilde azalmaya devam ettiği belirtilmiştir (94). Gürlük adaptasyonunun derecesini etkileyen faktörlerden bir diğeri ise işitme sinir lifleridir. Düşük spontan oranlı liflerin, orta ve yüksek oranlı liflerden daha fazla adaptasyon gösterdiği belirtilmiştir. Kokleanın bazal alanından gelen cevaplar, düşük spontan oranlı liflerin adaptasyon gösterdiği nöronlar tarafından karşılandığı belirtilmiştir. Bu sebeple gürlük adaptasyonunun yüksek frekanslarda alçak

frekanslardan daha fazla elde edildiği gösterilmiştir (25, 27). Araştırmacılara göre, gürlük adaptasyonunun işitme sinirindeki ateşleme zamanı, yayılımı ve sayısının bir fonksiyonu olduğu hipotezi, sınırlı yayılım *(restricted excitation-pattern)* olarak değiştirilmiştir. Gürlük adaptasyonu üzerine sınırlı yayılımın (*restricted excitation-pattern*) etkisi, hissediş seviyesi ile tek bir nöronunun adaptasyonunun artması ve gürlük adaptasyonunun azalması arasındaki farklılığın kolay bir şekilde bulunabileceği belirtilmiştir. Burada gürlük adaptasyonunda nöral yayılımın sınırlı olduğu hipotezinin, yalnızca düşük uyarı seviyelerindeki saf sesli uyarılar için geçerli olduğu belirtilmiştir. Gürlük adaptasyonunda sınırlı yayılımın, uyarının frekansı ve hissediş seviyesi ile değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (23). İşitme sinirinin psikoakustik çalışmalarında, devamlı gelen bir saf sese tek bir işitsel sinir lifinin uzun dönem ateşleme oranında, zaman içerisinde azalma meydana geldiği bulunmuştur. Anormal gürlük adaptasyonun, retrokoklear bozukluk üzerine yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (68, 95). Hayvanlarda ve insanlarda yapılan çalışmalarda, anormal işitsel adaptasyonun temel olarak işitme sinirinde değil, koklear iç tüy hücreleri ile işitme sinir lifleri arasındaki ribbon sinapslarında olabileceği belirtilmiştir (68, 96). İşitsel nöropatinin en yaygın nedeninin OTOF geninin mutasyonu ile ilişkili olduğudur *(97)*. OTOF geni iç tüy hücrelerinin ribbon sinapslarında *glutamate* transmitterlerin serbest kalmasını sağlamaktadır. *Nörotransmitter'lerin* anormal salınımının, bozulan işitme sinir lif aktivasyonuna ve akustik bilgilerin zamansal işlemlemesinin bozulmasına neden olduğu belirtilmiştir (98). Ribbon sinaps kaybı olan bireyler üzerine yapılan çalışmada, bu bireylerin gürlük adaptasyonlarının akustik nörinom olan bireylerin gürlük adaptasyonuna benzer olarak bulunması gürlük adaptasyonunun sadece işitme sinirinde değil, işitme sinir ve bağlantılarında da olabileceğini göstermiştir (27, 68). Yapılan araştırmalarda, özellikle şehir merkezlerinde yaşayan bireylerin farklı tip ve derecelerde gürültüye maruz kaldığı belirtilmiştir. Özellikle genç nüfusun kanal içi kulaklıklarla dinlediği yüksek şiddetli müzikler nedeni ile çeşitli derecelerde kalıcı işitme kaybına neden olduğu çalışmada belirtilmiştir. Yapılan hayvan çalışmasında ise, yalnızca geçici işitme eşiklerinin daha sık görüldüğü gürültü maruziyetlerinde eşik üstü seslerde işitsel cevaplarda kalıcı bozulmalar olduğu belirtilmiştir (8). Eşik üstü cevaplardaki bozulmada, düşük ateşleme eşikli yüksek spontan oranlı liflerde hasar çok az iken, yüksek ateşleme eşikli alçak spontan oranlı liflerdeki hasarın daha fazla

görülebileceği belirtilmiştir. Yüksek ateşleme eşikli alçak spontan oranlı liflerde görülen hasarın, iç tüy hücrelerinin sinapstik bağlantılarındaki hasar ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (8-10). Düşük spontan oranlı lif kaybında işitme eşiklerinde değişim olmazken, yüksek spontan lif kaybı olduğunda bu kaybın miktarına bağlı olarak işitme eşiklerinde değişimin görülebileceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (9, 10). Yüksek şiddette gürültüye maruz kalmış bireylerde özellikle işitme eşikleri normal olsa bile iç tüy hücrelerde meydan gelen sinaps kaybı sonucu, alçak spontan oranlı işitme sinir liflerinde bozulmalar olduğu belirtilmiştir (99). Özellikle adaptasyonun alçak spontan oranlı işitme sinir lifleri ile ilişkili olması ve gürültüye maruz kalan bireylerin en çok hasar gören kısmının iç tüylü hücreler ile işitme sinir lifleri arasındaki sinaps bağlantılarında olması nedeni ile bu bireylerde gürlük adaptasyonun değişebileceği düşünülmüştür.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan GO 16/510 karar numaralı 26.07.2016 tarihli etik kurul izni ile Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı kapsamında doktora tezi olarak yapılmıştır. Çalışmaya katılan bireylere, çalışmanın konusu açısından bilgi verilmiş ve katılımcı onam formu verilerek imzaları alınmıştır.

3.1 Katılımcılar

Bu araştırmaya, gönüllü yaşları 18-32 arasında değişen ve değişik türde gürültüye maruz kalmış normal işitme eşiklerine sahip bireyler katılmıştır. Çalışmaya katılan bireylere bir hikaye formu (Ek.1) verilerek katılımcıların çalışmaya dahil edilip edilmeyeceğine bakılmıştır. Çalışmaya dahil edilen 69 bireye 1 dakikalık gürültü tarama anketi (Ek.2) verilerek bireyler 2 gruba ayrılmıştır; 1.grup (çalışma grubu) gürültü maruziyet skoru 5 ve üstü olan 18-32 yaşları arasındaki 39 bireylerden oluşurken, 2. grup (kontrol grubu) ise herhangi bir gürültü maruziyeti bulunmayan gürültü anket skoru 4 ve altı olan 30 bireylerden oluşturulmuştur.

3.1.1. Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

Çalışma Grubu;

- 18-32 yaş aralığında olması,
- Her iki kulakta 0.125-12 kHz frekans aralığında işitme eşiklerinin 25 dB' den düşük olması
- Normal immitansmetrik bulguları olmak,
    - ✓ Tip A timpanogram bulgusu,
    - ✓ Orta kulak basıncı ±50 daPa aralığında olması
    - ✓ Her iki kulakta da 500-4000 Hz' de ipsi ve kontralateral akustik refleks eşikleri elde edilmesi
- Ana dilinin Türkçe olması
- Nörolojik herhangi bir bozukluğu olmaması,

- MOBİD testinden 21 veya üzerinde puan almış olması,
- Bir dakikalık gürültü anket skorundan 5 ve üzerinde puan almış olması,
- *Distortion Product gram* (DP-gram)' un sinyal seviyesi ile gürültü düzeyi arasındaki SNR oranında 6 dB üzerinde olması,
- DDT skorları sağ kulak için %87, sol kulak için %86 dan yüksek olması.

Kontrol Grubu;

- 18-32 yaş aralığında olması,
- Her iki kulakta 0.125-12 kHz frekans aralığında işitme eşiklerinin 25 dB' den düşük olması
- Normal timpanometrik bulguları olması,
    - ✓ Tip A immitansmetrik bulgusu,
    - ✓ Orta kulak basıncı ±50 daPa aralığında olması
    - ✓ Her iki kulakta da 500-4000 Hz' de ipsi ve kontralateral akustik refleks eşikleri elde edilmesi
- Ana dilinin Türkçe olması
- Nörolojik herhangi bir bozukluğu olmaması,
- MOBİD testinden 21 veya üzerinde puan almış olması,
- Bir dakikalık gürültü anket skorundan 4 ve altında puan almış olması,
- *Distortion Product gram* (DP-gram)' un sinyal seviyesi ile gürültü düzeyi arasındaki SNR oranında 6 dB üzerinde olması,
- DDT skorları sağ kulak için %87, sol kulak için %86 dan yüksek olması.

3.1.2 Çalışmaya Dahil Edilmeme Kriterleri

- 18-32 yaş aralığında olmaması,
- Her iki kulakta 0.125-12 kHz frekans aralığında işitme eşiklerinin 25 dB'den büyük olması
- Normal olmayan timpanometrik bulguları olması,
    - ✓ Tip A immitansmetrik bulgusu olmaması,
    - ✓ Orta kulak basıncı ±50 daPa aralığında olmaması
    - ✓ Her iki kulakta da 500-4000 Hz' de ipsi ve kontralateral akustik refleks eşikleri elde edilmemesi

- Ana dilinin Türkçe olmaması
- Nörolojik herhangi bir bozukluğu olması,
- MOBİD testinden 21 puanın altında bir skora sahip olması,
  Distortion Product gram (DP-gram)' un sinyal seviyesi ile gürültü düzeyi arasındaki SNR oranında 6 dB' in altında olması,
- DDT skorları sağ kulak için %87, sol kulak için %86 dan düşük olması.

3.2. Araçlar ve Yöntem

Araştırmaya katılan tüm bireylere, kulak burun boğaz muayenesi, işitme testleri, immitansmetrik testler, DPOAE testi, işitsel beyin sapı cevapları, gürültüde konuşma anlama testleri (hem gürültüde adaptif cümle testi hem de gürültü olmadan adaptif olmayan cümle testi), Montreal bilişsel değerlendirme testi (MOBİD), dikotik testler, gürlük adaptasyon testleri ve genlik modülasyonunu fark etme testi (GMFT) yapılmıştır. Araştırmamızda, psikofiziksel ve odyolojik testlerin tamamı değerlendirme standartlarında uygun bir şekilde, Industrial Acoustics Company (IAC) sessiz odalarında, 2 kanallı odyometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmamızda kullandığımız MOBİD testi, sertifikası olan bir doktor odyolog tarafından uygulanmıştır.

3.2.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi

Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MOBİD) dikkat ve konsantrasyon, yönelim, hafıza, yürütücü işlevler, lisan becerileri, görsel-mekansal yetenekler, hesaplama ve soyut düşünme gibi bilişsel boyutların değerlendirilmesinde kullanılabilecek standart ve kısa bir ölçüm yöntemidir (100, 101). MOBİD genellikle bilişsel bozukluğun etkilenmeye başladığı başlangıç dönemlerinde yüksek güvenirliği olan hızlı tarama aracıdır (102). MOBİD'den alınabilecek en yüksek skor 30 ve en düşük skor 0'dır. MOBİD ölçeğinde, 21 ve üstü skor almak bilişsel bir bozukluğun olmadığı (101) ve 21 altı skor ise bilişsel bozukluğun olabileceği şeklinde yorumlanır (103).

İnsan yaşamı boyunca bilişsel işlevler ve becerilerdeki bireysel farklılıklar yaşla birlikte önemli bir değişiklik olmamaktadır (103-105). Bu değişiklik etkisini en

aza indirmek için araştırmamıza MOBİD ölçeğinden 21 ve üstü skor alan bireyler alınmıştır.

3.2.2. Gürültü Maruziyet Anketi

Bireylerin son bir yılda (geçen 12 ay boyunca) gürültüye maruz kalma seviyesini değerlendiren bir testtir. Bu test bireyin hangi gürültüye, hangi seviyede maruz kaldığını belirten 3 soru bulundurur. Bu sorular;

- Hangi sıklıkla tüfek, tabanca, av tüfeği gibi ateşli silahlarla ateş ettiniz veya ateşli silahlarla ateş edilen yerler etrafında bulundunuz?
- Çalıştığınız iş yerinde ne sıklıkla yüksek sese maruz kaldınız?
- Elektrikli el aletleri, çim biçme makinası veya yüksek sesli müzik gibi seslere ne sıklıkta maruz kaldınız?

Çalışmaya katılan bireyler bu sorulara cevap verirken 'Hiç, Ayda birkaç kez, Aylık, Haftalık, Günlük' cevaplarından birisini seçer. Skorlar değerlendirirken "Hiç= 0, Ayda birkaç kez =1, Aylık = 2, Haftalık =3, Günlük =4"değerleri kullanılır. Gürültü maruziyet skoru 5 ve üstü olan bireyler yüksek riskli gürültü maruziyetine maruzdur diye değerlendirilmiştir (106). Çalışmamızda gürültü anket skorundan 4 ve altı alan bireyler gürültü maruziyeti olmayan kontrol grubunda değerlendirilirken, gürültü anket skoru 5 ve üstü alan bireyler gürültü maruziyeti olan çalışma grubunda değerlendirilmiştir.

3.2.3. Odyolojik Değerlendirme

Kulak burun boğaz muayenesinden sonra, araştırmaya katılan bireylerin tamamının hem hava yolu hem de kemik yolu işitme eşikleri *Otometrics Madsen Astera-2* marka 2 kanallı odyometre cihazı ile yapılmıştır. Hava yolu işitme eşikleri 0.125-8 kHz frekans aralığında Sennheiser TDH 49 P *supraural* kulaklık ve 8-12 kHz frekans aralığında ise Sennheiser HDA 200 *circumaural* kulaklıklar ile yapılmıştır. Kemik iletimi işitme eşikleri ise 0.5-4 kHz frekans aralığında Radioear B71 kemik vibratörü kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin immitansmetrik değerlendirmesi ise 226 Hz probe ton kullanılarak *Grason-Stadler* (GSI) marka klinik timpanometre cihazı ile yapılmıştır.

3.2.4. Distortion Product Otoacoustic Emission

Otoakustik emisyon ölçümleri *Otometrics Capella Distortion Product Otoacoustic Emission* (DPOAE) ile yapılmıştır. DPOAE iki saf sesin (f1,f2) bir kulakta aynı anda verilmesiyle oluşmaktadır. Genellikle klinikte değerlendirilen uyarı seviyelerinin birisinde f1, diğerinde f2 frekansının geniş bir frekans bölgesine karşı kayıt alınarak oluşturulmaktadır. Bu grafik DP-gram olarak adlandırılır. Dış tüy hücrenin fonksiyonel durumunu test etmek için DPOAE düşük gürültü mikrofon sistemi ile kaydedilmiştir. DP gram (artan uyarı frekansı üzerinde DPOAE fonksiyon seviyesi) 1k Hz 'den 8 kHz 'e kadar olan frekans bölgesine karşı her oktavdaki dört noktanın rezolasyonu kaydedilmiştir. DPOAE testinde tüm ölçümlere var /yok şeklinde bakılmıştır. DPOAE' i 1-8 kHz frekans aralığında sinyal düzeyi, gürültü düzeyinin 6 dB üzerinde olması geçti kriteri olarak alınmıştır (107) ve düşük olan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

3.2.5. İşitsel Beyin Sapı Cevabı (İBC)

Elektrofizyolojik değerlendirme, Faraday kafesli test odasında Vivasonic İntegrety^{TM} V500 (Auditory Diagnostic System) İBC cihazı ile yapılmıştır. İBC testi bireylerin sedyeye rahat bir pozisyonda uzanarak ve doğal uyku durumlarında yapılmıştır. Test için daha iyi işitme eşiklerine sahip kulak tercih edilmiştir. Eğer kulaklar arasında hava yolu işitme eşiklerinde fark yoksa test için sağ kulak tercih edilmiştir. Hastalara test elektrotları yerleştirilmeden önce elektrot bağlanacak bölgeler temizlenmiştir. Elektrot yerleşimi; aktif elektrot (pozitif) alın üst kısmına (genellikle saç bitimine), toprak elektrot (*ground*) alın alt kısmına, referans (*negative*) elektrotların birisi sol mastoid bölgeye, diğeri ise sağ mastoid bölgeye yerleştirilerek sağlanmıştır. Teste başlamadan önce elektrot-cilt empedanslarının 3 kΩ altında kalması sağlanmıştır. Uyaran 30 Hz de yüksek geçirgen filtre (*high pass*) kullanılarak alternatif polaritede verilmiştir. ER3A insert kulaklıklar alçak geçirgen karakterine sahip olduğu için kulağa verilen uyaranlar 1500 Hz de sınırlı band genişliğine sahiptir. Akustik uyarı ER-3A insert kulaklık ile verilmiştir. Uyarı 9. 1 Hz hızında (rate) 70, 80, 90, 99 n HL seviyelerinde 100 μs klik uyaran kullanılarak kaydedilmiştir. Test edilen kulaktan klik uyaran, karşı kulaktan ise İBC cevaplarının yayılımını engellemek için

55 dB n HL de geniş bant maske verilmiştir (108, 109). 70, 80 nHL de seviyesinde verilen sesler 2048 tekrar (*sweepe*) kadar, 90, 99 nHL de verilen sesler ise 1024 tekrarda cihaz yazılımında (*software*) izin verilen *artifact reject* kadar avarajlanmıştır. İBC'nin I. dalgası rodent modellerinde gürültü maruziyetinin etkisine hassas olan işitme sinir fonksiyonunu yansıttığı için (8) İBC verileri I. dalga ve V. dalganın genlik büyüklüğü ve latans değerleri test bitiminde hem araştırmacı hem de başka bir uzman tarafından değerlendirilmiştir.

3.2.6. Gürültüde Konuşmayı Anlama Testi

Türkçe Matriks Test

Türkçe Matriks Cümle Testi, en sık kullanılan Türkçe kelimenin içinden elli adet kelimeyi rasgele seçerek sentaktik sabit cümleler kuran ve çoğunlukla günlük hayatta kullanılan cümle biçimleri ile gürültü altında konuşma anlaşılırlığını değerlendiren bir ölçüm yöntemdir.

Bu test içindeki kelimeler Türkçe cümle yapısı uygun bir şekilde isim - sıfat -nesne - fiil dizilmiş ve aynı cümle yapısı içinde 50 kelimeli rasgele seçilmiş cümleler bulunmaktadır. Her bir cümlede anlam bakımından birbirinden bağımsız 10 kelime bulunur. Cümle yapısı içinde son ek kullanılmamış, sadece fiillerde geçmiş zaman ve üçüncü tekil şahıs ekleri kullanılmıştır. Bu yapı ile cümle yapıları doğru olan 100.000 değişik cümle elde edilebildiği için öğrenme etkisini ortadan kaldırmaktadır (110).

Çalışmamızda gürültüde adaptif hem de adaptif olmayan yöntem kullanılmış ve her biri 20 cümlelik test prosedürü ile değerlendirilmiştir. Matriks testinde Adaptif bir ölçüm yapılacağı zaman gürültü seviyesi hastanın kolaylıkla duyabileceği ortalama 65dB-SPL şiddet seviyede sabit tutulmuştur. Testin sonunda adaptif prosedür hastanın anlama eşiğine yaklaşmaktadır. Katılımcıların sinyal gürültü oranı (SGO) %50 eşik değerinde dB olarak belirlenmektedir.

Test öncesinde bireylere testin yapılışı hakkında bilgi verilmiş ve ne duyarlarsa tekrar etmeleri söylenmiştir. Türkçe Matriks testi *Industrial Acoustics Company* (IAC) sessiz odasında yapılmıştır. Tüm sesler *Otometrics Madsen Astera-2* marka 2 kanallı odyometre cihazı ile Sennheiser HDA 200 *circumaural* kulaklıklar kullanılarak yapılmıştır.

3.2.7. İşitsel İşlemleme Testi

Dikotik Dijit Test

Santral işitsel işlemlemeyi değerlendirilmesi için en yaygın kullanılan uyarı çeşidi dikotik dinleme testidir. Dikotik dinleme testlerinin kullanılan uyaranın özelliğine ve türüne göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Bu test, anlamsız cümlelerle veya hecelerle yapılabildiği gibi sayı dizileri (dijit) ile de yapılabilmektedir. Dikotik dijit test, farklı sayı dizilerinin aynı anda kulakların her ikisine birden verilmesidir (111-113).

Dikotik dijit testinde, sayı dizilerinin hatırlama ve tekrar edilmesinde kısa süreli belleğin etkin bir rolü olabileceği belirtilmiştir (114). Ayrıca hem kortikal hem de hemisferik lezyonların belirlenmesinde kısa sürede uygulanabilen ve değerlendirilen bir test olduğu belirtilmiştir(115). Bireyden her iki kulağına gelen uyaranı söylemesi istenerek bilateral entegrasyon becerileri değerlendirilirken, bireyden istenilen kulak tarafındaki uyaranı söyleyerek kulaklar arasındaki farklılığı ayırt etme becerisi değerlendirilmektedir (116) .

Çalışmamızda kullandığımız dikotik dinleme testinde, 1'den 10'a kadar olan sayılar kullanılmış ve her bir dizinde bir birinden farklı ikişer tane sayı bulunan dizinler oluşturulmuştur. Her kulakta 40 'ar sayı olmak üzere toplamda 80 adet dijit oluşturulmuştur. Bireylerin cevap vermesi için her sayı dizisi arasında 5 saniye ara verilmiştir. Dikotik dijit testinde skorun belirlenmesinde, test her iki kulak için ayrı ayrı değerlendirilerek her bir dijitin değeri %2,5 olarak belirlenmiş ve her kulak için sonuç yüzde olarak verilmiştir. Turkyılmaz ve diğ. (117) tarafından Türkçe konuşan bireyler üzerinde yapılan dikotik dijit testinde, sağ kulak sonucu %95 güven aralığında %97,45±5,16 sol kulak için ise %96,49±4,83 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda, Turkyılmaz ve diğ.(117) yaptıkları araştırma referans alınarak bireylerin sağ ve sol kulak için sırasıyla normalizasyon skoru %87, %86 olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

3.2.8. Psikofiziksel Testler

Genlik Modülasyonunu Fark Etme Testi (GMFT)

Genlik modülasyonu (GM) fark etme eşiğini bulmak için dar bant (*narrowband*) arka alan gürültüsünde her bir bireye GM fark etme testi yapılmıştır. 5 kHz' lik taşıyıcı tonun 19 Hz 'e sinüzoidal olarak modüle edilmesi sonucu oluşan ses 75 dB SPL' de bireye verilmiştir. 5 kHz taşıyıcı frekans, gürültü maruziyeti olan bireylerde en çok etkilenen bölge olması nedeni ile seçilmiştir (118, 119). Deney sırasında modülasyon derinliği 0-1 arasında adaptif olarak değiştirilir. Bu elde edilen değer 20 log10 m formülü ile dB olarak bireylerin GM fark etme eşiği belirlenmiştir (120).

Genliğe modüle edilen ses, 5 kHz de merkezi frekansı olan ve 40 dB spektrum arka alan gürültü seviyesinde hastaya verilmiştir (121). 40 dB spektrum gürültü seviyesi, yüksek spontan oranlı işitme sinir liflerinin katkısını azaltmak ve düşük spontan oranlı liflere bağlanan işitsel sistemdeki kodlama zarfını engellemek için seçilmiş bir seviyedir. Dar bant gürültünün bant genişliği bir oktavın 1/3 üne ayarlanmıştır.

Bu çalışmada, SAM testini yapmak için *Parameter Estimation by Sequential Testing* (PEST) metodu kullanılmıştır. PEST algoritması, performansın önceden tanımlanmış bir seviyeye ulaştığı noktayı hızlıca bulmak için bir görevin zorluğunu ayarlamadaki kurallar bütününü oluşturmaktadır. Formal olarak baktığımızda, bazı sinyallerin bir özelliği (bağımsız değişken), belli bir doğruluk (bağımlı değişken) performansıyla sonuçlanan büyüklüğü bulmak için ayarlanmasıdır. (122). PEST yönteminde, kullanılan test prosedürleri; 3 interval-3 alternatif zorunlu seçim yöntemi olarak ve p hedef değer 0.75 olarak belirlenmiştir. Bireylere dar bant gürültü içerisine gömülmüş 3 tane ses dinletilmiştir. Bir uyarı genliğe modüle edilmiş ses iken, diğer iki ses ise modüle edilmeyen seslerden oluşturulmuştur. Hedef tonun pozisyonu her bir denemede rasgele bir şekilde verilmiştir. İlk ses verilmeden önce 500 milisaniye arka alan dar bant gürültüsü verilmeye başlanmış ve 3. ses verildikten 500 milisaniye sonra da verilmeye devam edilmiştir. Her bir ses arası boşluk 1 saniye olarak sabitlenmiştir. 3 ses verildikten sonra bireylerden, hedef sesin hangi ses olduğunu göstermesi için ekranda çıkan "1, 2, 3" sayılarından birisini seçmesi istenmiştir.

Kullandığımız Matlab proğramında ekranda 3 adet sayısal cevap “1, 2, 3” çıkmaktadır ve bireyler bu sayılardan birisini fare ile seçerek diğer uyarıya geçmektedir (Şekil 3.1)). Hedefin GM derinliği 6 dB (%50) ile başlatılmıştır. Test adaptif olarak son modulasyon değişme büyüklüğü 0.45 dB oluncaya kadar devam etmiştir. Son iki final adımların GM derinlik ortalamaları eşik olarak alınmıştır (122). Genlik modülasyon fark etme testinde kullanılacak uyarılar için Matlab 2017.b programı kullanılmıştır.



Şekil 0.1. Genlik modülasyonu fark etme testi (Matlab 2017.b).

Genliğe Modüle Edilen Testler

1. Deney

Gürlük adaptasyonu için oluşturulan uyarılar Praat 64-bit kullanılarak 44, 1 örneklem hızında ve 100 ms başlangıç ve bitiş sürelerinde bağlı dijital olarak oluşturulmuştur. Modülasyon frekansı değişiminin, gürlük adaptasyonundaki algıyı etkileyip etkilemediğini araştırmak için 185 saniye içerisinde oluşturulan uyarının gürlüğündeki değişimler ölçülerek adaptasyon miktarı belirlenmiştir (24). Bireylere sinüzoidal olarak % 100 modülasyon derinliğinde ve 5 modülasyon frekansının (0, 4, 20, 50 ve 100 Hz) birinde 5 adet genliğe modüle edilmiş uyaran verilmiştir.

Tüm bireylere her bir uyarı, 12 kHz saf ses eşiğinin 15 dB SL’ inde (123, 124) dinletilmiştir. Sesin başlangıcından hemen sonra başlayıp, bireylerin gürlük algısı 185 saniyelik sesin tamamını dinleyene kadar ilk 5 saniyede ve ondan sonraki her 30 saniyede değerlendirilmiştir. Gürlük algısını ölçerken, oluşturulan uyarandan önce bireylere teste hazırlanması için, 2 adet 500 milisaniye süreli *tone burst* uyarı dinletilmiş ve hemen sonrada deney için oluşturulan ses verilmiştir. Uyarının gelişinden sonraki ilk 5 ms de bireylerden gürlük miktarını belirtmesi istenmiştir. Bireylere dinletilen uyaranın şiddetinin algısal gürlüğünü, ilgili zaman dilimine ilişkin bireye verilen gürlük skalasından 0-10 arasındaki sayısal değerlerden birisini dinletilen sesin algısal büyüklüğüne göre seçmesi istenerek değerlendirilmiştir (24). Her 30

saniyede yapılan değerlendirme karmaşasını önlemek için, bireye test odası dışından başka bir uzman odyolog tarafından görsel bir işaret verilerek katılımcıdan görsel işaret sonrası (ilgili zaman diliminde kabin içine lamba açıp/kapamak) gürlük miktarını belirtmesi istenmiştir. Oluşturulan 5 uyaranda rasgele dizinde verilmiştir. Her deney arası rezidual adaptasyonun etkisini azaltmak için ortalama 5 dakika ara verilmiştir. Adaptasyon % 0-100 arasındaki değerlerle ölçülmüştür. % 0 gürlükte bir değişimin olmaması, %100 ise sesin işitilemez olduğu anlamına gelmektedir.

Gürlük adaptasyonunu değerlendirmek için aşağıdaki eşikler kullanılmıştır;

Eşitlik 3. 1 % adaptasyon =100*(Lt –L0)\L0

Lt = t zamanındaki gürlük değeri, L0= başlangıçtaki gürlük değeri (23, 27).

Pozitif sayılar sesin zaman içerisinde gür olduğunu gösterir. Gürlük adaptasyonunun zaman dilimi üstel bir eşitlik ile de değerlendirilebilir;

Eşitlik 3. 2 y(t)= s (1-e^(-t\τ)).

Yukardaki eşitlikte y(t), t zamanındaki adaptasyon miktarı, s, sonsuz uzunluktaki bir uyarıda adaptasyon miktarını temsil eden kararlılık sabitidir. τ, kararlılık sabitinin % 63'üne ulaşan zaman miktarını temsil eden sabitidir (23, 27). Kararlılık değeri -%100 ve %0 arasında, zaman sabiti 0 ile 180 s arasındadır. Çalışmamızda, elde ettiğimiz gürlük değerlerimizi hesaplamak için Matlab 2017.b software' ı kullanılmıştır. İyi uygunluk parametrelerine (zaman sabiti, saturasyon ve R^2 değerleri) M*atlab 2017.b curve fitting exponential function* ile bakılmış ve elde ettiğimiz eğri gürlük zamana göre azalma veya artması sırasında gürlük adaptasyonundaki değişimin analizi için kullanılmıştır.

t = 0 için y(0)= 0

$t \rightarrow \infty$ $y(\infty) = s$

Yani başlangıçta uyarı gönderilmeden önce gürlük düzeyi sıfır iken, uyarı verildikten belli bir süre sonra yavaş yavaş adaptasyon gelişmeye başlar ve belli bir zaman sonra adaptasyon maksimum düzeye ulaşarak (%) ses duyulamaz olur. Bu durum gürlük adaptasyonunda zaman sabiti olarak adlandırılır ve birimi saniye olarak tau (τ) ile gösterilir. Yani uyarı gönderilmeye başlandıktan τ saniye sonra gürlük

adaptasyon değeri maksimum adaptasyon değerinin " s " (-100%) 0,632'sine ulaşmış olacaktır. Buna göre yaklaşık 5 τ süre sonra tamamıyla adaptasyon gelişmiş olacağı belirtilmiştir.

2. Deney

Gürültüye maruz kalmış bireylerde etkilenmeyen yüksek spontan oranlı işitme sinir liflerinin etkisini azaltmak için, karşı kulaktan dar bant gürültü verilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, bireylerin gürültü altında modülasyon frekansı değişiminin gürlük adaptasyonundaki algıyı etkileyip etkilemediğini araştırmak için, 185 saniye içerisinde oluşturulan uyarının gürlükteki değişimlerine göre gürlük adaptasyon miktarı belirlenmiştir. Dar bant gürültü merkez frekansı 12 kHz olan ve 1/3 oktav bant genişliği olan bir "*gaussian"* gürültü kullanılarak oluşturulmuştur. Sesler aynı birinci deneydeki gibi sinizodal olarak % 100 modülasyon derinliğinde ve 5 modulasyon frekansının birinde (0, 4, 20, 50 ve 100 Hz) amplitüde modüle edilerek 5 uyarı oluşturulmuş ve işitme eşikleri iyi olan kulaktan verilirken, uyarı başladıktan ilk 5 ms sonra kontralateral taraftan (genellikle sol kulak) 180 saniye süre ile dar bant gürültü 40 dB SPL de verilerek maskelenmiştir Birinci test sırasında uygulanan tüm işlemler ikinci test içinde uygulanmıştır.

3. Deney

Gürlük adaptasyonunun taşıyıcı frekans etkisini araştırmak için 185 saniye içerisinde bir uyarının gürlüğündeki değişimler ölçerek adaptasyon miktarı belirlenmesi için (24), tüm bireylere sesler 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz saf ses eşiğinin 15 dB SL 'de dinletilmiştir. Tonlar her bir taşıyıcı frekans için 4 Hz frekansta %100 modülasyon derinliği ile genliğe modüle edilmiştir. Birinci test sırasında uygulanan tüm işlemler ikinci test içinde uygulanmıştır.

4. Deney

Gürültü altında gürlük adaptasyonun taşıyıcı frekansı üzerine etkisini araştırmak için 185 saniye içerisinde kontralateral kulağa gürültü varlığında verilen bir sesin gürlüğündeki değişim ölçülerek adaptasyon miktarı belirlenmiştir. Üçüncü deney için oluşturulan uyarıların tümü kontralateral kulaktan verilen uyarının taşıyıcı frekans ile aynı aynısında merkez frekansa sahip dar bant gürültü ile maskelenerek

adaptasyondaki değişim araştırılmıştır. Deney 2 deki tüm ölçümler burada araştırılacaktır. Birinci test sırasında uygulanan tüm işlemler ikinci test içinde uygulanmıştır.

5. Deney

Gürlük adaptasyonun modülasyon derinliği üzerine etkisini araştırmak için 185 saniye içerisinde bir uyarının gürlüğündeki değişimler ölçülerek adaptasyon miktarı belirlenmiştir (24). Tüm bireylere, 12 kHz taşıyıcı frekansa sahip 4 Hz modülasyon frekansı olan uyaranlar % 0, %25, %50 ve %100 olan 4 farklı modülasyon derinliğindeki uyaranlar 12 kHz saf ses eşiğinin 15 dB SL' inde dinletilmiştir. Tonlar 4 Hz frekansta modülasyon derinliği ile genliğe modüle edilmiştir. Deney 1 deki tüm ölçümler burada araştırılacaktır. Birinci test sırasında uygulanan tüm işlemler ikinci test içinde uygulanmıştır.

6. Deney

Gürültü altında gürlük adaptasyonun modülasyon derinliği üzerine etkisini araştırmak için 12 kHz taşıyıcı frekansa sahip 4 Hz modülasyon frekansı olan uyaranlar % 0, %25, %50 ve %100 olan 4 farklı modülasyon derinliğindeki uyaranlar 12 kHz saf ses eşiğinin 15 dB SL' inde dinletilmiştir. Beşinci deney için oluşturulan uyarıların tümü kontralateral kulaktan verilen uyarının taşıyıcı frekans ile aynı aynısında merkez frekansa sahip dar bant gürültü ile maskelenerek adaptasyondaki değişim araştırılmıştır.

Deneyler bittikten sonra elde edilen verilerin tüm zaman dilimleri içindeki ilişki için Matlab 2017.b software' ı kullanılmıştır ve tüm elde edilen verilerin grafiklerle iyi uygunluk adaptasyon değerlerine bakılmıştır.

3.3. İstatiksel Analiz

Çalışmadaki istatiksel karşılaştırması IBM SPSS 23.0 programı ile yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistik bulgularda, verilerin ortalama, standart sapma, minimum, maksimum, ortanca ve çeyrekler arası değerleri verilmiştir. Çalışmamızda verilerin normal dağılıma gösteren durumunda ikili karşılaştırmada parametrik test olan Student t testi kullanılır iken, verilerin normal dağılıma göstermesi durumunda ise ikili grup

karşılaştırmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen bağımlı iki grup karşılaştırmasında *Wilcoxon* testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmaya katılan bireylerin gürlük adaptasyon değişiminin değerlendirilmesinde elde edilen bulgular her deney için sunulmuştur.

4.1. Bireylerin demografik özelliklerine göre verilen tanımlayıcı istatistikleri

Her bir gruba ait yaş, cinsiyet ve gürültü anket skoruna ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çalışmaya katılan bireylerin yaş, cinsiyet ve gürültü anket skorunun gruplara göre dağılımı.

Gruplar	Sayı	Cinsiyet				Yaş Ortalaması + SS	Yaş Aralığı	Gürültü Anket Skoru (GAS) +SS
		Erkek		Kadın				
	N	N	%	N	%			
Grup 1	39	16	41%	23	59%	21.3±3,46	18-32	7,07±1,7
Grup 2	30	8	26,7%	22	73,3%	20.9±2,66	19-32	2,51±1,43
Toplam	69	24	34,7%	45	65,2%	21,1 ±3,06	18-32	5,23±2,66

N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu, GAS: Gürültü anket skoru, SS: Standart sapma, p =istatistiksel anlamlılık düzeyi

Çalışmaya toplamda 69 birey katılmıştır. Bireylerin cinsiyet dağılımı grup 1' de 16 (%41) erkek, 23 (%59) kadın ve grup 2' de 8 (%26,7) erkek, 22 (%73,3) kadın şeklindedir.

Gruplar arasında yaş ortalamasına ve yaş aralığına bakıldığında; grup 1 için yaş ortalaması 21,3±3.46 ve yaş aralığı 18-32 iken, grup 2' deki yaş ortalaması 20,9±2,66 ve yaş aralığı 19-32 olduğu bulunmuştur.

Grup 1 ve grup 2 arasında cinsiyet ve yaş farklılığı Ki Kare Testi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet bakımından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Gürlük anket skorları incelendiğinde ise; grup 1' de 7,07±1,7 iken, grup 2' de ise 2,51±1,43 olarak elde edilmiştir. Gruplar arasındaki gürültü anket skoru Ki Kare Testi ile karşılaştırılarak, gruplar arasında gürültü anket skorları açısından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p< 0,05$).

4.2. İşime Testi Bulguları

Grup 1 ve grup 2' ye ait işitme eşiği ortalamaları sağ ve sol kulak için cinsiyet farklılığına göre Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitme eşiği ortanca değerleri.

Gruplar	Sayı	İşitme testi bulguları							
		Erkek				Kadın			
	N	Sağ SSO	%25-%75	Sol SSO	%25-%75	Sağ SSO	%25-%75	Sol SSO	%25- 75
Grup 1	39	0	0 - 5	2,5	0-8.75	0	0 – 5	0	0 – 5
Grup 2	30	0	0 - 0	2,5	0 - 5	0	0 – 5	0	0-1,25

SSO: Saf ses ortalaması ortanca değeri, N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu, SS: Standart sapma

Gruplar arasında sağ ve sol hava yolu işitme eşikler arası farklılık Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmış ve gruplar arasında sağ/sol hava yolu işitme eşikleri açısından istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$)

4.3. İşitsel Beyin Sapı Cevabı Bulguları

4.3.1. Bireylerin İşitsel Beyin Sapı Cevabı Genlik Bulguları

Grup 1 ve grup 2' ye ait işitsel beyin sapı cevaplarında farklı şiddetlerde elde edilen I, III ve V. dalga genliklerine ait bulgular Tablo 4.3' te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının ortalama genlik değerleri.

		Gruplar					
Şiddet Seviyesi	İBC Dalgaları	Grup 1 (N=39) Genlik Değerleri (µV±SS)			Grup 2 (N=30)Genlik Değerleri (µV±SS)		
		Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
99 dB nHL	I. dalga	0,08±0,17	0,11±0,29	0,10±0,24	0,17±0,13	0,13±9,69	0.14±0.15
	III. dalga	0,27±0,14	0,34±0,27	0,31±0,22	0,18±0,12	0,32±0,16	0.28±0.16
	V. dalga	0,41±0,19	0,44±0,24	0,43±0,22	0,42±0,23	0,57±0,21	0.53±0.22
90 dB nHL	I. dalga	0,10±0,21	0,17±0,24	0.14±0.23	0,10±0,16	0,09±0,17	0.09±0.16
	III. dalga	0,30±0,16	0,32±0,23	0.31±0.20	0,14±0,16	0,28±0,14	0.24±0.16
	V. dalga	0,53±0,18	0,56±0,16	0.55±0.17	0,31±0,37	0,37±0,18	0.36±0.24
80 dB nHL	I. dalga	0,17±0,2	0,22±0,21	0.20±0.21	-0,04±0,23	0,11±0,22	0.07±0.23
	III. dalga	0,29±0,14	0,29±0,20	0.29±0.17	0,15±0,25	0,27±0,25	0.24±0.26
	V. dalga	0,50±0,13	0,47±0,19	0.49±0.17	0,41±0,14	0,35±0,14	0.36±0.14
70 dB nHL	I. dalga	0,16±0,15	0,18±0,24	0.17±0.21	-0,05±0,12	-0,11±0,23	-0.09±0.21
	III. dalga	0,22±0,17	0,20±0,17	0.21±0.17	0,14±0,31	0,17±0,32	0.16±0.31
	V. dalga	0,41±0,14	0,33±0,25	0.36±0.21	0,37±0,32	0,35±0,26	0.36±0.27

Grup 1’ de 99, 90, 80 ve 70 dB nHL seviyelerinde kaydedilen klik İBC I, III ve V. dalga genlikleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı Student t testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Grup 1’ e ait İBC genlik değerleri karşılaştırmasında, 99 dB nHL seviyesinde verilen klik uyarıdan elde edilen İBC I. dalgasının genlik değeri ile 70 dB nHL (p= 0,021) ve 80 dB nHL (p= 0,004)’ de verilen İBC dalgasının genlik değeri arasındaki değişim istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p< 0.05). Ayrıca 99 dB nHL’ de elde edilen I. dalganın ortalama genlik değeri, 90 dB nHL ’de elde edilen ortalama genlik değerlerinden yaklaşık % 20 oranında, 80 ve 70 dB nHL’ de ise yaklaşık %50 oranında daha düşük olduğu bulunmuştur. Şiddet arttıkça genliğin azaldığı gözlenmiştir. Grup 2’ ye ait İBC genlik karşılaştırmasında ise, 99 dB nHL seviyesinde elde edilen I. dalga genlik değeri ile 70 dB nHL seviyesinde elde edilen genlik değeri arasındaki değişim istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p=0.000), ancak grup 1’ deki verilerden farklı olarak, grup 2’de şiddet arttıkça İBC I. dalga genliğinin arttığı gözlenmiştir.

İBC dalga genlikleri açısından gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (p<0,05). Hem grup 1 hem de grup 2’deki bireylerde İBC’ nin I. dalga genlikleri arasında 80 dB nHL (p= 0,21) ve 70 dB nHL (p=0,001) seviyesinde gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir. Ancak grup 1 ve grup 2 arasında şiddet değişimine göre ortalama değerler arasında ters bir ilişki olduğu bulunmuştur. Grup 2’ de İBC I. dalga genliğinin, şiddet artıkça (özellikle 80-90-99 dB nHL) şiddetle orantılı olarak artmış olduğu gözlenmiştir. 99 dB nHL ile 90 dB nHL seviyelerinde elde edilen İBC I. dalga genlikleri arasında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir (r=0.642, p=0.000). 99 dB nHL ile 80 dB nHL seviyelerinde elde edilen İBC I. dalga genlikleri arasında (r=0.395, p=0.001) ve 70 dB nHL seviyelerinde elde edilen İBC I. dalga genlikleri arasında (r=0.425, p=0.000) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir.

4.3.2. İşitsel Beyin Sapı Cevabı Latans Bulguları

Grup 1 ve grup 2’ ye ait işitsel beyin sapı cevaplarında farklı şiddetlerde elde edilen I, III ve V. dalga latanslarına ait bulgular Tablo 4.4’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının ortalama latans değerleri.

		Gruplar					
Şiddet Seviyesi	İBC Dalgaları	Grup 1 (N=39) Latans Değerleri (ms ± SS)			Grup 2 (N=30) Latans Değerleri (ms ± SS)		
		Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
99 dB nHL	I. dalga	1,26±0,75	1,25±0,07	0,10±0,24	1,30±0,12	1,27±0,05	1,28±0,08
	III. dalga	3,43±0,16	3,40±0,14	0,31±0,22	3,43±0,17	3,42±0,12	3,42±0,13
	V. dalga	4,99±0,56	4,99±0,43	0,43±0,22	5,09±0,40	5,00±0,24	5,02±0,27
90 dB nHL	I. dalga	1,32±0,55	1,30±0,07	0,14±0,23	1,36±0,19	1,35±0,14	1,36±0,16
	III. dalga	3,47±0,14	3,43±0,14	0,31±0,20	3,45±0,21	3,42±0,13	3,43±0,15
	V. dalga	5,28±0,24	5,21±0,20	0,55±0,17	5,15±1,89	5,15±0,14	5,15±0,97
80 dB nHL	I. dalga	1,47±0,09	1,45±0,08	0,20±0,21	1,48±0,15	1,43±0,06	1,44±0,10
	III. dalga	3,54±0,16	3,50±0,15	0,29±0,17	3,54±0,21	3,50±0,15	3,51±0,16
	V. dalga	5,30±0,27	5,23±0,25	0,49±0,17	5,31±0,09	5,23±0,15	5,24±0,19
70 dB nHL	I. dalga	1,64±0,10	0,18±0,24	0,17±0,21	-0,05±0,12	1,63±0,16	1,63±0,16
	III. dalga	3,61±0,20	0,20±0,17	0,21±0,17	0,14±0,31	3,61±0,16	3,62±0,16
	V. dalga	5,42±0,28	0,33±0,25	0,36±0,21	0,37±0,32	5,41±0,21	5,42±0,22

İBC I, III ve V. dalga latansları arasında şiddet seviyelerine göre grup ortalamaları arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05).

4.3.3. İşitsel Beyin Sapı Cevabı V/I Genlik Oran Bulguları

Grup 1 ve grup 2' ye ait işitsel beyin sapı cevaplarında farklı şiddetlerde elde edilen V/I genlik oranlarına ait bulgular Tablo 4.5' de gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarında V/I genlik oran değerleri.

	Gruplar					
Şiddet Seviyesi	Grup 1 (N=39) V/I Genlik oran değerleri ± SS			Grup 2 (N=30) V/I Genlik oran değerleri ± SS		
	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
99 dB nHL	4,29±9,02	8,95±17,15	7.04± 14.4	5,03±5,20	3,88±9,69	4.18±8.65
90 dB nHL	4,22±4,85	0,73±10,28	2.16±8.58	3,84±3,87	7,22±15,4	6.32±13.3
80 Db nHL	3,31±11,67	2,72±6,40	2.96±8.81	-1,53±3,20	0,36±2,84	-0.14±3.1
70 dB nHL	7,58±10,79	2,68±3,14	4.69±7.59	0,22±0,20	0,22±0,16	0.22±0.1

N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu

Gruplar arasında V/I genlik oranları arasında sadece 70 dB nHL şiddet seviyesinde istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (p<0.05). Ancak 99 dB nHL şiddet seviyesinde elde edilen İBC V/I genlik oranları diğer şiddet seviyelerinde alınan genlik oranlarının ortalama değerinden daha yüksek elde edilmiştir. Aynı zamanda grup 1' de elde edilen V/I genlik oranı grup 2'den yaklaşık %60 oranında daha fazla bulunmuştur.

4.3.4. İşitsel Beyin Sapı Cevabı V-I İnterlatans Farklılıkları

Grup 1 ve grup 2' ye ait işitsel beyin sapı cevabında farklı şiddetlerde elde edilen V-I interlatans farklılıklarına ait bulgular Tablo 4.6' de gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait işitsel beyin sapı cevaplarının V-I interlatans farklılıkları.

	Gruplar					
Şiddet Seviyesi	Grup 1 (N=39) V-I interlatans (ms ± SS)			Grup 2 (N=30) V-I interlatans (ms ± SS)		
	Erkek	Kadın	Toplam	Erkek	Kadın	Toplam
99 dB nHL	3,73±0,55	3,74±0,33	3.74±0.43	3,84±0,12	3,85±0,23	3.74±0.26
90 dB nHL	3,75±0,24	3,74±0,17	3.75±0.21	3,85±1,81	3,82±0,10	3.62±0.93
80 dB nHL	3,83±0,25	3,74±0,23	3.78±0.24	3,83±0,18	3,84±0,14	3.80±0.15
70 dB nHL	3,77±0,25	3,83±0,39	3.80±0.34	3,83±0,24	3,86±0,12	3.79±0.16

V/I: Dalga genlik oranı, N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu

İBC V-I interlatans farklılıklarında şiddet seviyelerine göre grup ortalamaları arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

4.4. Gürültüde Konuşmayı Anlama Test Bulguları

4.4.1. Türkçe Matris Test Bulguları

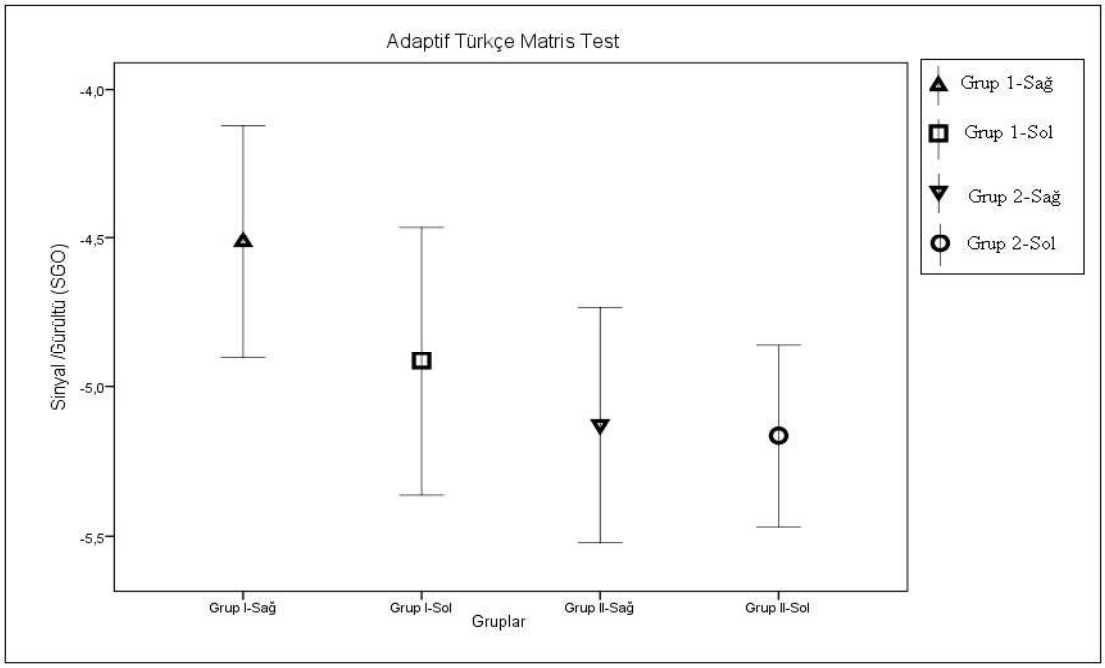
Türkçe Matris testi ile konuşma anlaşılabilirliği hem sessiz ortamda her iki kulakta adaptif olmayan işlem ile hem de gürültü altında her iki kulak için ayrı ayrı adaptif test işlemi olarak değerlendirilmiştir. Grup 1 ve grup 2' ye ait tek kulak adaptif test işlemlerinde elde edilen tanımlayıcı istatistik bulguları Tablo 4.7' te verilmiştir.

Tablo 4.7. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait tek kulak için adaptif Türkçe Matris Test bulguları.

Gruplar	Sayı	Adaptif Türkçe Matris Test (ATMT)			
		Erkek		Kadın	
	N	Sağ ATMT ±SS	Sol ATMT ±SS	Sağ ATMT ±SS	Sol ATMT ±SS
Grup 1	39	-4,04±1,17	-3,9±2,79	-4,59±1,02	-5,04±1,21
Grup 2	30	-4,56±0,36	-3,33±3,49	-5,33±1,15	-5,35±0,8

ATMT: Adaptif Türkçe Matris Test, N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu, SS: Standart sapma

Gruplar arasında adaptif Türkçe Matris Test ortalamaları Student t testi kullanılarak karşılaştırılmış ve gruplar arasında adaptif Türkçe Matris Test ortalamaları açısından yalnızca sağ kulakta istatistiksel bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Şekil 4. 1' de grupların her biri için sağ ve sol kulaktaki adaptif Türkçe Matris Test ortalama değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Grupların her biri için sağ ve sol kulakta adaptif Türkçe Matris Test değerleri.

Grup 1 ve grup 2' ye ait her iki kulak için adaptif olmayan test işlemine ait elde edilen tanımlayıcı istatistik bulguları Tablo 4.8' te verilmiştir.

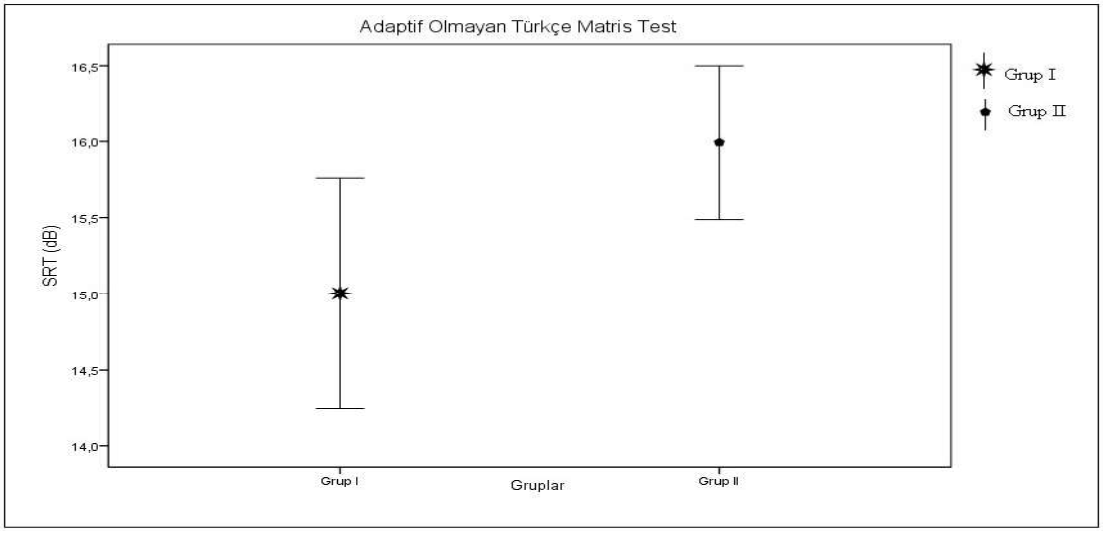
Tablo 4.8. Grup 1 ve 2' deki bireylere ait adaptif Türkçe Matris Test bulguları.

Gruplar	Sayı	Adaptif Olmayan Türkçe Matris Test (AOTMT)		
	N	Erkek ± SS	Kadın ± SS	Toplam
Grup 1	39	15,1±1,77	14,1±6,59	14,42±5,1
Grup 2	30	16±1,0	15,97±1,48	15,99±1,35

AOTMT: Adaptif Olmayan Türkçe Matris Test, N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu, SS: Standart sapma

Gruplar arasında adaptif olmayan Türkçe Matris Test ortalamaları Student t testi kullanılarak karşılaştırılmış ve gruplar arasında adaptif olmayan Türkçe Matris

Test ortalamaları açısından istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır (p > 0,05). Şekil 4. 4' de grupların adaptif Türkçe Matris Test ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. Grupların her biri için adaptif olmayan Türkçe Matris Test ortalamaları.

4.5. Psikofiziksel Test Bulguları

4.5.1. Genlik Modülasyonu Fark Etme Eşik Test (GMFE) Bulguları

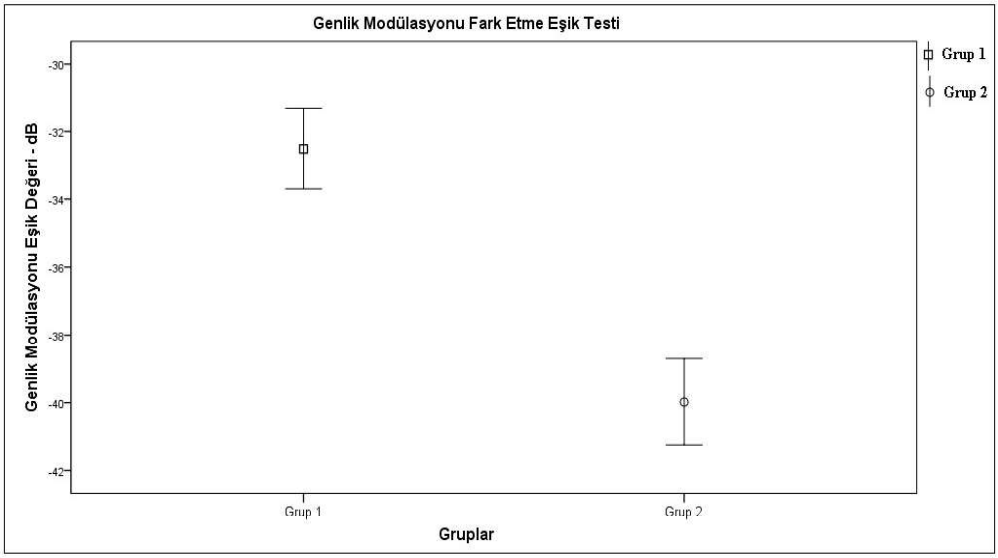
Grup 1 ve grup 2' ye ait genlik modülasyonu fark etme test ortalamaları cinsiyet farklılığına göre Tablo 4.9' da verilmiştir.

Tablo 4.9. Grup 1 ve grup 2' deki bireylere ait genlik modülasyonu fark etme eşik testi ortalama bulguları.

Gruplar	Sayı	Genlik Modülasyonu Fark Etme Eşiği (GMFE)		
	N	Erkek ± SS	Kadın ± SS	Toplam ± SS
Grup 1	39	-31. 7 ± 3.71	-33. 4 ± 3.23	33±3.77
Grup 2	30	-39.77 ± 3.72	-40.05 ± 3. 4	-39.98±3.42

GMFE: Genlik Modülasyonu Fark Etme Eşiği, N: Katılımcı sayısı, Grup 1: Çalışma grubu, Grup 2: Kontrol grubu, SS: Standart sapma

Gruplar arasında arka alan gürültüsünde genlik modülasyonu fark etme eşik ortalamaları Student t testi kullanılarak yapılmış ve gruplar arasında genlik modülasyonu fark etme eşik ortalamaları açısından istatistiksel bir farklılık bulunmuştur (p < 0,05). Şekil 4. 3' te grupların genlik modülasyonu fark etme eşik ortalama değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Grupların genlik modülasyonu fark etme eşik ortalama bulguları.

4.5.2. Modülasyon Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları (Deney I)

Grup 1' e ait gürültü olmadan gürlük adaptasyonu test sonuçları

Deney 1 'de karşı kulaktan arka plan gürültüsü verilmeden yapılan beş modülasyon frekansına bağlı sesin her birinin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.10' da ve Şekil 4. 4' te gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliğinde 5 farklı modülasyon frekansı olan seslerde grup 1' e ait gürlük adaptasyonu.

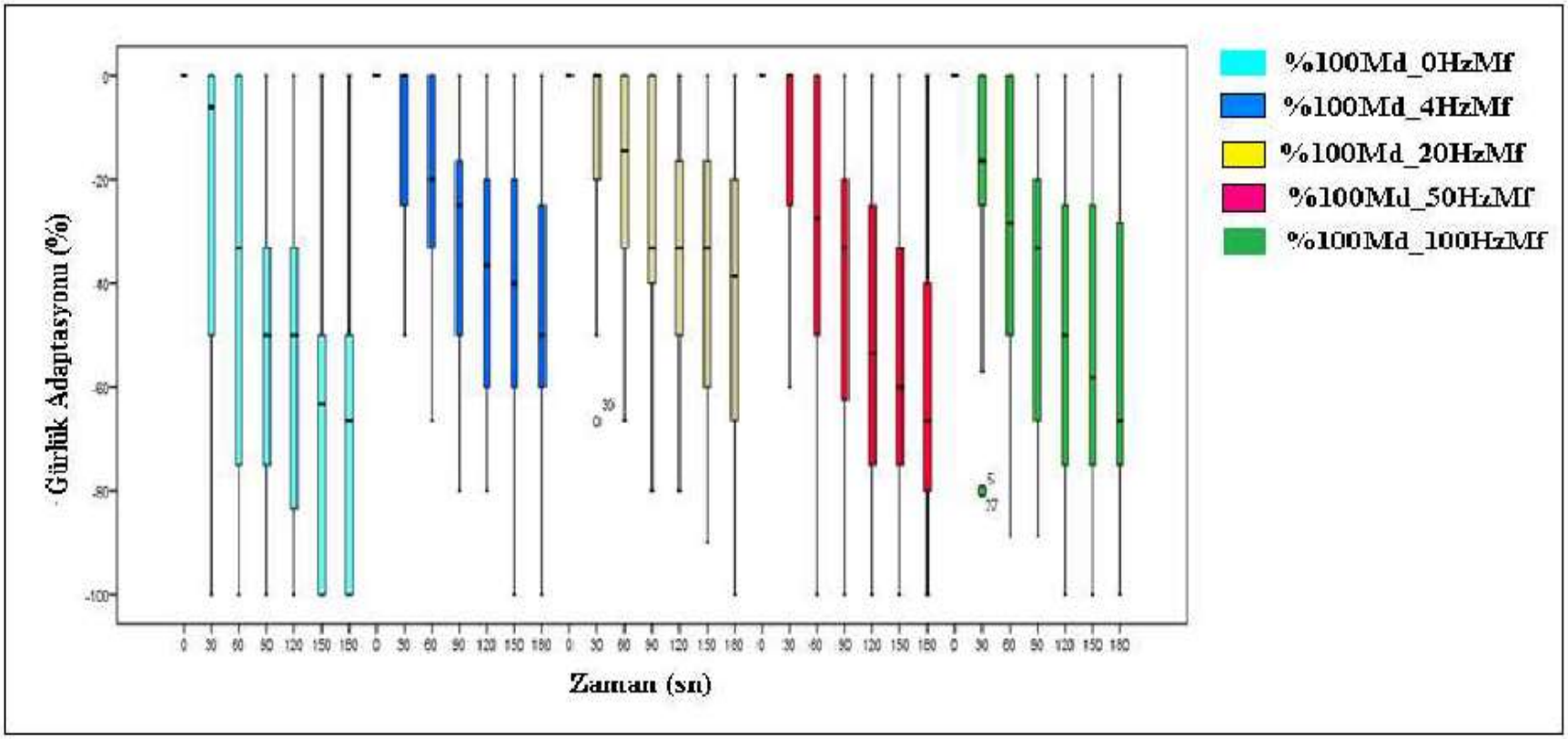
Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler		
					% 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
0 Hz_Mf_30 _sn	39	-22.65±28.84	-100	0	-50	-12,5	0
0 Hz_Mf_60 _sn	39	-40,32±36,25	-100	0	-75	-33,3	0
0 Hz_Mf_90_sn	39	-51,48±31,79	-100	0	-75	-50	-33,3
0 Hz_Mf_120_sn	39	-55,69±32,67	-100	0	-83,3	-50	-33,3
0 Hz_Mf_150 _sn	39	-62,06±33,59	-100	0	-100	-66,6	-50
0 Hz_Mf_180 _sn	39	-64,49±34,92	-100	0	-100	-66,6	-50
4 Hz_Mf_0 _sn	39	0	0	0	0	0	0
4 Hz_Mf_30_sn	39	-12,50±18,09	-50	0	-26,25	0	0
4 Hz_Mf_60_sn	39	-20,36±20,68	-67	0	-33,3	-20	0
4 Hz_Mf_90_sn	39	-32,15±23,79	-80	0	-50	-25	-16,6
4 Hz_Mf_120_sn	39	-39,10±22,61	-80	0	-60	-40	-20
4 Hz_Mf_150_sn	39	-42,33±25,62	-100	0	-60	-40	-20
4 Hz_Mf_180_sn	39	-43,23±30,02	-100	40	-60	-50	-20

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Max: Maksimum

Tablo 4.10. (Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliğinde 5 farklı modülasyon frekansı olan seslerde grup 1' e ait gürlük adaptasyonu.

Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler		
					% 25	% 50 (Ortanca)	% 75
20 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
20 Hz_Mf_30_sn	39	-10,96±17,38	-67	0	-20	0	0
20 Hz_Mf_60_sn	39	-19,23±20,17	-67	0	-33,3	-16,6	0
20 Hz_Mf_90_sn	39	-28,97±22,66	-80	0	-50	-33,3	0
20 Hz_Mf_120_sn	39	-32,50±23,88	-80	0	-50	-33,3	-16,6
20 Hz_Mf_150_sn	39	-38,35±27,21	-90	0	-66,6	-33,3	-16,6
20 Hz_Mf_180_sn	39	-43,95±31,38	-100	0	-66,6	-40	-20
50 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
50 Hz_Mf_30_sn	39	-14,20±18,76	-60	0	-25	0	0
50 Hz_Mf_60_sn	39	-30,78±29,26	-100	0	-50	-30	0
50 Hz_Mf_90 _sn	39	-40,99±28,31	-100	0	-62,5	-33,3	-20
50 Hz_Mf_120_sn	39	-50,62±28,90	-100	0	-75	-50	-25
50 Hz_Mf_150_sn	39	-53,27±28,35	-100	0	-75	-60	-33,3
50 Hz_Mf_180_sn	39	-60,80±30,59	-100	0	-80	-66,6	-40
100 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	-25	0	0
100 Hz_Mf_30_sn	39	-18,32±21,24	-80	0	-50	-16,6	0
100 Hz_Mf_60_sn	39	-32,07±28,16	-89	0	-66,6	-28,5	0
100 Hz_Mf_90_sn	39	-38,74±28,90	-89	17	-75	-33,3	-20
100 Hz_Mf_120_sn	39	-47,83±29,30	-100	0	-75	-50	-25
100 Hz_Mf_150_sn	39	-52,93±30,53	-100	0	-75	-66,6	-25
100 Hz_Mf_180_sn	39	-55,67±31,28	-100	0	-75	-66,6	-28,5

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Max: Maksimum



Şekil 4.4. Zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon frekansı (Mf) olan uyaranlarda grup 1'e ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir modülasyon frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 1 için arka plan gürültüsü olmadan verilen uyaranlarda, tüm değişken sinyallere karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı *Friedman* testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği görülen durumlarda ikişerli karşılaştırmalar *Wilcoxon* testi kullanılarak yapılmış ve *Bonferroni* düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan deneyde, modüle edilmeyen ses ile modüle edilen sesler karşılaştırıldığında; uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra 4 ölçümde elde edilen değerlerin ortalamalarında bir artma görülmesine rağmen (modülasyon frekansı arttıkça ortalama gürlük seviyesi artmıştır) ortalama en fazla gürlük adaptasyonu modüle edilmeyen seste elde edilmiştir. Uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra uyaranların ortanca değerleri arasında ise; modüle edilmeyen uyaran, 50 ve 100 Hz modülasyon frekansı olan uyaran ile aynı değerlere sahip iken, 4 ile 20 Hz modülasyon frekansı olan uyarandan daha büyük değerlerde olduğu bulunmuştur.

Yapılan ikili karşılaştırmalarda, Wilcoxon testi yapılarak uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra modüle edilmeyen ses ile 50 Hz ($Z=-0,962$, $p = 0,336$) ve 100 Hz ($Z=-1,672$ $p = 0,095$) frekansa modüle edilen sesler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Wilcoxon testi yapılarak özellikle 180 saniye sonrasında modüle edilmeyen ses ile 4 Hz ($Z=-3,233$ $p = 0,001$) ve 20 Hz ($Z=-3,126$, $p = 0,002$) 'e modüle edilen ses arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (*bonferroni* düzeltmesi $p<0,0125$). Uyaranlar arasında modüle edilmeyen seste uyarının verilmesinden sonraki ilk 120 saniye sonra %100 gürlük adaptasyonunun olduğu bulunmuştur.

Grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak, 5 farklı modülasyon frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.11' de gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 1'e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları.

					Yüzde Değerler		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak	% 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf s(% adaptasyon)	39	-70,37±35,06	-100	0	-100	-86	-50
0 Hz_Mf τ (saniye)	39	68,43±65,24	0	180	2,54	50,29	126,4
0 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,74±0,32	0	1	0,66	0,82	0,97
4 Hz_Mf s (% adaptasyon)	39	-54,15±29,44	-100	0	-79,15	-50	-34,21
4 Hz_Mf τ (saniye)	39	101,20±74,07	0	180	33,45	82,61	180
4 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,74±0,26	0	1	0,69	0,76	0,92
20 Hz_Mf s(% adaptasyon)	39	-53,27±35,88	-100	0	-88,13	-57,42	-27,73
20 Hz_Md τ (saniye)	39	100±77,19	0	180	2,45	113,80	180
20 Hz_Md Adjust R^2	39	0,63±0,35	0	1	0,54	0,75	0,96
50 Hz_Md s(% adaptasyon)	39	-71,25±32,80	-100	0	-100	-83,15	-55,77
50 Hz_Mf τ (saniye)	39	101,32±63,90	0	180	33,45	105,30	162,3
50 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,75±0,28	0	1	0,73	0,81	0,90
100 Hz_Mf s(% adaptasyon)	39	-62,99±33,41	-100	0	-88,74	-76,41	-34,62
100 Hz_Mf τ (saniye)	39	85,75±65,05	0	180	33,53	71,23	160,2
100 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,77±0,29	0	1	0,70	0,90	0,94

Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Grup 1' de değişkenlerin zaman (τ) ve saturasyon sabiti (s) arasında ikili karşılaştırmalar arasında yapılan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (*bonferroni* düzeltmesi p=0,0025). Eşitlik 3. 2 'ye göre, her ne kadar tüm uyarı tonlarında iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında, uyum iyi olarak bulunsa da, sadece 100 Hz' e modüle edilen uyaranda en üst düzey uyum gözlenmiştir (Adjust R^2>0.9). Adjust R^2 değeri, gürlük adaptasyon değerlerindeki değişikliğin ne kadarının elde edilen doğru ile açıklanabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda lineer modeller için iyi uygunluk ölçüm yöntemidir. Grup 1'deki bireylerde zaman

sabiti "tau (τ)", modüle edilmeyen uyarıda diğer uyarılardan daha erken (yaklaşık olarak 50 saniyede) gerçekleşmiştir. 20 Hz ve 50 Hz' e modüle edilen uyarıların zaman sabitinin diğer uyarılardan daha yüksek bulunması, gürlük adaptasyonunun bu frekanslara modüle edilen uyarılarda daha geç meydana geldiğini göstermektedir.

Grup 2'ye ait gürültü olmadan gürlük adaptasyonu test sonuçları

Deney 1'de grup 2 için arka plan gürültüsü olmadan yapılan beş modülasyon frekansına bağlı sesin her birinin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.12' te ve Şekil 4.5 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu.

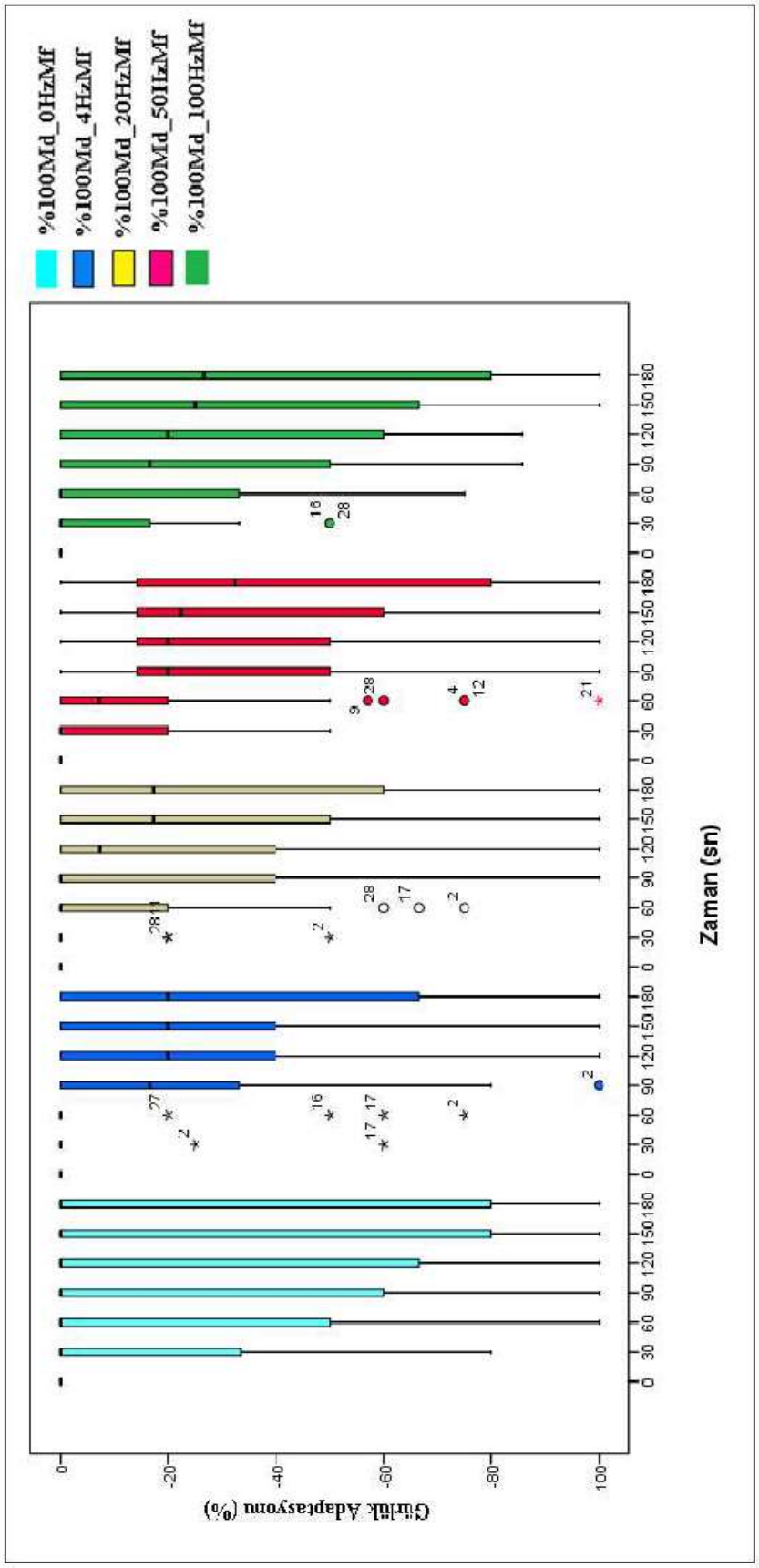
Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
0 Hz_Mf_30 _sn	30	-15,33±26,10	-80	0	-35,20	0	0
0 Hz_Mf_60 _sn	30	-23,17±34,61	-100	0	-54,15	0	0
0 Hz_Mf_90_sn	30	-23,83±35,13	-100	0	-61,65	0	0
0 Hz_Mf_120_sn	30	-32,83±40,38	-100	0	-68,70	0	0
0 Hz_Mf_150 _sn	30	-34,61±42,37	-100	0	-80	0	0
0 Hz_Mf_180 _sn	30	-37,50±43,90	-100	0	-85	0	0
4 Hz_Mf_0 _sn	30	0	0	0	0	0	0
4 Hz_Mf_30_sn	30	-2,83±11,72	-60	0	0	0	0
4 Hz_Mf_60_sn	30	-6,83±19,23	-75	0	0	0	0
4 Hz_Mf_90_sn	30	-20,99±25,42	-100	0	-34,98	-16,60	0
4 Hz_Mf_120_sn	30	-24,32±25,73	-100	0	-40,00	-20	0
4 Hz_Mf_150_sn	30	-25,43±26,83	-100	0	-42,50	-20	0
4 Hz_Mf_180_sn	30	-37,10±40,47	-100	0	-74,95	-20	0

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Max: Maksimum

Tablo 4.12. (Devam). Zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu.

Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
20 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
20 Hz_Mf_30_sn	30	-3±10,22	-50	0	0	0	0
20 Hz_Mf_60_sn	30	-14,85±23,77	-75	0	-21,25	0	0
20 Hz_Mf_90_sn	30	-21,02±30,01	-100	0	-42,50	0	0
20 Hz_Mf_120_sn	30	-23,46±31,06	-100	0	-42,50	-7,25	0
20 Hz_Mf_150_sn	30	-28,02±33,87	-100	0	-50,00	-17,25	0
20 Hz_Mf_180_sn	30	-30,91±36,70	-100	0	-61,65	-17,25	0
50 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
50 Hz_Mf_30_sn	30	-10±18,38	-50	0	-20	0	0
50 Hz_Mf_60_sn	30	-19,96±27,90	-100	0	-23,33	-7,10	0
50 Hz_Mf_90 _sn	30	-30,18±29,42	-100	0	-50	-20	-10,65
50 Hz_Mf_120_sn	30	-33,32±31,81	-100	0	-52,50	-20	-10,65
50 Hz_Mf_150_sn	30	-39,10±33,90	-100	0	-61,65	-22,50	-14,20
50 Hz_Mf_180_sn	30	-42,77±36,87	-100	0	-81,43	-32,50	-14,20
100 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
100 Hz_Mf_30_sn	30	-8,55±15,77	-50	0	-17,45	0	0
100 Hz_Mf_60_sn	30	-17,73±22,76	-75	0	-34,98	0	0
100 Hz_Mf_90_sn	30	-24,46±28,82	-85,70	0	-50	-16,60	0
100 Hz_Mf_120_sn	30	-30,01±29,77	-85,70	0	-61,65	-20	0
100 Hz_Mf_150_sn	30	-36,19±35,52	-100	0	-68,70	-25	0
100 Hz_Mf_180_sn	30	-40,36±38,91	-100	0	-80,83	-26,75	0

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Max: Maksimum



Şekil 4.5. Zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon derinliğinde (Mf) genlik modülasyonu olan seslerde kontrol grubuna ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir modülasyon frekansını gösterir. (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 1 için arka plan gürültüsü olmadan verilen uyaranlarda, tüm değişken sinyallere karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı *Friedman* testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği görülen durumlarda ikişerli karşılaştırmalar *Wilcoxon* testi kullanılarak yapılmış ve *Bonferroni* düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Modüle edilen 5 uyarının (0, 4, 20, 50, 100 Hz) 180 saniye sonraki ortalama gürlük adaptasyon değerleri arasında benzer artışlar görülmüştür. Tüm uyaranlar arasında ikili karşılaştırmada sadece modüle edilmeyen ses ile 4 Hz modüle edilen ses arasında uyaranın verilmeye başlandığı ilk 30. (Z = -2,675, p=0,007) ve 60. saniyelerde (Z = -2,763, p=0,006) istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir (*bonferroni* düzeltmesi p= 0,0125). 5 modüle edilen uyaranın gürlük adaptasyon değişiminde, uyaranın verilmesinden 180. saniyede gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (*bonferroni* düzeltmesi p= 0.005). Tüm uyarılarda uyarının verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerlerinin, modülasyon frekansı arttıkça artmış olduğu tespit edilmiştir. Gürlük adaptasyonunda modüle edilmeyen sese göre, en fazla artışın 50 Hz'e modüle edilen seste yaklaşık olarak %32 olduğu bulunmuştur.

Grup 2 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 5 farklı modülasyon frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.13' de gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 2' ye ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları.

					Yüzde Değerleri		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	%25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf s(% adaptasyon)	30	-39,12±44,18	-100	0	-86,04	0	0
0 Hz_Mf τ (saniye)	30	40,73±63,47	0	180	0	0	64,13
0 Hz_Mf Adjust R^2	30	0,37±0,42	0	1	0	0	0,81
4 Hz_Mf s(% adaptasyon)	30	-41,88±39,85	-100	0	-77,6	-34,21	0
4 Hz_Mf τ (saniye)	30	98,21±85,44	0	180	0	141,85	180
4 Hz_Mf Adjust R^2	30	0,46±0,36	0	0,92	0	0,70	0,72
20 Hz_Mfs(% adaptasyon)	30	-34,08±38,18	-100	0	-69,39	-18,33	0
20 Hz_Md_τ (saniye)	30	59,51±69,64	0	180	0	50,36	96,33
20 Hz_Md Adjust R^2	30	0,44±0,40	0	1	0	0,71	0,75
50 Hz_Mds(% adaptasyon)	30	-51,70±39,25	-100	0	-97,02	-43,68	-16,32
50 Hz_Mf_τ (saniye)	30	-101,66±78,03	0	180	23,36	101,89	180
50 Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,64±0,34	0	1	0,71	0,74	0,84
100 Hz_Mfs(% adaptasyon)	30	-45,49±41,34	-100	0	-94,24	-43,38	0
100 Hz_Mf_τ(saniye)	30	72,19±74,72	0	180	0	67,07	145,2
100 Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,56±0,41	0	1	0	0,72	0,90

Mf: Modülasyon freknsı, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Grup 2' de değişkenlerin zaman sabiti ve saturasyon sabiti arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (bonferroni düzeltmesi p=0,0025). Eşitlik 3. 2 'ye göre modüle edilmeyen ve 4 Hz'e modüle edilen seslerde iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuştur (Adjust R^2<0. 9) ve tüm durumlarda zaman sabiti ve saturasyon sabiti

benzer olarak bulunmuştur. Grup 2' deki bireylerde zaman sabitinin "tau (τ)"ortalama değeri, modüle edilmeyen uyarıda, diğer uyarılara göre daha erken (yaklaşık olarak 40 saniye) adaptasyon geliştiği bulunmuştur. Grup 1 ve grup 2 için tüm frekans modülasyonlarında s ve t değerlerinin normal dağılımları görsel ve analitik yöntemlerle incelenmiştir. Frekansa göre modüle edilen sesler, grup 1 ve grup 2 arasında normal dağılım göstermemesi nedeniyle gruplar arasında karşılaştırmalarda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Modüle edilmeyen ve 20 Hz 'e modüle edilen sesin s ve t değerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p< 0,05$). Özellikle her iki grupta da zaman sabitine göre, modüle edilmeyen uyarıda gürlük adaptasyonun diğer modüle edilen uyarılardan daha erken geliştiği bulunmuştur. Grup 1'de 4 Hz' e modüle edilen uyarıda (zaman sabiti 40 saniyede) gürlük adaptasyonu, grup 2' deki 4 Hz'e modüle edilen uyarıdaki (zaman sabiti 141 saniye) gürlük adaptasyonundan daha erken sürede geliştiği gözlenmiştir.

Grup 1 ve grup 2'de 0 Hz, 4 Hz ve 50 Hz' e modüle edilen uyaranlarda uyaranın verilmesinden 120 saniye (150 ve 180 saniye dahil) sonra gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Özellikle grup 1'deki bireylerin birçoğunda modüle edilmeyen sese göre uyarının başlangıcından sonraki kısa zaman diliminde %100 modülasyon gelişmiştir (4 Hz 'de 3 birey, 20 Hz 'de 3 kişi, 50 Hz 'de 11 birey, 100 Hz 'de 5 birey).

Grup 1'deki modüle edilen ve modüle edilmeyen uyaranların ortalama ve ortanca değerleri grup 2' ye göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle grup 1' de gürlük adaptasyon daha kısa sürede gerçekleşmiş ve daha fazla bireyde %100 adaptasyon gelişmiş olarak bulunmuştur.

Deney 1' de grup 1'deki modüle edilen ve edilmeyen uyarının 180 saniye sonrasında elde edilen gürlük adaptasyon değerleri ile bu bireylerden elde edilen genlik modülasyonu fark etme eşiği (GMFE) değerlendirildiğinde, GMFE değeri düşük olan bireylerin daha fazla adaptasyon gösterdiği gözlenmiştir. Grup 2'de ise modüle edilen ve edilmeyen uyarının 180 saniye sonrasındaki gürlük adaptasyon değeri ile GMFE değeri arasında bir farklılık gözlenmemiştir.

4.5.3. Arka Plan Gürültüsü Altında Modülasyon Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları (Deney 2)

Grup 1' e ait arka plan gürültüsünde gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 2' de grup 1 için arka plan gürültüsünde beş modülasyon frekansına bağlı uyaranın her birinin zamana karşı ortalama normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.14' de ve Şekil 4. 6' da gösterilmiştir.

Tablo 4.14. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon frekansı olan uyarılarda grup 1' e ait gürlük adaptasyonu.

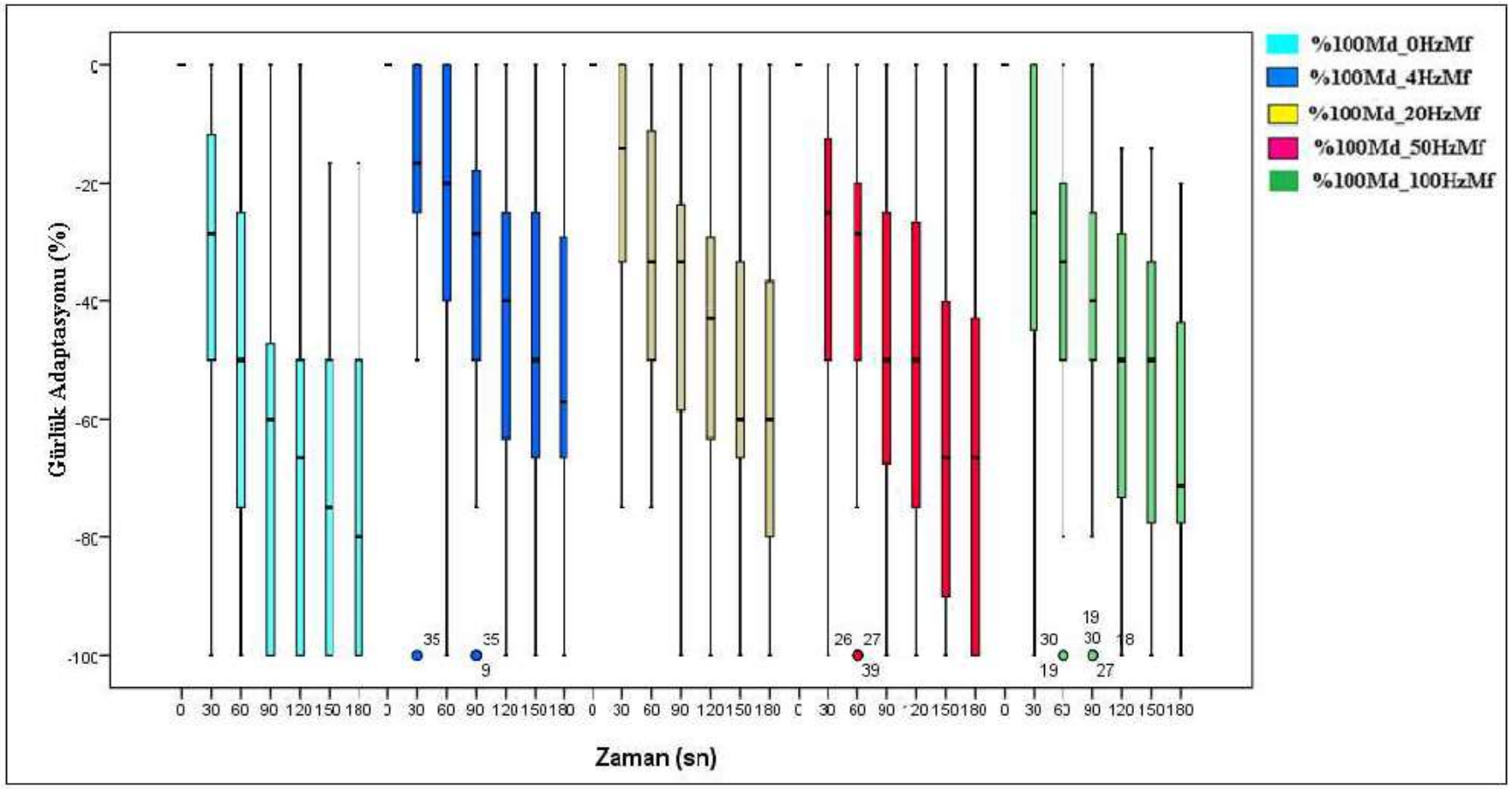
					Yüzde Değerler		
Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort±SS	Min.	Mak.	% 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
0 Hz_Mf_30 _sn	39	-37,17±34	-100	0	-50	-28,50	-11,10
0 Hz_Mf_60 _sn	39	-51,88±32,97	-100	0	-75	-50	-25
0 Hz_Mf_90_sn	39	-61,18±34,84	-100	66,60	-100	-60	-44,40
0 Hz_Mf_120_sn	39	-70,95±27,89	-100	0	-100	-66,60	-50
0 Hz_Mf_150 _sn	39	-73,13±26,78	-100	-16,60	-100	-75	-50
0 Hz_Mf_180 _sn	39	-75,74±25,39	-100	-16,60	-100	-80	-50
4 Hz_Mf_0 _sn	39	0	0	0	0	0	0
4 Hz_Mf_30_sn	39	-16,07±20,35	-100	0	-25	-16,60	0
4 Hz_Mf_60_sn	39	-26,73±25,70	-100	0	-40	-20	0
4 Hz_Mf_90_sn	39	-35,68±27,48	-100	0	-50	-28,50	-16
4 Hz_Mf_120_sn	39	-43,38±27,03	-100	0	-66,60	-40	-25
4 Hz_Mf_150_sn	39	-47,12±27,66	-100	0	-66,60	-50	-25
4 Hz_Mf_180_sn	39	-51,45±28,24	-100	0	-66,60	-57,10	-25

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.15. (devam) Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon frekansı olan uyarılarda grup 1' e ait gürlük adaptasyonu.

Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
20 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
20 Hz_Mf_30_sn	39	-19,12±19,71	-75	0	-33,30	-14,20	0
20 Hz_Mf_60_sn	39	-30,97±24,06	-75	0	-50	-33,30	-11,10
20 Hz_Mf_90_sn	39	-38,54±24,73	-100	0	-60	-33,30	-22,20
20 Hz_Mf_120_sn	39	-44,98±26,78	-100	0	-66,60	-42,90	-25
20 Hz_Mf_150_sn	39	-52,95±27,35	-100	0	-66,60	-60	-33,30
20 Hz_Mf_180_sn	39	-59,20±30,92	-100	0	-80	-60	-33,30
50 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
50 Hz_Mf_30_sn	39	-27,78±24,86	-100	0	-50	-25	-12,50
50 Hz_Mf_60_sn	39	-41,69±32,23	-100	0	-50	-28,50	-20
50 Hz_Mf_90 _sn	39	-48,32±31,60	-100	0	-75	-50	-25
50 Hz_Mf_120_sn	39	-51,61±30,79	-100	0	-75	-50	-25
50 Hz_Mf_150_sn	39	-62,11±30,57	-100	0	-100	-66,60	-37,50
50 Hz_Mf_180_sn	39	-64,72±30,99	-100	0	-100	-66,60	-42,90
100 Hz_Mf_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
100 Hz_Mf_30_sn	39	-30,12±29,44	-100	0	-50	-25	0
100 Hz_Mf_60_sn	39	-37,91±25,90	-100	0	-50	-33,30	-20
100 Hz_Mf_90_sn	39	-43,24±26,27	-100	0	-50	-40	-25
100 Hz_Mf_120_sn	39	-52,51±27,05	-100	-14,20	-75	-50	-28,50
100 Hz_Mf_150_sn	39	-57,83±27,78	-100	-14,20	-80	-50	-33,30
100 Hz_Mf_180_sn	39	-63,66±25,85	-100	-20	-80	-71,40	-42,90

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.6. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 5 farklı modülasyon frekansındaki uyaranlarda grup 1' e ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir modülasyon frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 2' de grup 1 için arka plan gürültüsünde verilen uyaranlarda, tüm değişken sinyallere karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı *Friedman* testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği görülen durumlarda ikişerli karşılaştırmalar *Wilcoxon* testi kullanılarak yapılmış ve *Bonferroni* düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Grup 1 için yapılan deneyde, modüle edilmeyen ses ile modüle edilen sesler karşılaştırıldığında; uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra modüle olmayan uyarandan elde edilen gürlük adaptasyonun ortanca ve ortalama değerlerinin, frekansa modüle edilen 4 uyaranın (4, 20, 50 ve 100 Hz) ortanca ve ortalama gürlük adaptasyon değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Modüle edilen ve modüle edilmeyen tüm uyarılarda %100 adaptasyon gözlenmesine rağmen, en fazla %100 adaptasyon 0 Hz (modüle edilmeyen) uyaranda gözlenmiştir. Modüle edilmeyen sesin gürlüğü başlangıç gürlüğünden yaklaşık olarak yüzde 80 oranında daha düşük olduğu gözlenirken, diğer modüle edilen seslerde modülasyon frekansı arttıkça (sırasıyla 4, 20, 50 ve 100) gürlükteki değişimin yüzde 50 ile yüzde 70 oranında azalma gösterdiği bulunmuştur. 20 Hz, 50Hz ve 100 Hz' e modüle edilen diğer uyaranların gürlük adaptasyon ortalama ve ortanca değerleri yaklaşık olarak benzer bulunmuştur. Modüle edilmeyen ses ile 50 Hz 'e modüle edilen sesten düzenli aralıkla alınan gürlük adaptasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (*Bonferroni* düzeltmesi p=0,0125). Tüm modülasyon sesleri arasında 180 saniye sonra sadece 0 Hz'e modüle edilen ses ile 4 Hz' e modüle edilen ses arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (Z = -1,654, p=0,001, *Bonferroni* düzeltmesi p= 0,005).

Arka alan gürültüsünde grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 5 farklı modülasyon frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.15' de gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 1' e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları.

					Yüzde Değerler		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	% 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf s(%adaptasyon)	39	-81,74±23,69	-100	-16,36	-100	-90,68	-61,58
0 Hz_Mf τ (saniye)	39	70,15±57,21	0,75	180	34,64	62,46	105,3
0 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,89±0,14	0,32	1	0,86	0,92	0,99
4 Hz_Mf s(%adaptasyon)	39	-57,34±37,59	-100	63,49	-86,23	-61,13	-28,75
4 Hz_Mf τ (saniye)	39	92,85±71,08	0	180	33,45	72,11	180
4 Hz_Mf Adjust R^2	39	0,78±0,27	0	1	0,69	0,88	0,97
20 Hz_Mfs(%adaptasyon)	39	-66,64±33,23	-100	0	-100	-75	-44,11
20 Hz_Md_τ (saniye)	39	90,21±68,12	0	180	25,03	69,71	159
20 Hz_Md Adjust R^2	39	2,75±12,37	0	78	0,72	0,88	0,96
50 Hz_Mds(% adaptasyon)	39	-71,15±32,55	-100	0	-100	-80,26	-47,93
50 Hz_Mf_τ (saniye)	39	78,99±63,78	0	180	25,02	80,35	151
50 Hz_Mf_Adjust R^2	39	0,83±0,22	0	1	0,79	0,88	0,98
100 Hz_Mfs(% adaptasyon)	39	-68,73±28,10	-100	-19,59	-99,25	-79,15	-46
100 Hz_Mf_τ(saniye)	39	79,97±66,30	0,63	180	21,27	62,52	158,4
100 Hz_Mf_Adjust R^2	39	0,87±0,11	0,65	1	0,79	0,87	0,97

Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Deney 2' de grup 1 için, modüle edilmeyen ve 4 modüle edilen uyaranın zaman ve saturasyon sabiti arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Eşitlik 3.2'ye göre, iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum, ortalama olarak iyi bulunmuş (Adjust R^2>~0. 9) ve 4 Hz ve 20 Hz modülasyon frekanslarında diğer frekansa modüle edilen uyaranlara göre, zaman ve saturasyon sabiti daha az olarak bulunmuştur. Gürültü maruziyeti olan bireylerde arka plan gürültüsü varlığında yapılan deneyde, zaman sabiti "tau (τ)", modüle edilmeyen ve edilen uyarılarda yaklaşık olarak 60 - 80 saniye arasında gelişmiştir. Bu uyaranlarda %100 gürlük adaptasyonu gelişmesi için yaklaşık olarak 300 - 400 saniye arasında devamlı bir uyarıya maruz kalmaları gerektiği bulunmuştur.

Grup 2' ye ait arka plan gürültüsünde gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 2' de grup 2 için arka alan gürültüsünde beş modülasyon durumunun her birinin zamana karşı ortalama normalize gürlük adaptasyon durumları Tablo 4.16' de ve Şekil 4.7' de gösterilmiştir.

Tablo 4.16. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde çalışma grubuna ait gürlük adaptasyonu.

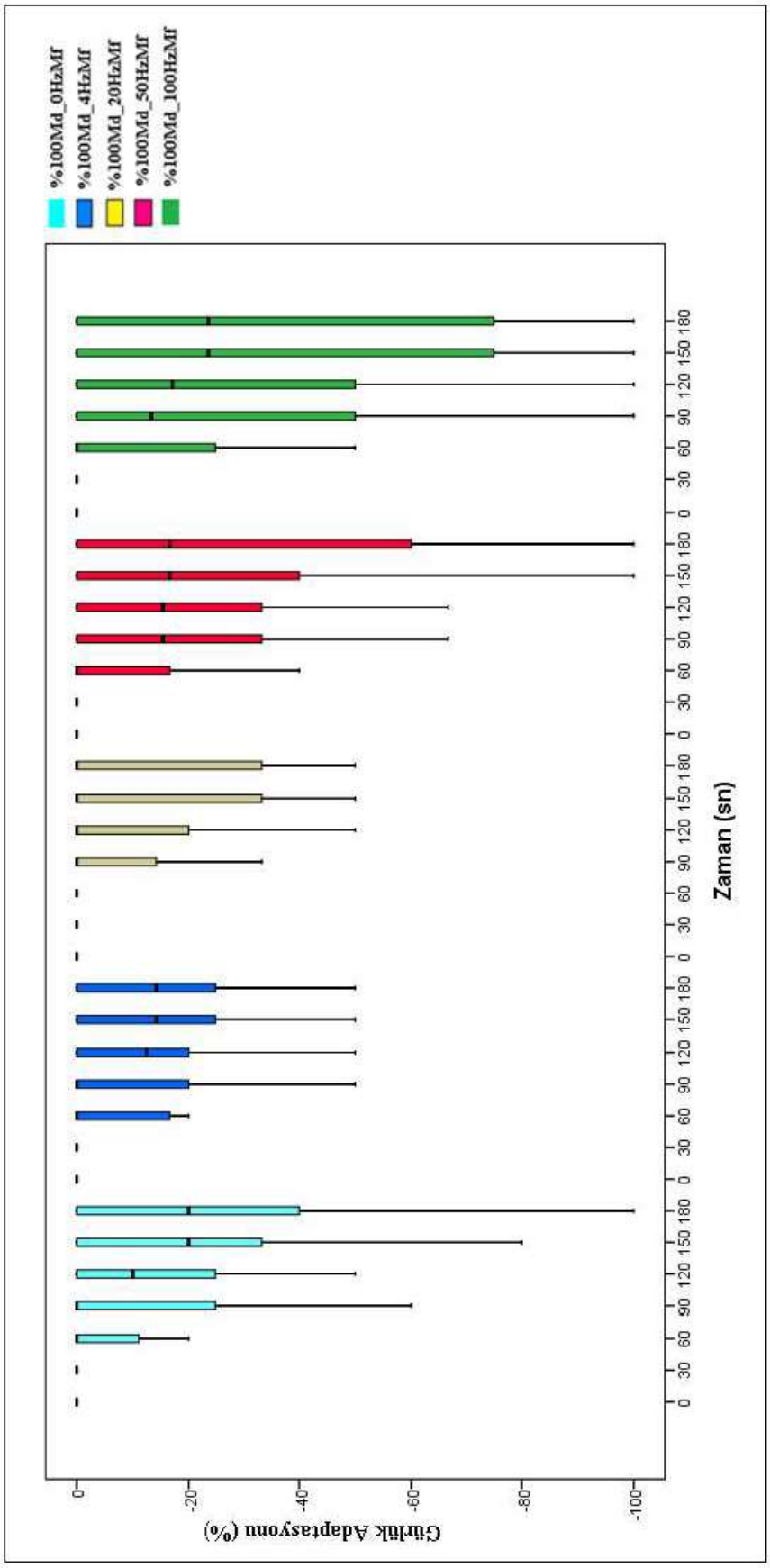
Farklı Modülasyon Frekanslarda Kullanılan Uyarılar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
0 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
0 Hz_Mf_30_sn	30	-8,08±21,89	-80	0	0	0	0
0 Hz_Mf_60_sn	30	-12,60±27,07	-100	0	-11,45	0	0
0 Hz_Mf_90_sn	30	-20,87±31,33	-100	0	-27,08	0	0
0 Hz_Mf_120_sn	30	-22,37±32,13	-100	0	-27,08	-10	0
0 Hz_Mf_150_sn	30	-25,78±34,69	-100	0	-34,35	-20	0
0 Hz_Mf_180 _sn	30	-27,78±36,04	-100	0	-40	-20	0
4 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
4 Hz_Mf_30_sn	30	-4,94±11,72	-50	0	0	0	0
4 Hz_Mf_60_sn	30	-10,16±19,50	-83,3	0	-17,45	0	0
4 Hz_Mf_90_sn	30	-13,75±23,24	-100	0	-20,00	0	0
4 Hz_Mf_120_sn	30	-17,68±24,15	-100	0	-21,25	-12,5	0
4 Hz_Mf_150_sn	30	-19,73±23,58	-100	0	-27,08	-14,2	0
4 Hz_Mf_180_sn	30	-19,73±23,58	-100	0	-27,08	-14,2	0

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.16. (devam) Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak % 100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon derinliğinde genlik modülasyonu olan seslerde çalışma grubuna ait gürlük adaptasyonu.

Farklı Modülasyon Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
20 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
20 Hz_Mf_30_sn	30	-4,02±10,85	-50	0	0	0	0
20 Hz_Mf_60_sn	30	-6,92±14,47	-50	0	-3,55	0	0
20 Hz_Mf_90_sn	30	-8,25±15,61	-50	0	-15,65	0	0
20 Hz_Mf_120_sn	30	-12,64±18,64	-66,6	0	-23,33	0	0
20 Hz_Mf_150_sn	30	-15,34±21,52	-83,3	0	-33,3	0	0
20 Hz_Mf_180_sn	30	-18,23±26,66	-100	0	-34,98	0	0
50 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
50 Hz_Mf_30_sn	30	-7,94±16,45	-66,6	0	-4,15	0	0
50 Hz_Mf_60_sn	30	-12,62±22,87	-66,6	14,20	-17,45	0	0
50 Hz_Mf_90_sn	30	-18,90±23,47	-66,6	0	-33,3	-15,4	0
50 Hz_Mf_120_sn	30	-21,04±25,89	-83,3	0	-34,98	-15,4	0
50 Hz_Mf_150_sn	30	-24,80±29,96	-100	0	-44,28	-16,6	0
50 Hz_Mf_180_sn	30	-27,92±33,15	-100	0	-60	-16,6	0
100 Hz_Mf_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
100 Hz_Mf_30_sn	30	-4,55±11,45	-50	0	0	0	0
100 Hz_Mf_60_sn	30	-12,70±19,21	-50	0	-27,08	0	0
100 Hz_Mf_90_sn	30	-24,00±30,79	-100	0	-50	-13,35	0
100 Hz_Mf_120_sn	30	-31,54±34,46	-100	0	-50	-17,1	0
100 Hz_Mf_150_sn	30	-35,79±37,06	-100	0	-75	-23,75	0
100 Hz_Mf_180_sn	30	-36,75±37,98	-100	0	-75	-23,75	0

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.7. Arka alan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak %100 modülasyon derinliği ve 5 farklı modülasyon frekansında modüle edilen uyaranda grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir modülasyon frekansını göstermektedir (Bu hesaplamalar eşitlik 3.2' deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır.

Deney 2’ de grup 2 için arka plan gürültüsünde verilen uyaranlarda, tüm değişken sinyallere karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı *Friedman* testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği görülen durumlarda ikişerli karşılaştırmalar *Wilcoxon* testi kullanılarak yapılmış ve *Bonferroni* düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Deney 2’ de grup 2 için, modüle edilmeyen uyaran ile 4 farklı frekansta modüle edilen uyaranlarda uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (bonforoni düzeltmesi p = 0,0125). Grup 2’de modüle edilen ve edilmeyen uyaranlar arasında gürlük adaptasyonun ortanca arasında en fazla farklılık 100 Hz frekansa modüle edilen uyaranda gözlenmiştir. Grup 2’deki bireylerin birçoğu (19 birey) özellikle 100 Hz frekansa modüle edilen uyaranda, diğer frekansa modüle edilen uyaranlardan (0 Hz, 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz) daha fazla adaptasyon gösterdiği bulunmuştur. Grup 2’de gürlük adaptasyonun ortanca ve ortalama değerlerinin düşük çıkması deneye katılan bireylerin birçoğunda gürlükte adaptasyon gelişmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Arka plan gürültüsünde grup 2 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 5 farklı modülasyon frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.17 da gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Beş farklı modülasyon frekansı için grup 2'ye ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları.

					Yüzde Değerler		
						% 50	
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	% 25	(Ortanca)	% 75
0Hz_Mf_s (%adaptasyon)	30	-31,16±37,30	-100	0	-57,36	-17,05	0
0Hz_Mf_t (saniye)	30	64,03±75,10	0	180	0	17,86	134,85
0Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,44±0,42	0	1	0	0,71	0,80
4Hz_Mf_s(%adaptasyon)	30	-24,22±26,78	-100	0	-36,77	-14	0
4Hz_Mf_t(saniye)	30	75,61±84,65	0	180	0	23,08	180
4Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,51±0,40	0	1	0	0,71	0,76
20Hz_Mf_s(%adaptasyon)	30	-21,56±29,94	-100	0	-46,17	0	0
20Hz_Mf_t(saniye)	30	60,41±79,93	0	180	0	0	166,73
20Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,35±0,41	0	1	0	0	0,76
50Hz_Mf_s(%adaptasyon)	30	-29,51±34,84	-100	0	-63,53	-19,08	0
50Hz_Mf_t(saniye)	30	49,31±67,01	0	180	0	8,49	67,08
50Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,46±0,42	0	1	0	0,72	0,77
100Hz_Mf_s(%adaptasyon)	30	-41,69±42,16	-100	0	-83,96	-31,25	0
100Hz_Mf_ t(saniye)	30	58,61±64,48	0	180	0	62,46	89
100Hz_Mf_Adjust R^2	30	0,49±0,42	0	1	0	0,71	0,86

Mf: modülasyon frekansı, SS: Standart Sapma, N: Birey sayısı, Ort: Ortalama, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Eşitlik 3. 2 'ye göre modüle edilmeyen ve modüle edilen tüm tonlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuş (Adjust R^2<0.9) ve tüm durumlarda zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak elde edilmiştir. Grup 2' deki bireylerde arka plan gürültüsünde zaman sabiti "tau (τ)", ortanca değerleri yaklaşık olarak 17-62 saniye arasında ve ortalama değerleri 49-64 saniye arasında bulunmuştur. Grup 2'deki bireylerin çoğunda adaptasyon gelişmemiş olduğu için ortalama ve ortanca değerler düşük çıkmıştır. Grup 1 ve grup 2 için tüm frekans modülasyonlarında s ve t değerlerinin normal dağılımları görsel ve analitik yöntemlerle incelenmiştir.

Deney 2'de grup 1 ile grup 2 arasında modüle edilmeyen ve modüle edilen seslerin gürlük adaptasyon, saturasyon ve zaman sabiti değerleri normal dağılım göstermemesi nedeniyle gruplar arası karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. Grup 1 ve grup 2' de zaman sabiti "tau (τ)" ve saturasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak grup 2'deki bireylerin birçoğunda adaptasyon hiç gelişmediği için zaman sabiti değerleri erken sürelerde elde edilmiştir (yaklaşık olarak 17 saniye).

Deney 2' de grup 1 ve grup 2 arasında uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerlerindeki karşılaştırmada, 0 Hz, 4 Hz, 20 Hz ve 50 Hz modülasyon frekanslarında gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (Bonferroni düzeltmesi $p= 0,01$). Yapılan deneyde, modüle edilen ve edilmeyen uyaranın verilmesinden 180 saniye sonraki gürlük adaptasyon değerleri ile GMFE arasında negatif ve orta düzeyde (yaklaşık %50 oranında) korelasyon saptanmıştır ($p<0,001$).

Deney 1 (arka plan gürültüsü olmadan grup 1 ile grup 2) ve deney 2' de (arka plan gürültüsü altında grup 1 ile grup 2) modülasyon frekansına karşı zaman içerisinde elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasındaki ilişki verilerin normal dağılıma uymaması nedeni ile Kruskal-Wallis Testi kullanılarak incelenmiştir. İkişerli karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. İkişerli grup karşılaştırmasında uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında tüm gruplar (deney 1 (grup 1 ve grup 2) ile deney 2 (grup 1 ve grup 2)) arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p=0,001$) (*bonferroni* düzeltmesi 0,01).

Deney 1 ve deney 2' de grup 1 ve grup 2 için, karşı kulaktan arka plan gürültüsü verilerek elde edilen gürlük adaptasyon değişim miktarları (deney 2 (grup 1 ve grup2)) gürültü olmadan verilen(deney 1 (grup 1 ve grup2)) uyaranların gürlük adaptasyon değerinden daha yüksek bulunmuştur. Özellikle grup 1'de arka plan gürültüsü altında (deney 2) verilen uyarılardan bireylerin gürlük adaptasyon değeri, deney 1'de elde edilen gürlük adaptasyon değerinden daha fazla bulunmuş ve modülasyon frekansındaki artışla birlikte gürlük adaptasyonunda da artış olduğu gözlenmiştir.

4.5.4 Taşıyıcı Frekansının Bir Fonksiyonu Olarak Gürlük Adaptasyonu Bulguları (Deney 3)

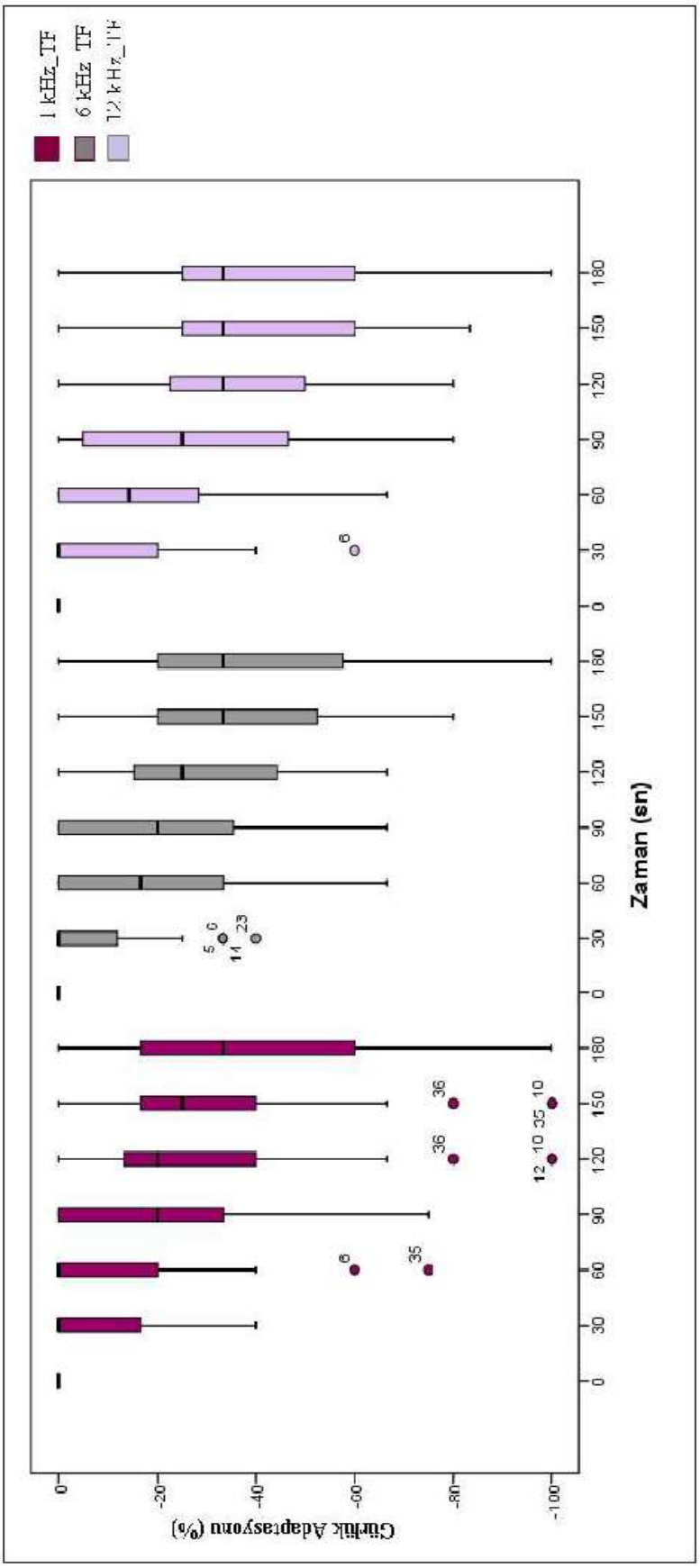
Grup 1'e ait arka plan gürültüsü olmadan 3 farklı taşıyıcı frekansta gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 3' de grup 1 için arka plan gürültüsü olmadan taşıyıcı frekans değişimine bağlı uyarıların her birinin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.18' de ve Şekil 4.8' de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. Zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Taşıyıcı Frekans Kullanılan Uyarılar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	%75
1 kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
1 kHz_TF_30_sn	39	-6,36±10,82	-40	0	-16,6	0	0
1 kHz_TF _60_sn	39	-12,15±18,29	-75	0	-20	0	0
1 kHz_TF_90_sn	39	-21,32±19,67	-75	0	-33,3	-20	0
1 kHz_TF_120_sn	39	-30,01±27,97	-100	0	-40	-20	-12,5
1 kHz_TF_150_sn	39	-32,79±28,14	-100	0	-40	-25	-16,6
1 kHz_TF_180_sn	39	-37,01±30,88	-100	0	-60	-33,3	-16,6
6 kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
6 kHz_TF_30_sn	39	-7,12±12,09	-40	0	-12,5	0	0
6 kHz_TF _60_sn	39	-18,17±20,33	-66,6	0	-33,3	-16,6	0
6 kHz_TF_90_sn	39	-22,18±20,19	-66,6	0	-37,5	-20	0
6 kHz_TF_120_sn	39	-28,14±20,41	-66,6	0	-44,4	-25	-14,2
6 kHz_TF_150_sn	39	-35,11±23,72	-80	0	-55	-33,3	-20
6 kHz_TF_180_sn	39	-37,55±25,66	-100	0	-60	-33,3	-20
12 kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
12 kHz_TF_30_sn	39	-10,90±15,22	-60	0	-20	0	0
12 kHz_TF _60_sn	39	-14,75±19,38	-66,6	33,3	-28,5	-14,2	0
12 kHz_TF_90_sn	39	-29,35±23,89	-80	0	-50	-25	0
12 kHz_TF_120_sn	39	-34,33±22,82	-80	0	-50	-33,3	-20
12 kHz_TF_150_sn	39	-39,14±24,24	-83,3	0	-60	-33,3	-25
12 kHz_TF_180_sn	39	-41,49±25,93	-100	0	-60	-33,3	-25

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4. 8. Grup 1 için zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansa (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir taşıyıcı frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 3’ de grup 1 için, 3 farklı taşıyıcı frekanstaki uyarılara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapılmış ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Taşıyıcı frekans üzerine (1, 6 ve 12 kHz) uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (p>0,05). Taşıyıcı frekans değişimine bağlı olarak bireylerden elde edilen gürlük adaptasyonun ortalama ve ortanca değerleri bir birlerine benzer olarak bulunmuştur.

Grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 3 farklı taşıyıcı frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.19’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.19. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 1’ e ait saturasyon ve zaman sabiti bulguları.

					Yüzde Değerler		
						% 50	
	N	Ort± SS	Min.	Mak.	% 25	(Ortanca)	% 75
1kHz_TF_s(%adaptasyon)	39	-44,33±33,84	-100	0	-72,34	-38,71	-20
1kHz_TF_ τ (saniye)	39	102,69±76,97	0	180	2,565	105,3	180
1kHzTF_Adjust R^2	39	0,62±0,34	0	1	0,55	0,71	0,9
6kHz_TF_s(%adaptasyon)	39	-45,29±30,55	-100	0	-69,16	-44,84	-22,99
6kHz_TF_ τ (saniye)	39	103,56±71,17	0	180	38,15	102,5	180
6kHz_TF_Adjust R^2	39	0,63±0,30	0	0,97	0,54	0,72	0,75
12kHz_TF_s(%adaptasyon)	39	-51,86±31,87	-100	0	-73,79	-46,17	-31,47
12kHz_TF_ τ (saniye)	39	105,09±73,14	0	180	58,07	91,05	180
12kHz_TF_Adjust R^2	39	0,70±0,32	0	1	0,69	0,83	0,92

Tf: Taşıyıcı Frekans, s: Saturasyon sabiti, τ: Zaman sabiti, R^2: İyi uygunluk değeri

Eşitlik 3. 2 ’ye göre 3 farklı taşıyıcı frekansta modüle edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında orta derecede bir uyum bulunmuş (Adjust R^2>0.9) ve tüm durumlarda zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak

bulunmuştur. Deney 3'de grup 1 için, taşıyıcı frekans değişimine göre zaman sabiti üç uyaranda da birbirlerine yakın bulunmuştur (yaklaşık olarak 91-105 saniye). Grup 1 için taşıyıcı frekans değişimine karşın gürlük adaptasyonu yaklaşık olarak benzer sonuçlar vermektedir.

Grup 2' ye ait arka plan gürültüsü olmadan 3 farklı taşıyıcı frekansta gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 3' de grup 2 için arka alan gürültüsü olmadan taşıyıcı frekans değişiminin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.20' de ve Şekil 4.8' de görülmektedir.

Tablo 4.20. Zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

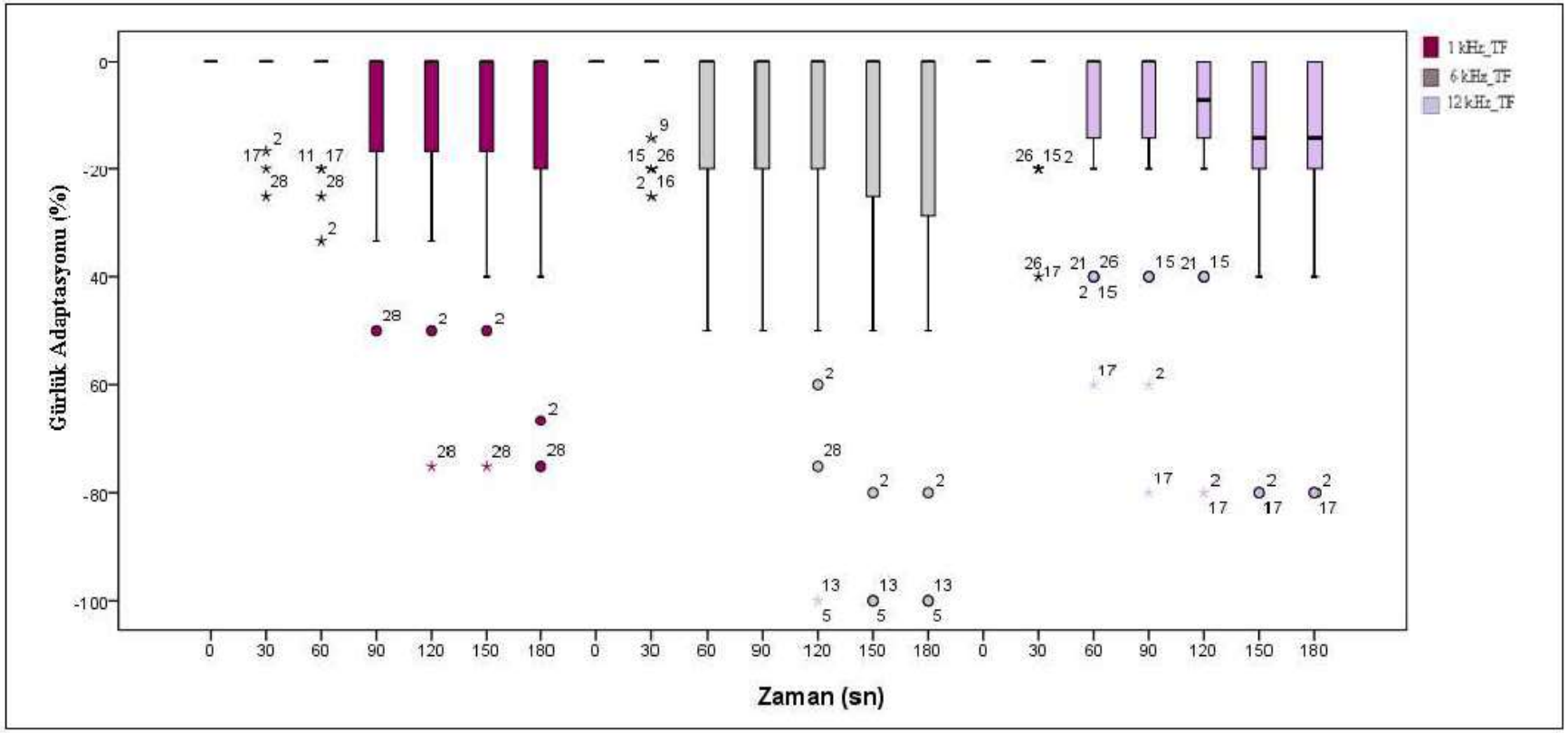
					Yüzde Değerler		
Farklı Taşıyıcı Frekans Kullanılan Uyarılar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	%25	% 50 (Ortanca)	% 75
1 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
1 kHz_TF_30_sn	30	-2,63 ± 6,36	-25	0	0	0	0
1 kHz_TF _60_sn	30	-3,27 ± 8,73	-33,3	0	0	0	0
1 kHz_TF_90_sn	30	-7,43 ± 13,79	-50	0	-16,6	0	0
1 kHz_TF_120_sn	30	-9,49 ± 17,99	-75	0	-17,45	0	0
1 kHz_TF_150_sn	30	-10,82 ± 19,45	-75	0	-17,45	0	0
1 kHz_TF_180_sn	30	-12,04 ± 20,74	-75	0	-20	0	0
6 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
6 kHz_TF_30_sn	30	-3,78 ± 7,87	-25	0	0	0	0
6 kHz_TF _60_sn	30	-8,09 ±12,86	-50	0	-20	0	0
6 kHz_TF_90_sn	30	-10,81 ± 15,54	-50	0	-20	0	0

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.21. (devam). Zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Taşıyıcı Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
6 kHz_TF_120_sn	30	-18,97 ± 29,26	-100	0	-21,25	0	0
6 kHz_TF_150_sn	30	-18,81 ± 29,65	-100	0	-25,87	0	0
6 kHz_TF_180_sn	30	-19,20 ±29,70	-100	0	-28,5	0	0
12 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
12 kHz_TF_30_sn	30	-3,33 ± 9,22	-40	0	0	0	0
12 kHz_TF _60_sn	30	-11,31 ± 16,57	-60	0	-14,2	0	0
12 kHz_TF_90_sn	30	-12,64 ± 20,18	-80	0	-14,2	0	0
12 kHz_TF_120_sn	30	-14,26 ± 21,74	-80	0	-14,2	-7,1	0
12 kHz_TF_150_sn	30	-15,45 ± 21,73	-80	0	-21,25	-14,2	0
12 kHz_TF_180_sn	30	-15,45 ± 21,73	-80	0	-21,25	-14,2	0

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 0.8. Grup 2 için zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekanslara (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir taşıyıcı frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır).

Grup 2'deki bireylerde, 3 farklı taşıyıcı frekanstaki uyarılara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

İkili grup karşılaştırmasında uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra 3 farklı taşıyıcı frekansı olan uyaranların zamana karşı gürlük adaptasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Grup 2 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 3 farklı taşıyıcı frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.21'de gösterilmiştir.

Tablo 4.21. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 2'nin zaman sabiti ve saturasyon değerlerine ait bulgular.

					Yüzde Değerler		
						%50	
	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	% 25	(Ortanca)	%75
1kHz_TF_s(%adaptasyon)	29	-16,85 ± 29,64	-75	0	-28,39	0	0
1kHz_TF_τ (saniye)	29	52,08 ± 81,41	-100	180	0	0	180
1kHz_TF_Adjust R^2	29	0,26 ± 0,39	0	1	0	0	0,71
6kHz_TF_s(%adaptasyon)	29	-21,59 ± 33,44	-100	0	-30,86	0	0
6kHz_TF_ τ (saniye)	29	37,85 ± 58,43	0	180	0	0	62,46
6kHz_TF_Adjust R^2	29	0,31 ±0,40	0	1	0	0	0,75
12kHz_TF_s(%adaptasyon)	29	-17,12 ± 24,46	-100	0	-20,75	-16,32	0
12kHz_TF_τ (saniye)	29	40,76 ± 55,62	0	180	0	18,03	62,45
12kHz_TF_Adjust R^2	29	0,42 ± 55,62	0	1	0	0,54	0,75

TF: Taşıyıcı Frekans, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Grup 2' nin saturasyon ve zaman sabiti arasında yapılan ikili karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05) .Eşitlik 3.2 'ye göre tüm taşıyıcı frekanslardaki uyaranlarda da iyi uygunluk gürlük adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuş (Adjust R^2<0.9) ve tüm durumlarda zaman ve saturasyon sabiti benzer olarak bulunmuştur.

Deney 3’ de grup 1 ve grup 2’ de 3 farklı taşıyıcı frekansa göre modüle edilen uyaranlar normal dağılım göstermemesi nedeniyle gruplar arasında karşılaştırmalarda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Grup 1 ve grup 2 arasında uyarımın verilmesinden 180 saniye sonra 1kHz (Z=-3,802, p= 0,001), 6kHz (Z=-3,327, p= 0,001), ve 12 kHz (Z=-4,420, p= 0,001), taşıyıcı frekansı olan uyarılardan elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (*bonferroni* düzeltmesi p =0,016). Grup 1’ de hastaların yaklaşık 1/3’ ünde %100 adaptasyon uyarımın başlangıcından 120 saniye sonra meydana gelmiştir. Grup 2’de ise bireylerin yaklaşık 1/2’ sinde (18 birey) adaptasyon 180 saniye boyunca hiç gerçekleşmemiştir.

Deney 3’ de grup 1 ve grup 2 için, uyarı verilmesinden 180 saniye sonra sadece 1 kHz ve 6 kHz de elde edilen gürlük adaptasyon değerleri ile GMFE arasında orta düzeyde (yaklaşık olarak %40) korelasyon bulunmuştur ($p<0,05$).

4.5.5. Arka plan gürültüsünde taşıyıcı frekansın bir fonksiyonu olarak gürlük adaptasyonu bulguları (Deney 4)

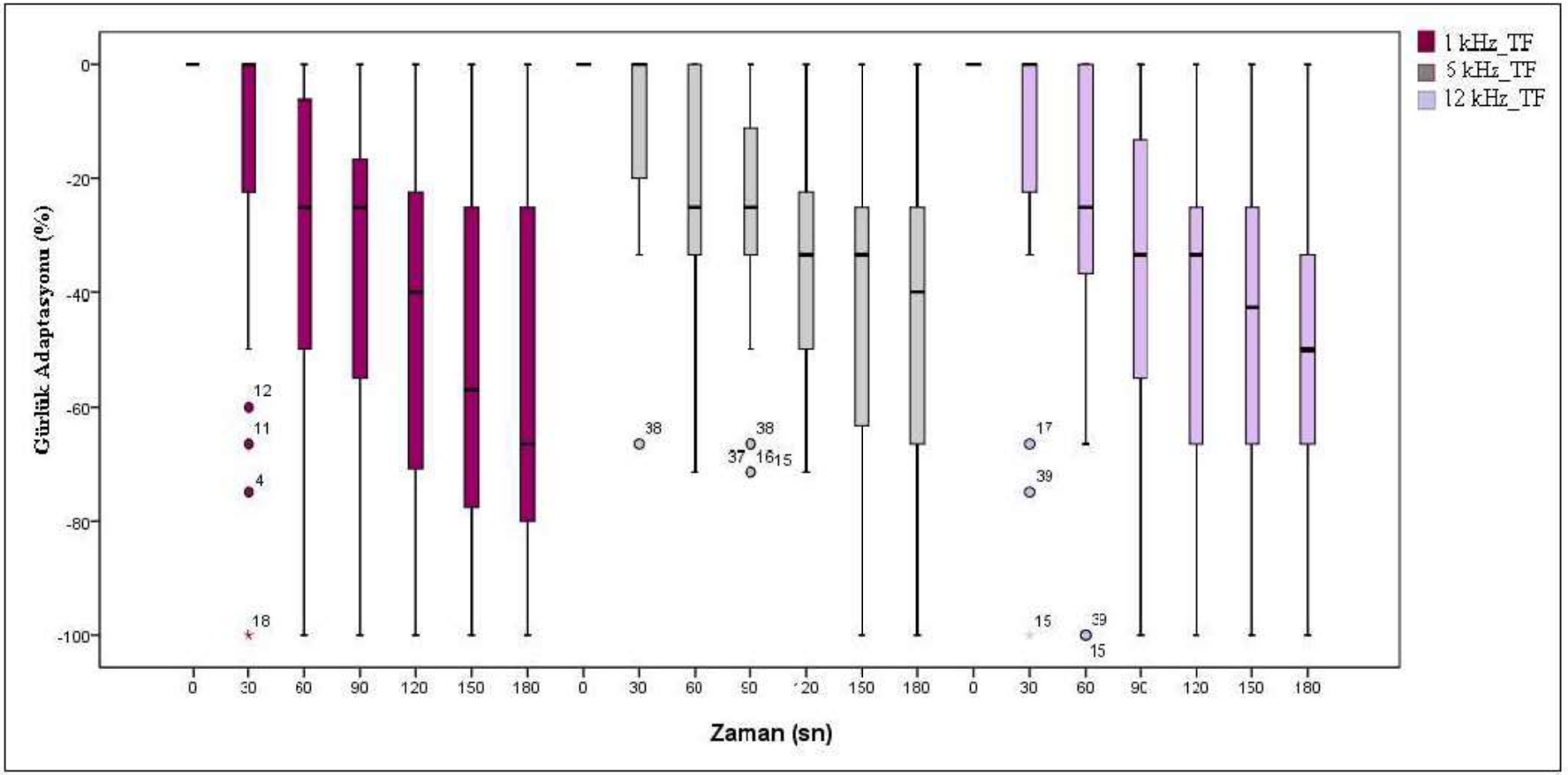
Grup 1 için arka plan gürültüsünde 3 farklı taşıyıcı frekansda gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 4’ de grup 1 için arka plan gürültüsünde taşıyıcı frekans değişiminin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.22’ de ve Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.22. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Taşıyıcı Frekans Kullanılan Uyarılar	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler %25	%50 (Ortanca)	%75
1kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
1 kHz_TF_30_sn	39	-16,30±25,31	-100	0	-25	0	0
1 kHz_TF _60_sn	39	-31,91±29,72	-100	0	-50	-25	0
1 kHz_TF_90_sn	39	-35,62±32,19	-100	25	-60	-25	-14,2
1 kHz_TF_120_sn	39	-45,22±31,11	-100	0	-75	-40	-20
1 kHz_TF_150_sn	39	-52,82±33,02	-100	0	-80	-57,1	-25
1 kHz_TF_180_sn	39	-56,20±34,37	-100	0	-80	-66,6	-25
6 kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
6 kHz_TF_30_sn	39	-8,80±14,21	-66,6	0	-20	0	0
6 kHz_TF _60_sn	39	-23,29±21,72	-71,4	0	-33,3	-25	0
6 kHz_TF_90_sn	39	-26,28±20,72	-71,4	0	-33,3	-25	-10
6 kHz_TF_120_sn	39	-33,61±21,79	-71,4	0	-50	-33,3	-20
6 kHz_TF_150_sn	39	-41,98±29,69	-100	0	-66,6	-33,3	-25
6 kHz_TF_180_sn	39	-44,37±30,17	-100	0	-66,6	-40	-25
12 kHz_TF _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
12 kHz_TF_30_sn	39	-14,84±23,06	-100	0	-25	0	0
12 kHz_TF _60_sn	39	-27,62±27,06	-100	0	-40	-25	0
12 kHz_TF_90_sn	39	-33,56±27,69	-100	0	-60	-33,3	-12,5
12 kHz_TF_120_sn	39	-41,95±25,35	-100	0	-66,6	-33,3	-25
12 kHz_TF_150_sn	39	-45,06±25,44	-100	0	-66,6	-42,5	-25
12 kHz_TF_180_sn	39	-51,52±29,82	-100	0	-66,6	-50	-33,3

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.9. Grup 1' de arka plan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekanslara (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir taşıyıcı frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 4'de grup 1'deki bireylerde taşıyıcı frekansın değiştiği tüm uyaranlara karşı arka plan gürültüsünde bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden, bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Grup 1' için 1 kHz taşıyıcı frekansa sahip uyarının 180 saniye sonraki gürlük seviyesi başlangıç gürlük seviyesinden % 66 oranında artış göstermiş, 6 kHz taşıyıcı frekansa sahip uyarının 180 saniye sonraki gürlük seviyesi başlangıç gürlük seviyesinden %40 oranında artış göstermiş ve 12 kHz taşıyıcı frekansa sahip uyarının 180 saniye sonraki gürlük seviyesi başlangıç gürlük seviyesinden %50 oranında artış göstermiştir. Başlangıçtaki gürlük seviyesine göre 180 saniye sonra en fazla gürlük adaptasyondaki artış 1 kHz taşıyıcı frekansa sahip uyarıda gözlenmiştir.

Arka plan gürültüsünde grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 3 farklı taşıyıcı frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.23' de gösterilmiştir.

Tablo 4.23. Üç farklı taşıyıcı frekans için grup 1' in saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular

					Yüzde Değerler		
	N	Ort± SS	Min.	Mak.	%25	%50 (Ortanca)	%75
1kHz_TF _s(% adaptasyon)	39	-62,84±34,55	-100	0	-94,24	-66,6	-28,75
1kHz_TF_ τ(saniye)	39	92±69,14	0	180	33,45	62,52	180
1kHz_TF_Adjust R^2	39	0,74±0,27	0	1	0,69	0,79	0,9
6kHz_TF_s(%adaptasyon)	39	-52,90±34,63	-100	0	-82,05	-56,23	-25
6kHz_TF_ τ(saniye)	39	94,50±73,78	0	180	2,626	87,05	180
6kHz_TF_Adjust R^2	39	0,72±0,30	0	1	0,7	0,78	0,9
12kHz_TF_s(%adaptasyon)	39	-59,63±31,39	-100	0	-86,99	-65,85	-38,29
12kHz_TF_ τ(saniye)	39	100,62±71,36	0	180	30,72	87,05	180
12kHz_TF_Adjust R^2	39	0,77±0,25	0	1	0,71	0,8	0,92

Tf: Taşıyıcı Frekans, Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Eşitlik 3.2 ’ye göre taşıyıcı frekansa göre modüle edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuş (Adjust R^2<0.9) ve üç farklı taşıyıcı frekans içinde iyi uyumluluk zaman sabiti ortalama 92-100 saniyeye ulaşmıştır. Tüm durumlarda zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak bulunmuştur.

Grup 2 için arka plan gürültüsünde 3 farklı taşıyıcı frekansda gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 4’ de grup 2 için arka plan gürültüsünde taşıyıcı frekans değişiminin zamana karşı normalize gürlük adaptasyon bulguları Tablo 4.24’ te ve Şekil 4.10’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.24. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2’ ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

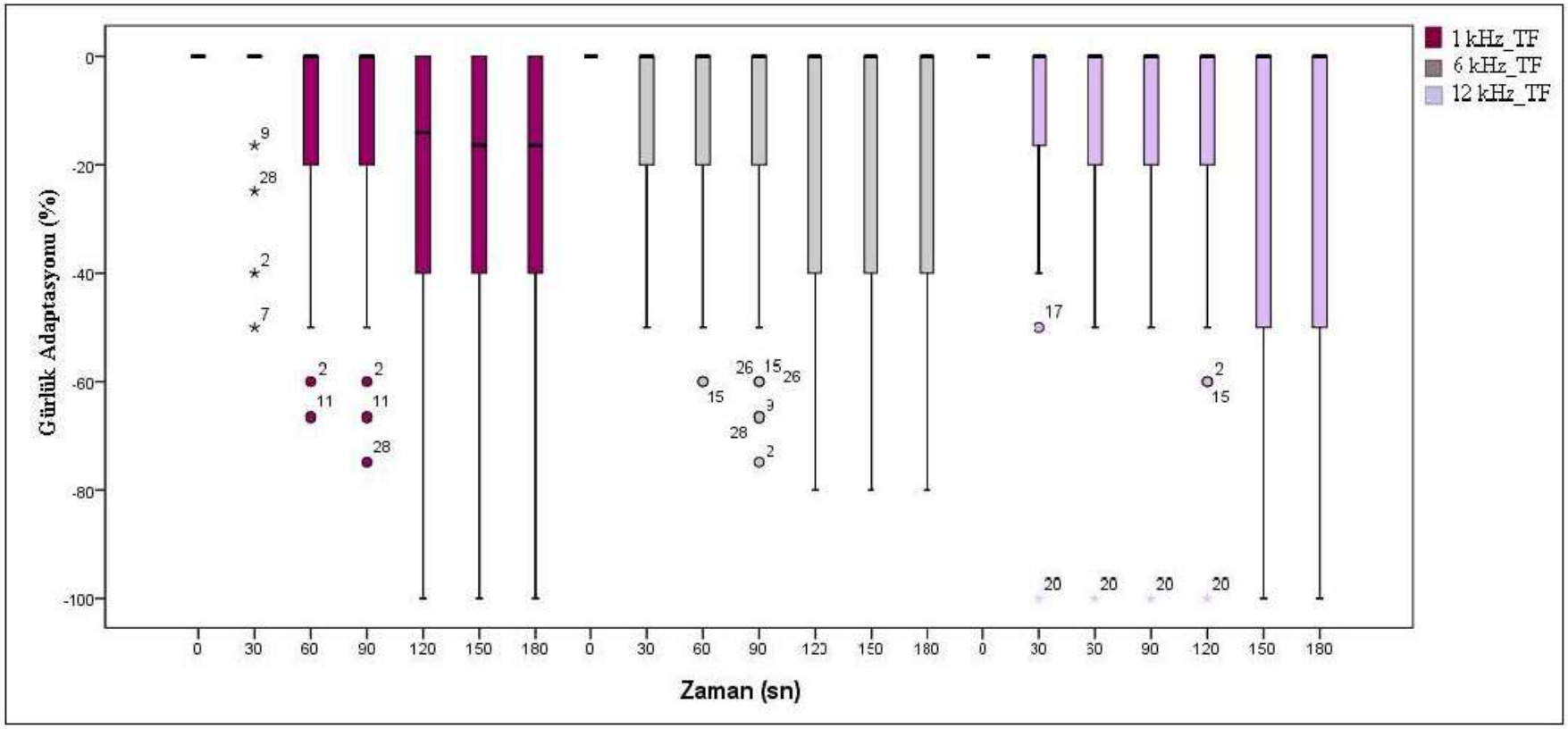
						Yüzde Değerler	
Farklı Taşıyıcı Frekansta Kullanılan Uyarılar	N	Ortalama	Min.	Mak.	%25	% 50 (Ortanca)	%75
1 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
1 kHz_TF_30_sn	30	-4,39±12,35	-50	0	0	0	0
1 kHz_TF _60_sn	30	-9,83±19,09	-66,6	0	-20	0	0
1 kHz_TF_90_sn	30	-14,58±21,60	-75	0	-20	0	0
1 kHz_TF_120_sn	30	-24,20±31,44	-100	0	-42,5	-14,2	0
1 kHz_TF_150_sn	30	-27,08±34,18	-100	0	-42,5	-16,6	0
1 kHz_TF_180_sn	30	-27,08±34,18	-100	0	-42,5	-16,6	0
6 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
6 kHz_TF_30_sn	30	-10,05±16,26	-50	0	-20	0	0
6 kHz_TF _60_sn	30	-14,69±22,36	-60	0	-27,5	0	0
6 kHz_TF_90_sn	30	-16,63±26,05	-75	0	-27,5	0	0
6 kHz_TF_120_sn	30	-18,63±28,98	-80	0	-42,5	0	0
6 kHz_TF_150_sn	30	-19,11±29,02	-80	0	-42,5	0	0
6 kHz_TF_180_sn	30	-13,78±32,00	-80	80	-31,375	0	0

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.24. (devam) Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyaranlarda grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Taşıyıcı Frekansında Kullanılan Uyaranlar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
12 kHz_TF _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
12 kHz_TF_30_sn	30	-10,94±22,04	-100	0	-17,45	0	0
12 kHz_TF _60_sn	30	-13,94±23,45	-100	0	-21,25	0	0
12 kHz_TF_90_sn	30	-13,94±23,45	-100	0	-21,25	0	0
12 kHz_TF_120_sn	30	-15,27±25,45	-100	0	-21,25	0	0
12 kHz_TF_150_sn	30	-20,86±27,29	-100	0	-50	0	0
12 kHz_TF_180_sn	30	-21,53±28,49	-100	0	-50	0	0

TF: Taşıyıcı Frekans, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.10. Grup 2' de arka plan gürültüsü altında zamanın bir fonksiyonu olarak 1 kHz, 6 kHz ve 12 kHz taşıyıcı frekanslara (TF) bağlı her bir uyaranın normalize gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı bir taşıyıcı frekansını göstermektedir (Bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 4’ de grup 2’deki bireylerde taşıyıcı frekansın değiştiği tüm uyaranlara karşı arka plan gürültüsünde bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Grup 2 için taşıyıcı frekans üzerinde normalize gürlük adaptasyon değerlendirmesinde, uyarının verilmesinden 180 saniye sonra 3 farklı taşıyıcı frekanstan elde edilen gürlük adaptasyon değerlerinde uyaranlar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Grup 2’ de ortanca ve ortalama değerlerine bakıldığı zaman en fazla gürlük seviyesindeki artış 1 kHz de gözlenmiştir.

Arka plan gürültüsünde grup 2 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 3 farklı taşıyıcı frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.25’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.25. Grup 2 için 3 farklı taşıyıcı frekanstaki saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

					Yüzde Değerler		
						%50	
	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	%25	(Ortanca)	%75
1kHz_TF _s(% adaptasyon)	30	-32,06±35,01	-100	0	-44,57	-26,01	0
1kHz_TF_ τ (saniye)	30	88,42±80,73	0	180	0	86,37	180
1kHz_TF_Adjust R^2	30	0,48±0,38	0	1	0	0,69	0,71
6kHz_TF_s (%adaptasyon)	30	-20,86±31,36	-83,95	0	-50	0	0
6kHz_TF_ τ (saniye)	30	19,03±40,66	0	180	0	0	14,36
6kHz_TF_Adjust R^2	30	0,35±0,47	0	1	0	0	0,95
12kHz_TF_s (%adaptasyon)	30	-23,39±30,58	-100	0	-49,29	0	0
12kHz_TF_ τ (saniye)	30	42,39±64,79	0	180	0	0	62,48
12kHz_TF_Adjust R^2	30	0,38±0,43	0	1	0	0	0,75

Tf: Taşıyıcı Frekans, Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Eşitlik 3. 2 ’ye göre taşıyıcı frekansa göre modüle edilen tonlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuş (Adjust $R^2<0.9$) ve 1 kHz

taşıyıcı frekansa sahip uyarının zaman sabiti ve saturasyon sabiti değerleri diğer taşıyıcı frekansın zaman ve saturasyon sabiti değerlerinden daha fazla bulunmuştur.

Deney 3 ve deney 4' deki grup ortanca değerleri karşılaştırmasında gruplara ait değişkenler normal dağılıma uymadığı için grup ortalamalarının karşılaştırmasında Kruskal-Wallis testi kullanıldı ve gerektiği durumlarda ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi kullanılmış ve bonferroni düzeltmesi yapılmıştır.

İkili grup karşılaştırmalarında deney 3 ve deney 4' de grup 1 ve grup 2 için, uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra taşıyıcı frekanslar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Aynı zamanda her iki deneyde de, saturasyon ve zaman sabiti arasında tüm taşıyıcı frekans değişimlerinde istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Deney 4 ' de grup 1 ve grup 2 için, uyarı verilmesinden 180 saniye sonra sadece 1 kHz ve 6 kHz de elde edilen adaptasyon değerleri ile GMFE arasında orta düzeyde (yaklaşık olarak %40) korelasyon bulunmuştur ($p<0,05$).

4.5.6. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı gürlük adaptasyon bulguları (Deney 5)

Grup 1' e ait arka plan gürültüsü olmadan 4 farklı modülasyon derinliğinde gürlük adaptasyon test sonuçları

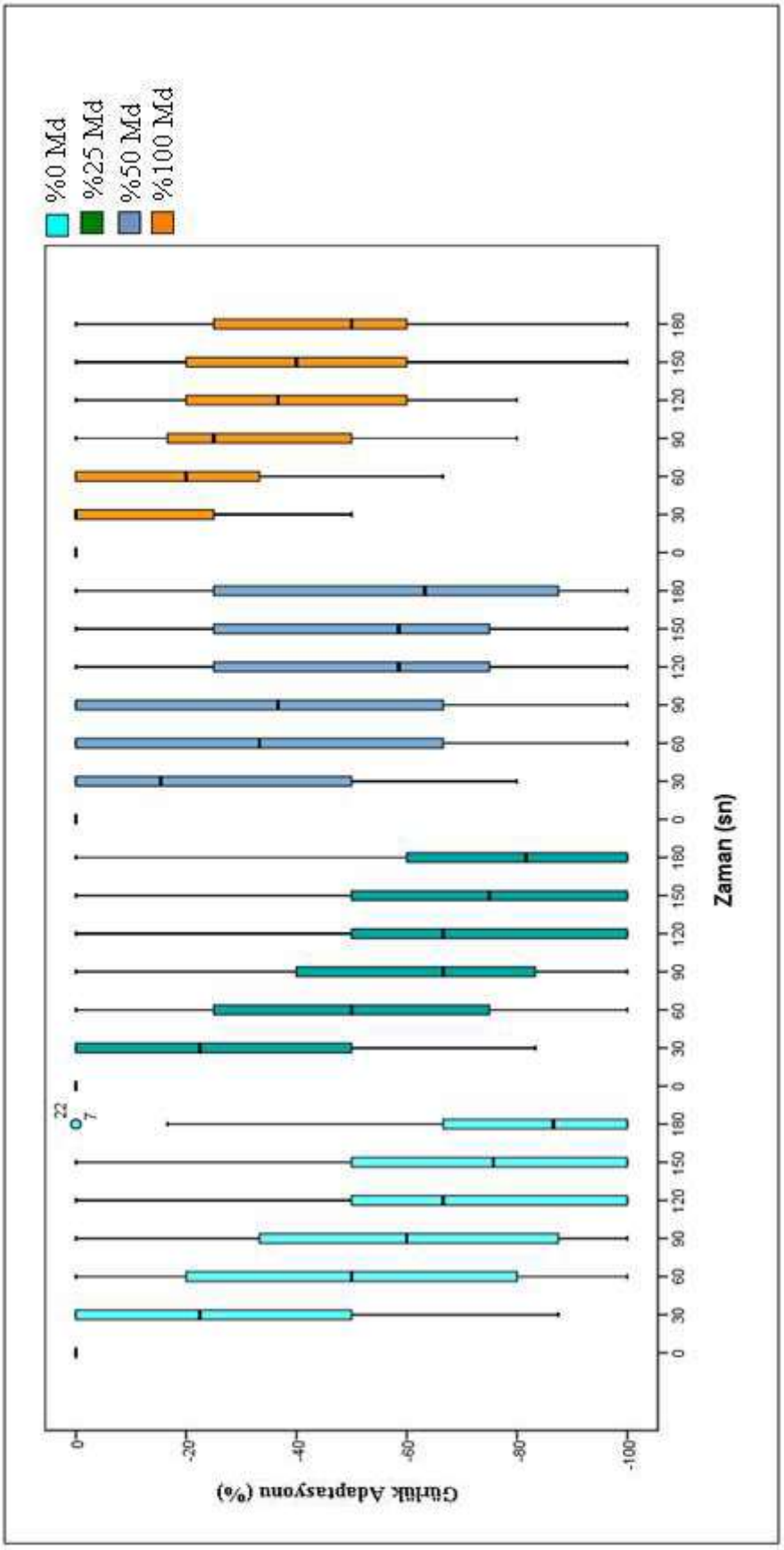
Deney 5' de grup 1 için arka plan gürültüsü olmadan 4 farklı modülasyon erinliğinde zamana karşı normalize gürlük adaptasyon durumları Tablo 4.26' da ve Şekil 4.11' de gösterilmiştir.

Tablo 4.26. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı grup1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler %25	%50 (Ortanca)	%75
%0 Md_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%0 Md_30_sn	39	-27,99 ± 28,54	-87,5	0	-50	-20	0
%0 Md _60_sn	39	-49,48 ± 33,27	-100	0	-80	-50	-20
%0 Md_90_sn	39	-58,95 ± 31,09	-100	0	-87,50	-60	-33,30
%0 Md_120_sn	39	-65,96 ± 31,47	-100	0	-100	-67	-50
%0 Md _150_sn	39	-69,40 ± 31,48	-100	0	-100	-71,40	-50
%0 Md_180_sn	39	-73,74 ± 31,75	-100	0	-100	-85,70	-66,60
%25 Md _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%25 Md_30_sn	39	-28,18 ±28,06	-83,3	0	-50	-25	0
%25 Md_60_sn	39	-48,14±30,21	-100	0	-75	-50	-25
%25 Md_90_sn	39	-59,45±33,54	-100	0	-85,70	-66,60	-40
%25 Md_120_sn	39	-68,43±29,52	-100	0	-100	-66,60	-50
%25 Md_150_sn	39	-72,59±27,25	-100	0	-100	-75	-50
%25 Md_180_sn	39	-75,97±27,00	-100	0	-100	-83,30	-60
%50 Md_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%50 Md_30_sn	39	-25,34±29,32	-80	0	-50	-14,20	0
%50 Md_60_sn	39	-38,97±32,43	-100	0	-66,60	-33,30	0
%50 Md_90_sn	39	-43,25±33,69	-100	0	-66,60	-33,30	0
%50 Md_120_sn	39	-50,87±33,76	-100	0	-75	-57,10	-25
%50 Md_150_sn	39	-51,23±33,75	-100	0	-75	-57,10	-25
%50 Md_180_sn	39	-55,30±36,91	-100	0	-87,50	-60	-25
%100 Md _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%100 Md_30_sn	38	-12,50±18,10	-50	0	-26,25	0	0
%100 Md_60_sn	39	-20,36±20,68	-66,6	0	-33,30	-20	0
%100 Md _90_sn	39	-32,15±23,80	-80	0	-50	-25	-16,60
%100 Md_120_sn	39	-39,10±22,61	-80	0	-60	-40	-20
%100 Md_150_sn	39	-42,33±25,62	-100	0	-60	-40	-20
%100 Md_180_sn	39	-43,23±30,02	-100	40	-60	-50	-20

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

.



Şekil 4.11. Zamanın bir fonksiyonu olarak 12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 1' e ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı modülasyon derinliğini göstermektedir (bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 5’ de grup 1’ deki bireylerde arka plan gürültüsü olmadan modülasyon derinliği değişen tüm uyaranlara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Modülasyon derinliğine bağlı ikili karşılaştırmada; uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra %0 ile %50 (Z =-3,548 p =0,000), % 0 ile %100 (Z =-3,411 p =0,001) , %25 ile % 100 (Z =-4,079 p =0,000) ve %25 ile %50 (Z =-2,737 p =0,006) modülasyon derinliğine modüle edilen uyaranlar arasında elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur (bonferroni düzeltmesi p= 0,0083) Aynı zamanda %0 ve %25 modülasyon derinliklerinde hastaların 1/2’ sinde uyarının verilmesinden 120 saniye sonra %100 gürlük adaptasyonu geliştiği gözlenmiştir. Modülasyon derinliği arttıkça gürlük adaptasyonu azaldığı gözlenmiştir.

Arka plan gürültüsü olmadan grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 4 farklı modülasyon derinliğine göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.27’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.27. Grup 1 için 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular.

					Yüzde Değerler		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	%25	%50 (Ortanca)	%75
%0_Md_s (% adaptasyon)	39	-80,50 ±30,99	-100	0	-100	-98,96	-74,69
%0_Md_t (saniye)	39	74,57±54,55	0	180	30,3	61,66	119,8
%0_Md_Adjust R^2	39	0,82±0,22	0	1	0,73	0,85	0,95
%25_Md_s (%adaptasyon)	39	-80,48±25,01	-100	0	-100	-90,53	-69,32
%25_Md_t (saniye)	39	76,22±59,73	0	180	33,45	68,43	125,4
%25_Md_Adjust R^2	39	0,86±0,17	0	1	0,82	0,89	0,99
%50_Md_s (%adaptasyon)	39	-59,55±37,07	-100	0	-86,99	-82,64	-34,66
%50_Md_t (saniye)	39	56,74±56,97	0	180	2,522	58,19	77,66
%50_Md_Adjust R^2	39	0,70±0,37	0	1	0,72	0,87	0,97
%100_Md_s(%adaptasyon)	39	-54,15±29,44	-100	0	-79,15	-50	-34,21
%100_Md_t (saniye)	39	101,20±74,07	0	180	33,45	82,61	180
%100_Md_Adjust R^2	39	0,74±0,26	0	1	0,69	0,76	0,92

Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Eşitlik 3. 2 ’de 4 farklı modülasyon derinliğine (%0, %25, %50 ve %100) bağlı olarak edilen seslerde iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında orta düzeyde uyum bulunmuştur (Adjust R^2<0.9) ve %0, %25, %50 ve %100 modülasyon derinliklerinde zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak bulunmuştur. %100 modülasyon derinliğinde ise saturasyon ve zaman sabiti farklı bulunmuştur.

Grup 2’ ye ait arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğinde gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 5’ te grup 2 için arka plan gürültüsü olmadan 4 farklı modülasyon derinliğinde zamana karşı normalize gürlük adaptasyon durumları Tablo 4.28’ de ve Şekil 4.12’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.28. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2’ ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

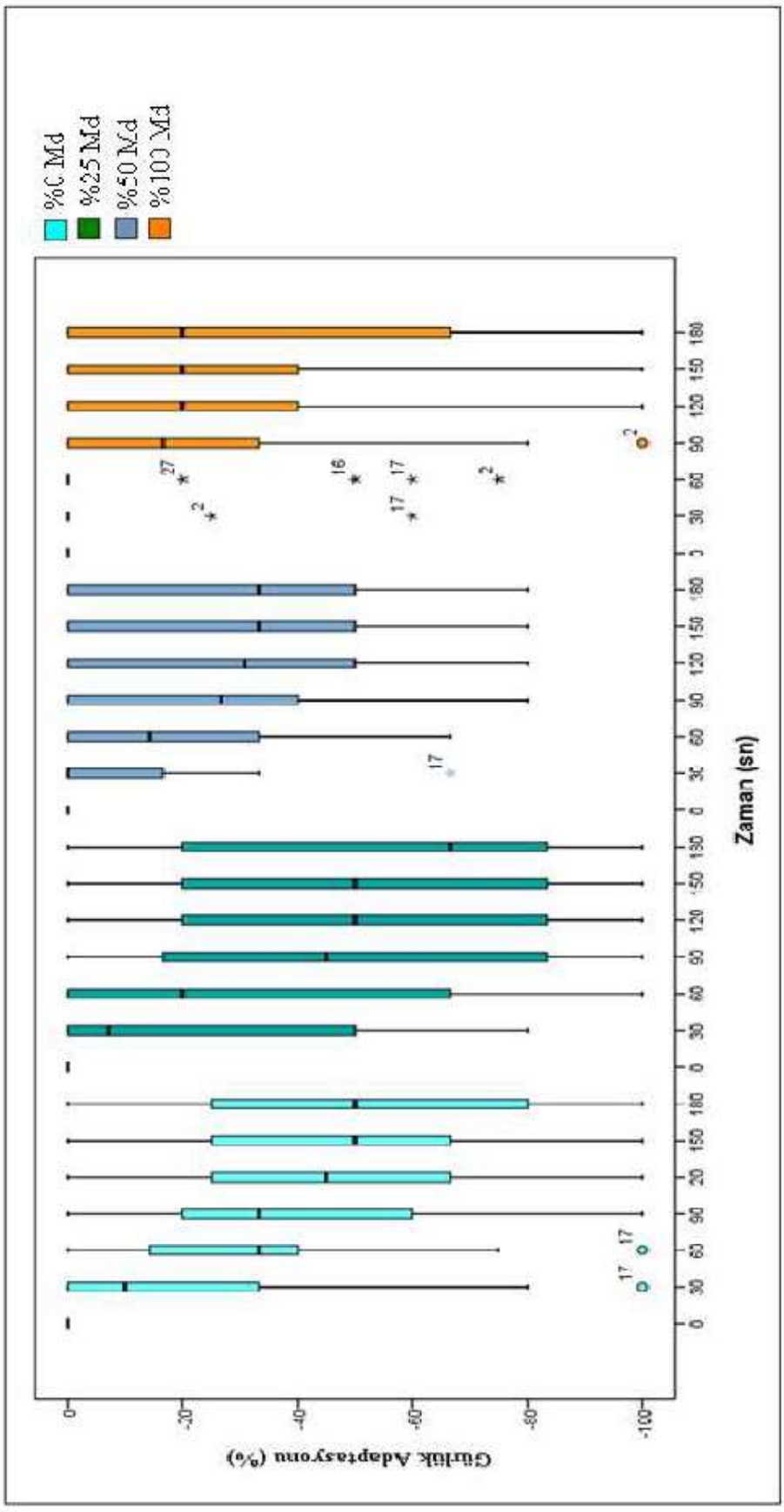
Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler %25	%50 (Ortanca)	%75
%0 Md_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%0 Md_30_sn	30	-19,39±25,91	-100	0	-33,30	-10	0
%0 Md _60_sn	30	-30,16±24,64	-100	0	-42,50	-33,30	-10,65
%0 Md_90_sn	30	-37,77±25,51	-100	0	-60	-33,30	-18,55
%0 Md_120_sn	30	-45,77±27,67	-100	0	-69,95	-45	-23,75
%0 Md _150_sn	30	-46,88±27,82	-100	0	-69,95	-50	-23,75
%0 Md_180_sn	30	-50,44±31,50	-100	0	-80	-50	-23,75
%25 Md _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%25 Md_30_sn	30	-19,67±24,98	-80	0	-50	-7,10	0
%25 Md_60_sn	30	-36,24±36,22	-100	0	-66,60	-20	0
%25 Md_90_sn	30	-47,93±37,20	-100	0	-83,30	-45	-12,45

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.29. (devam) Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsü olmadan farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
%25 Md_120_sn	30	-50,93±35,30	-100	0	-83,30	-50	-19,15
%25 Md_150_sn	30	-52,81±36,07	-100	0	-83,30	-50	-19,15
%25 Md_180_sn	30	-57,03±35,86	-100	0	-83,90	-66,60	-19,15
%50 Md_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%50 Md_30_sn	30	-7,66±14,64	-67	0	-16,60	0	0
%50 Md_60_sn	30	-17,85±19,56	-67	0	-34,98	-14,20	0
%50 Md_90_sn	30	-24,73±23,24	-80	0	-40,73	-26,75	0
%50 Md_120_sn	30	-30,25±25,01	-80	0	-50	-30,90	0
%50 Md_150_sn	30	-31,75±26,28	-80	0	-50	-33,30	0
%50 Md_180_sn	30	-32,33±27,27	-80	0	-50	-33,30	0
%100 Md _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%100 Md_30_sn	30	-2,83±11,72	-60	0	0	0	0
%100 Md_60_sn	30	-6,83±19,23	-75	0	0	0	0
%100 Md _90_sn	30	-20,99±25,42	-100	0	-34,98	-16,60	0
%100 Md_120_sn	30	-24,32±25,73	-100	0	-40	-20	0
%100 Md_150_sn	30	-25,43±26,83	-100	0	-42,50	-20	0
%100 Md_180_sn	30	-37,10±40,47	-100	0	-74,95	-20	0

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.12. Zamanın bir fonksiyonu olarak 12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 2' ye ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı modülasyon derinliğini göstermektedir (bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 5' de grup 2 'deki bireylerde arka plan gürültüsü olmadan modülasyon derinliği değişen tüm uyaranlara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Deney 5' de, uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra %0 ile %25 modülasyon derinlikleri arasında (Z =-3,318, p =0,001), %25 ile %50 modülasyon derinlikleri arasında (Z =-4,025, p =0,000, p<0,05) ve %0 ile %50 modülasyon derinlikleri arasında (Z =-3,304, p =0,001) gürlük adaptasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (bonforoni düzeltmesi p=0,0013). %0 modülasyon derinliğindeki uyarana göre, başlangıç gürlük seviyesine göre en fazla gürlük seviyesindeki artış %50 modülasyon derinliğinde ve yaklaşık olarak %66 oranında bulunmuştur. Grup 2 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 4 farklı taşıyıcı frekansına göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.29' da gösterilmiştir.

Tablo 4.29. Grup 2 için 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular.

					Yüzde Değerler		
	N	Ort ±SS	Min.	Mak.	%25	% 50 (Ortanca)	% 75
%0_Md_s (% adaptasyon)	30	-58,75±35,16	-100	0	-100	-51,96	-32,85
%0_Md_t (saniye)	30	81,48±62,12	0	180	18,63	62,52	118,3
%0_Md_Adjust R^2	30	0,75±0,27	0	1	0,71	0,80	0,91
%25_Md_s (%adaptasyon)	30	-56,09±34,69	-100	0	-80,22	-69,32	-21,33
%25_Md_t (saniye)	30	55,76±66,18	0	180	0,73	29,71	105,30
%25_Md_Adjust R^2	30	0,70±0,37	0	1	0,71	0,80	1
%50_Md_s (%adaptasyon)	30	-40,52±35,93	-100	0	-70,30	-34,62	0
%50_Md_t (saniye)	30	62,65±68,89	0	180	0	33,53	118,53
%50_Md_Adjust R^2	30	0,63±0,40	0	1	0	0,75	0,96
%100_Md_s(%adaptasyon)	30	-41,88±39,86	-100	0	-77,60	-34,21	0
%100_Md_t (saniye)	30	98,21±85,45	0	180	0	141,85	180
%100_Md_Adjust R^2	30	0,47±0,37	0	0,92	0	0,70	0,72

Md: Modülasyon derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Grup 2' nin saturasyon ve zaman sabit arasında yapılan ikili karşılaştırmasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). Eşitlik 3. 2' de modülasyon derinliğine bağlı olarak edilen uyarılarda iyi uygunluk adaptasyon

değerleri arasında uyum az olarak bulunmuştur (Adjust R^2<0,9) ve %100 modülasyon derinliğine ait değerler dışında diğer tüm durumlarda zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak bulunmuştur.

Deney 5' te grup1 ve grup 2'nin gürlük adaptasyon değerlerine ait bulgular normal dağılıma uymadığı için grup ortalamalarının karşılaştırmasında ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi kullanılmış ve bonferroni düzeltmesi yapılmıştır.

Uyarımın verilmesinden 180 saniye sonra %0 (Z= -3,027, p= 0,002) ve %50 (Z= -2,657, p= 0,008) modülasyon derinliklerinde gruplar arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (bonferroni düzeltmesi p<0,0125). Deney 5' de grup 1 ve grup 2'nin zaman ve saturasyon sabiti karşılaştırıldığında, sadece % 25 modülasyon derinliği olan uyaranda gruplar arasında saturasyon sabiti açısından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (Z= -3,190, p=0,001).

Deney 6' da uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri ile GMFE arasında korelasyon bulunmamıştır (p>0,05).

4.5.7. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı gürlük adaptasyon bulguları (Deney 6)

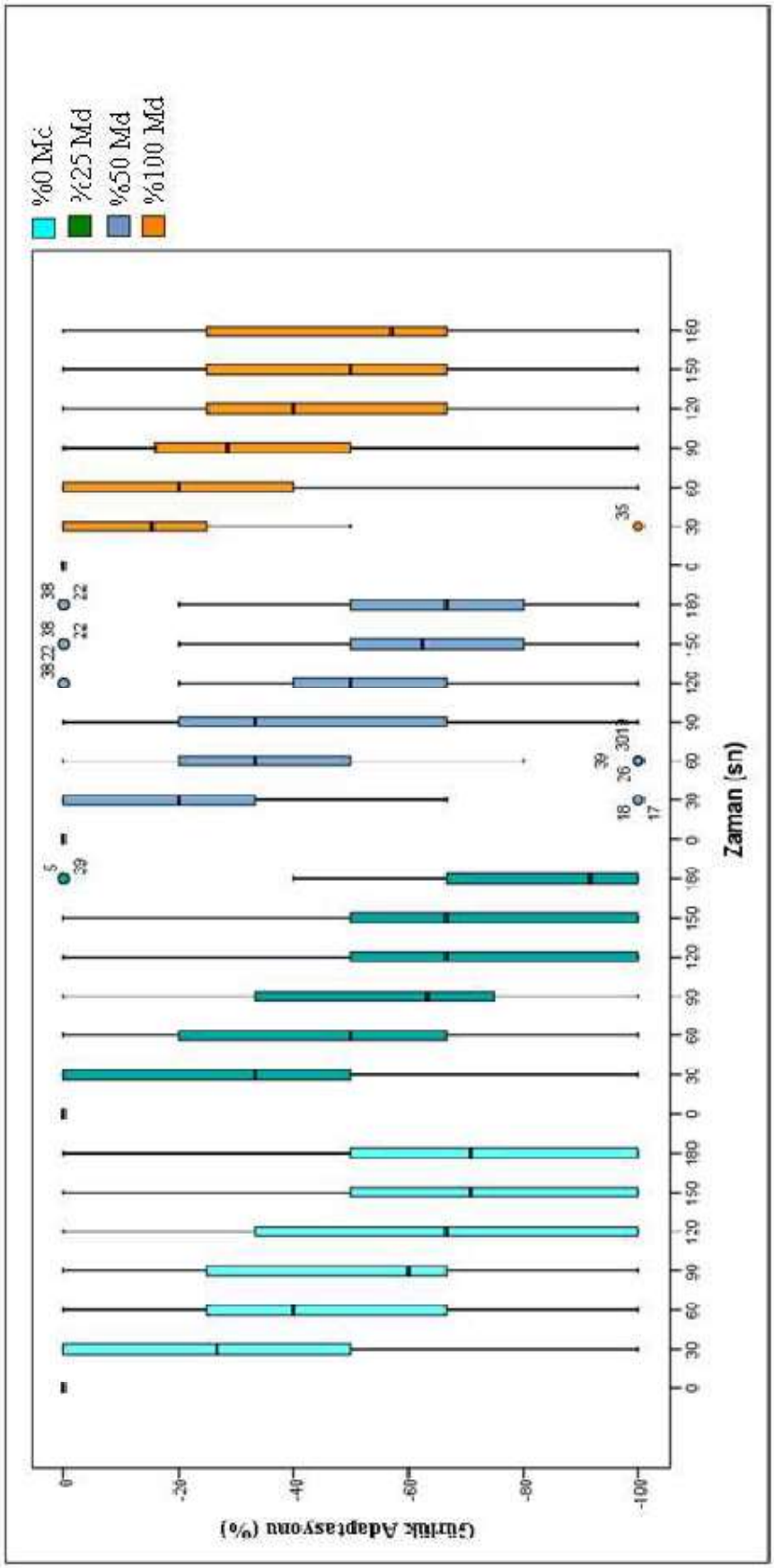
Grup 1' e ait arka plan gürültüsünde 4 farklı modülasyon derinliğinde gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 6' da grup 1 için arka plan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde zamana karşı normalize gürlük adaptasyon durumları Tablo 4.30' da ve Şekil 4.13' de gösterilmiştir.

Tablo 4.30. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 1' e ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler %25	% 50 (Ortanca)	%75
%0 Md_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%0 Md_30_sn	39	-29,86±29,81	-100	0	-50	-20	0
%0 Md _60_sn	39	-43,38±31,65	-100	0	-66,60	-40	-16,60
%0 Md_90_sn	39	-52,38±34,04	-100	0	-66,60	-60	-25
%0 Md_120_sn	39	-62,54±34,42	-100	0	-100	-66,60	-33,30
%0 Md _150_sn	39	-68,79±33,03	-100	0	-100	-66,60	-50
%0 Md_180_sn	39	-69,75±32,03	-100	0	-100	-66,60	-50
%25 Md _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%25 Md_30_sn	38	-32,45±28,73	-100	0	-50,00	-33,30	0
%25 Md_60_sn	39	-44,16±32,10	-100	0	-66,60	-50	-20
%25 Md_90_sn	39	-57,13±31,91	-100	0	-75,00	-60	-33,30
%25 Md_120_sn	39	-67,86±27,39	-100	0	-100	-66,60	-50
%25 Md_150_sn	39	-71,18±27,03	-100	0	-100	-66,60	-50
%25 Md_180_sn	39	-79,67±26,61	-100	0	-100	-83,30	-67
%50 Md_0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%50 Md_30_sn	39	-23,96±27,05	-100	0	-33,30	-20	0
%50 Md_60_sn	39	-39,03±31,95	-100	0	-50	-33,30	-20
%50 Md_90_sn	39	-45,71±31,98	-100	0	-66,60	-33,30	-20
%50 Md_120_sn	39	-56,69±26,57	-100	0	-66,60	-50	-40
%50 Md_150_sn	39	-62,22±26,85	-100	0	-80	-62,50	-50
%50 Md_180_sn	39	-64,74±27,06	-100	0	-80	-66,60	-50
%100 Md _0_sn	39	0	0	0	0	0	0
%100 Md_30_sn	39	-16,07±20,35	-100	0	-25	-16,60	0
%100 Md_60_sn	39	-26,73±25,70	-100	0	-40	-20	0
%100 Md _90_sn	39	-35,68±27,48	-100	0	-50	-28,50	-16
%100 Md_120_sn	39	-43,38±27,03	-100	0	-66,60	-40	-25
%100 Md_150_sn	39	-47,12±27,66	-100	0	-66,60	-50	-25
%100 Md_180_sn	39	-51,45±28,24	-100	0	-66,60	-57,10	-25

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4.13. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup 1' e ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı modülasyon derinliğini göstermektedir (Bu hesaplamalar eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Deney 6'da grup 1' deki bireylerde arka plan gürültüsü altında modülasyon derinliği değişen tüm uyaranlara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapılmış ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan deneyde, uyaranın başlangıcından 180 saniye sonra % 0 ve % 100 (Z =-2,882, p =0,004), %25-%50 (Z =-3,454, p =0,001) ve %50 ile %100 (Z =-4,204, p =0,000) modülasyon derinliği arasında gürlük adaptasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (bonferroni düzeltmesi p =0,0083). Arka plan gürültüsünde verilen uyarılardan başlangıç durumuna göre 180 saniye sonra en fazla gürlük adaptasyon artışı %50 modülasyon derinliğinde elde edilmiştir. %0 modüle edilen uyarana göre, % 25 ve %50 modülasyon derinliklerinde zamana karşı adaptasyon miktarı artarken, % 100 modülasyon derinliğinde ters orantılı olarak azaldığı gösterilmiştir.

Arka plan gürültüsünde grup 1 için eşitlik 3. 2 kullanılarak 4 farklı modülasyon derinliğine göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.31' de gösterilmiştir.

Tablo 4.31. Grup 1 için arka alan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular.

					Yüzde Değerler		
						%50	
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	%25	(Ortanca)	%75
%0_Md_s (% adaptasyon)	39	-75,96 ±29,54	-100	0	-100	-84,54	-63,37
%0_Md_t (saniye)	39	79,06 ±69,95	0	180	0,63	58,02	180
%0_Md_Adjust R^2	39	0,81 ±0,26	0	1	0,72	0,90	0,96
%25_Md_s (%adaptasyon)	39	-84,20 ±24,62	-100	0	-100	-100	-73,07
%25_Md_t (saniye)	39	77,96 ±67,66	0	180	20,79	57,35	151,50
%25_Md_Adjust R^2	39	0,85 ±0,22	0	1	0,79	0,90	0,96
%50_Md_s (%adaptasyon)	39	-75,79 ±26,45	-100	0	-100	-81,64	-66,60
%50_Md_t (saniye)	39	93,21 ±71,31	0	180	20,84	69,35	180
%50_Md_Adjust R^2	39	0,83 ±0,22	0	1	0,75	0,87	0,97
%100_Md_s(%adaptasyon)	39	-57,34 ±37,59	-100	63	-86,23	-61,13	-28,75
%100_Md_t (saniye)	39	92,85 ±71,08	0	180	33,45	72,11	180
%100_Md_Adjust R^2	39	0,78 ±0,27	0	1	0,69	0,88	0,97

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Grup 1 için arka plan gürültüsünde saturasyon sabiti arasında yapılan ikili karşılaştırmasında, sadece %25 ile %100 (Z= -3,736, p = 0,001) ve %50 ile %100 (Z= -2,735, p = 0,006) modülasyon derinliği arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (bonferroni düzeltmesi p=0,083). Grup 1 için arka plan gürültüsünde zaman sabiti arasında yapılan ikili karşılaştırmasında, farklı modülasyon derinlikleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Eşitlik 3.2 'ye modülasyon derinliğine bağlı olarak edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum çok iyi olarak bulunmuştur (Adjust R^2>0.9) ve zaman sabiti ve saturasyon sabiti %0 ile %25 arasında benzer olarak bulunmuştur.

Grup 2' ye ait arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğinde gürlük adaptasyon test sonuçları

Deney 6' da grup 2 için arka plan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde zamana karşı normalize gürlük adaptasyon durumları Tablo 4.32' de ve Şekil 4.14' de gösterilmiştir.

Tablo 4.32. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

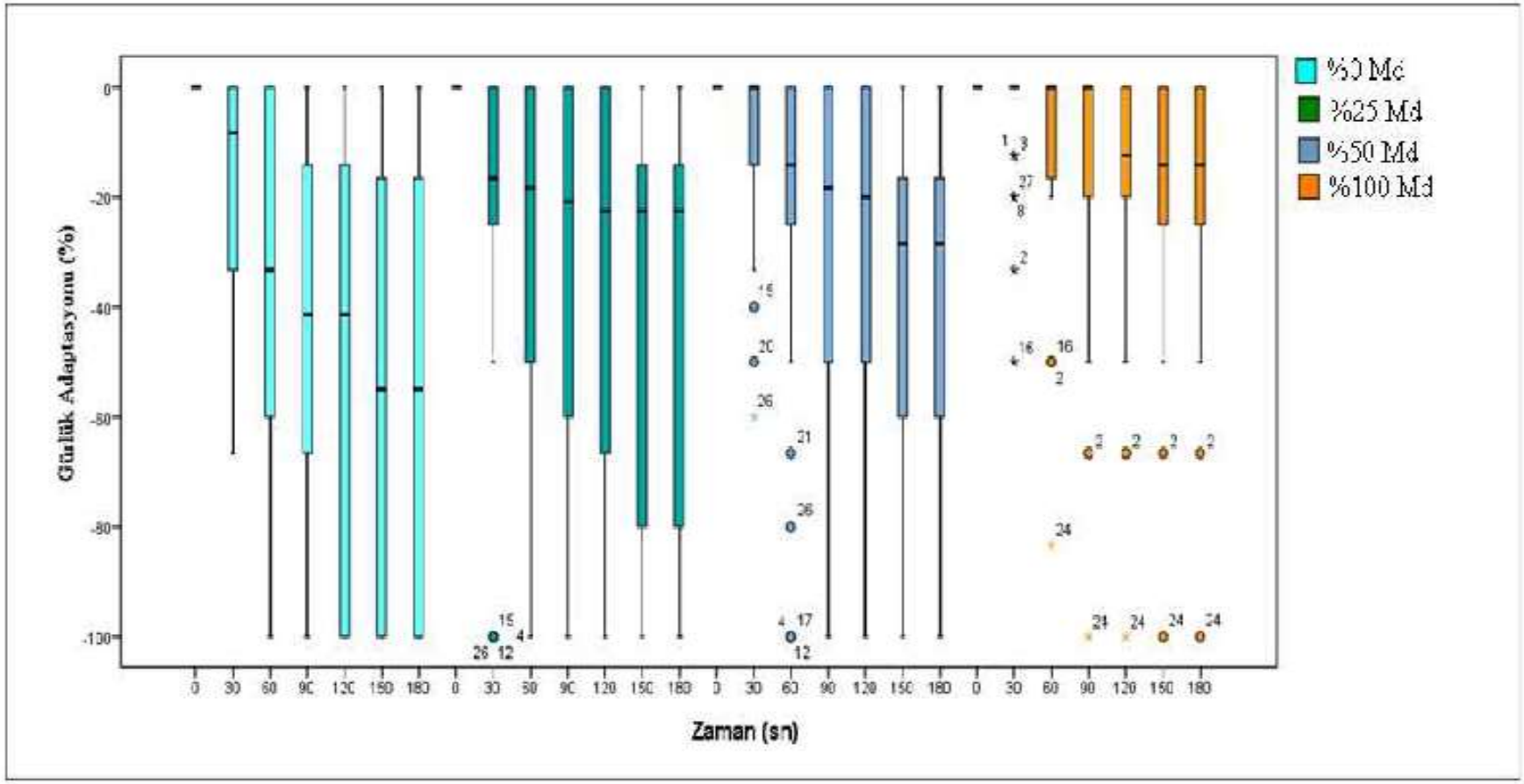
Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar					Yüzde Değerler		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	%25	%50 (Ortanca)	%75
%0 Md_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%0 Md_30_sn	30	-19,68±23,53	-66,60	0	-35,70	-8,30	0
%0 Md _60_sn	30	-38,94±36,56	-100	0	-61,65	-33,30	0
%0 Md_90_sn	30	-43,04±37,32	-100	0	-69,95	-41,45	-10,65
%0 Md_120_sn	30	-33,06±51,87	-100	100	-76,25	-26,85	0
%0 Md _150_sn	30	-52,36±41,66	-100	0	-100	-55	-16,00
%0 Md_180_sn	30	-49,88±44,69	-100	37,10	-100	-55	-10,65
%25 Md _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%25 Md_30_sn	30	-23,93±32,78	-100	0	-25	-16,60	0
%25 Md_60_sn	30	-31,13±33,56	-100	0	-50	-18,30	0

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum

Tablo 4.34. (devam) Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde farklı modülasyon derinliğine bağlı grup 2' ye ait normalize gürlük adaptasyon bulguları.

Farklı Modülasyon Derinliğinde Kullanılan Uyarılar	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	Yüzde Değerler % 25	% 50 (Ortanca)	% 75
%25 Md_90_sn	30	-34,08±35,33	-100	0	-61,65	-20,80	0
%25 Md_120_sn	30	-36,52±36,51	-100	0	-69,95	-22,50	0
%25 Md_150_sn	30	-39,89±37,72	-100	0	-80	-22,50	-10,65
%25 Md_180_sn	30	-39,89±37,72	-100	0	-80	-22,50	-10,65
%50 Md_0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%50 Md_30_sn	30	-9,89±16,35	-60	0	-14,80	0	0
%50 Md_60_sn	30	-24,00±32,79	-100	0	-28,75	-14,20	0
%50 Md_90_sn	30	-30,83±35,92	-100	0	-50	-18,30	0
%50 Md_120_sn	30	-32,61±35,01	-100	0	-50	-20	0
%50 Md_150_sn	30	-37,18±34,25	-100	0	-60	-28,50	-12,45
%50 Md_180_sn	30	-38,52±34,73	-100	0	-61,65	-28,50	-12,45
%100 Md _0_sn	30	0	0	0	0	0	0
%100 Md_30_sn	30	-10,16±19,50	-83,30	0	-17,45	0	0
%100 Md_60_sn	30	-13,75±23,24	-100	0	-20	0	0
%100 Md _90_sn	30	-17,68±24,15	-100	0	-21,25	-12,50	0
%100 Md_120_sn	30	-19,73±23,58	-100	0	-27,08	-14,20	0
%100 Md_150_sn	30	-19,73±23,58	-100	0	-27,08	-14,20	0
%100 Md_180_sn	30	-4,94±11,73	-50	0	0	0	0

Md: Modülasyon Derinliği, Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Mak: Maksimum



Şekil 4. 14. Zamanın bir fonksiyonu olarak arka plan gürültüsünde12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarının farklı modülasyon derinliğine (Md) modüle edilmesi sonucu grup2' ye ait gürlük adaptasyonu. Her bir renk farklı modülasyon derinliğini göstermektedir (bu hesaplamaların tamamı eşitlik 3. 2'deki eksponansiyel denkleme göre yapılmıştır)

Grup 2 için arka plan gürültüsü altında modülasyon derinliği değişen tüm uyaranlara karşı bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerlerinin parametrik test varsayımlarına uymadığı belirlendiğinden bu değişkenler için zamanla değişimin istatiksel anlamlılığı Friedman testi kullanılarak incelenmiştir. Gereği halinde ikişerli karşılaştırmalar Wilcoxon testi kullanılarak yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Grup 2'de arka alan gürültüsü altında %25 ile %100 modülasyon derinliği arasında gürlük adaptasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (bonferroni düzeltmesi p= 0,0083).

Tablo 4.33. Grup 2 için arka alan gürültüsü altında 4 farklı modülasyon derinliğinde saturasyon ve zaman sabiti değerlerine ait bulgular.

					Yüzde Değerler		
	N	Ort ± SS	Min.	Mak.	%25	%50 (Ortanca)	%75
%0_Md_s (% adaptasyon)	30	-56,12 ±42,20	-100	0	-100	-58,35	-18,39
%0_Md_t (saniye)	30	58,02 ±49,23	0	180	1,26	61,98	82,67
%0_Md_Adjust R^2	30	0,63 ±0,37	0	1	0,36	0,75	0,9
%25_Md_s (%adaptasyon)	30	-42,74 ±38,93	-100	0	-79,73	-40,63	0
%25_Md_t (saniye)	30	34,61 ±52,01	0	180	0	46,62	162,2
%25_Md_Adjust R^2	30	0,59 ±0,39	0	1	0	0,73	0,85
%50_Md_s (%adaptasyon)	30	-42,91 ±37,27	-100	0	-75,52	-40,63	0
%50_Md_t (saniye)	30	68,61 ±74,15	0	180	0	46,62	162,2
%50_Md_Adjust R^2	30	0,67 ±0,43	0	1	0	0,95	1
%100_Md_s(%adaptasyon)	30	-25,05 ±26,86	-100	0	-36,77	-14	0
%100_Md_t (saniye)	30	78,21 ±84,91	0	180	0	23,08	180
%100_Md_Adjust R^2	30	0,52 ±0,40	0	1	0	0,71	0,765

Md: Modülasyon Derinliği, s: saturasyon sabiti, τ: zaman sabiti, R^2: iyi uygunluk değeri

Arka plan gürültüsünde grup 2 için Eşitlik 3. 2 kullanılarak 4 farklı modülasyon derinliğine (%0, %25, %50 ve %100) göre iyi uyumluluk parametreleri Tablo 4.33' te gösterilmiştir. Grup 2 için arka plan gürültüsünde %0 ile % 100 (Z= -3, 472, p=0,01) modülasyon derinliği arasında saturasyon değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir. Eşitlik 3. 2 'ye göre 4 farklı modülasyon derinliğinde modüle

edilen değişkenlerdeki iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmasına rağmen (Adjust R^2<0,9), %50 modülasyon derinliğinde çok iyi olarak bulunmuştur (Adjust R^2>0,9). Modülasyon derinliklerindeki zaman sabiti ve saturasyon sabiti benzer olarak bulunmuştur.

Deney 5 ve deney 6' daki grupların karşılaştırmasında gruplara ait değişkenler normal dağılıma uymadığı için grup ortalamalarının karşılaştırmasında Kruskal-Wallis testi kullanıldı ve gerektiği durumlarda ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi kullanılmış ve bonferroni düzeltmesi yapılmıştır.

Deney 5 ve deney 6' da grup 1'in karşılaştırmasında uyarının verilmesinden 180 saniye sonra farklı modülasyon derinlikleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Deney 5 ve deney 6' da grup 2'nin karşılaştırmasında uyarının verilmesinden 180 saniye sonra farklı modülasyon derinlikleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0,05). (p<0,05).

Deney 6' da uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri ile GMFE arasında koralasyon bulunmamıştır (p>0,05).

5. TARTIŞMA

Gürültünün insan sağlığı üzerine zararlı etkileri yıllardır çalışılan bir konudur. Gürültüye bağlı işitme kayıpları, dünya genelinde endüstriyel alanda gözlenen en önemli sağlık problemlerinden birisi olmuştur (125). Yapılan hayvan çalışmasına göre, gürültü maruziyeti sonrası işitme eşiklerinde geçici artış olması eşik üstü seslerde işitsel cevapların kalıcı olarak bozulabileceğini göstermiştir (8). Azalmış eşik üstü cevapların, düşük spontan oranlı ve yüksek ateşleme eşikli işitme sinir lifleri tarafından uyarılan iç tüylü hücrelerin sinapstik bağlantılarındaki hasar ile ilişkili olduğu, ancak yüksek spontan oranlı ve düşük ateşleme eşikli işitme sinir liflerindeki hasar ile daha az ilişkili olduğu çalışmada belirtilmektedir (8). Yüksek spontan oranlı lif kaybı olmadığı durumlarda sessiz ortamlarda, işitme eşikleri etkilenmeden kalırken (126), iç tüy hücrelerinin yüksek şiddetteki seslerden yaklaşık olarak %80 oranında zarar görmesi ile oluşan sinaps kaybı bozuklukları görülebileceği belirtilmiştir (10). Bu bozukluk modeli gizli işitme kaybı olarak tanımlanmıştır (126). İnsan işitme yeteneğini bozan gizli işitme kaybı hakkında halen bilinmeyen birçok nokta bulunmaktadır. Gizli işitme kaybı olan bireylerin tanılanmasında, gürültü maruziyeti hikâyesi olması ve normal işitme eşiklerine sahip olmasına rağmen, işitsel algı bozukluğu, zamansal işlemlemesinde bozulmalar (127) ve anormal gürlük adaptasyonu bulgularının (68) gizli işitme kaybı için tanı kriteri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda, anormal gürlük adaptasyonu bulgusunun retrokoklear nöral bir bozukluğun işareti olduğu gösterilmiştir (95, 128). Ancak, deney hayvanları üzerinde yapılan fizyolojik bir çalışmada, işitsel adaptasyonun işitme sinirinde olmadığı, koklear iç tüy hücre sinapslarındaki değişim ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (96, 129). Devam eden sese karşı düşük spontan oranlı liflerin, orta ve yüksek spontan oranlı liflerden daha fazla adaptasyon gösterdikleri belirtilmiştir. Kokleanın bazal bölgesinden alınan uyarılar, düşük spontan oranlı liflerin kuvvetli bir şekilde adaptasyon gösterdiği nöronlar tarafından taşınmaktadırlar (25). Huss and Moore (71) yaptıkları çalışmada, iç tüy hücre kaybı olduğu tespit edilen bireylerde ölçülen gürlük adaptasyonunun, kokleanın ölü bölgesine yakın olan yerlerinde daha fazla olduğunu ve yüksek frekansların alçak frekanslardan daha fazla adaptasyon gösterdiğini (67) belirlemişlerdir. Aynı zamanda, şiddet ve taşıyıcı

frekansa eşdeğer saf sesin gürlük adaptasyonunun genliğe modüle edilen tonlardan daha düşük adaptasyon gösterdiği belirtmiştir (27). Yüksek frekanslarda (4, 12,14 ve 16 kHz) elde edilen gürlük adaptasyon miktarları arasında, 40 dB SL üzerindeki ses şiddetinde en fazla adaptasyon gösteren uyarı 14 ve 16 kHz' lik saf seste yaklaşık olarak %94 olmasına rağmen, 4 kHz uyarıda adaptasyon miktarı % 18 olarak bulunmuştur. 50 dB SL ses şiddetinin üzerinde ise en fazla adaptasyon 14 kHz 'de tespit edilmiştir (67). Yapılan çalışmada, gürültü maruziyeti olan bireylerde, genlik modülasyonundaki değişimlere bağlı olarak, gürlük adaptasyonundaki değişimi belirlemek ve gizli işitme kayıplı bireylerin tanımlanmasında davranışsal farklı bir test bataryası geliştirmek amaçlanmıştır.

Çalışmamızda, tüm bireylerin altı alt deney durumunda gürlük adaptasyonu değerlendirilmiştir. İlk deneyde, modülasyon frekansının kısa zaman diliminde gürlük değişiminin olmasını engelleyen bir durum olarak algılanıp algılamadığını değerlendirmek amaçlanmıştır. 2. deneyde yüksek spontan oranlı liflerde saturasyona neden olan bir dar bant gürültü verilerek, değişen modülasyon frekansına karşı, farklı gruptaki bireylerin gürlük adaptasyonundaki değişimini araştırmak amaçlanmıştır. 3. deneyde, taşıyıcı frekansının aktif işitsel sinir liflerinden bağımsız genlik modülasyonun gürlük adaptasyonun üzerinde değişime neden olup olmayacağını araştırmak amaçlanmıştır. 4. deneyde, 2. deney koşulunda kontralateral arka alan gürültüsü kullanılarak (fakat taşıyıcı frekans değiştikçe dar bant gürültünün de merkez frekansı değişerek) farklı taşıyıcı frekanslara karşı modüle edilen seslerde gürlük adaptasyon değişimi değerlendirilmiştir. 5. deneyde, genlik modülasyonu nedeni ile artan senkranizasyonun, modüle edilen sesleri modüle edilmeyen seslerden algısal olarak ayrılmadığı durumda bile gürlük adaptasyonun etkilenip etkilenmediği değerlendirilmiştir. 6. deneyde, arka alan gürültüsünde modülasyon derinliğindeki değişime bağlı olarak gürlük adaptasyonunun değişip değişmediği araştırılmıştır. Katılımcıların tamamı 6 deneye de katılmıştır ve bireyler gürültü anket skoruna verdikleri cevaplara göre 2 gruba ayrılmıştır. 1. Grup; gürültü anket skoru 5 ve üstü alan çalışma grubunu oluştururken; 2. grup ise gürültü anket skoru 0-4 arasında olan kontrol grubunu oluşturmaktadır.

Klik uyarılmış işitsel beyin sapı cevapları (İBC), insanlarda gizli işitme kayıplarının ölçümü için kullanılması önerilen ve kullanılan elektro-fizyolojik testtir.

İBC birçok odyoloji kliniklerinde kayıt yapmak için uzman ve gerekli ekipmanlara sahip olması nedeni ile, diğer araştırmalarda kullanılan elektro-fizyolojik testlere göre daha avantajlı bir test olmuştur. İBC' nin I. dalgası rodent modelinde gürültü maruziyetinin etkisine hassas olan işitme sinir fonksiyonunu yansıttığı belirtilmektedir (8). Bu modellerde İBC' nin I. dalga genliği düşük spontan oranlı işitme sinir lif kaybı ile ilişkili olarak orta ve yüksek şiddet seviyelerinde azalırken, düşük şiddet seviyelerinde değişme göstermemektedir (8, 11). Bazı çalışmalarda gürültü maruziyeti sonucu saf ses işitme eşiklerde bir artış olmadığı durumlarda bile 90 ve 100 dB nHL gibi yüksek seviyeli klik seslerde İBC' nin I. dalga genliğinde azalma olduğu gösterilmiştir (7, 8, 86, 88, 108). Yapılan bir çalışmada, yüksek şiddet seviyeli klik uyarılar için, İBC' nin I. dalga genliği normal odyograma sahip tinnituslu bireylerde azalmış olarak bulunmuştur. Araştırmacılara göre, bu azalmanın tinnituslu bireylerde işitme sinir liflerindeki kayıp nedeniyle olabileceği belirtilmiştir (12). Son zamanlarda yapılan hayvan çalışmalarında, gürültü maruziyeti sonrası meydana gelen gizli işitme kaybında düşük ve orta spontan oranlı lif kaybı olduğu ve eşik üstü seviyelerde İBC' nin I. dalga genliğinde kalıcı bir azalma olabileceği bulunmuştur. Bu değişikliğin sebebinin gürültüde işitme algısındaki azalma gibi eşik üstü bozukluklar olabileceği düşünülmektedir (9, 130). Yapılan bir başka hayvan çalışmasında ise, 100 dB pe SPL (8-16khz) gürültü seviyesine 2 saat maruz kaldıktan sonra, iç tüy hücre ve işitme sinir lifleri arasındaki sinapslarda yaklaşık olarak % 50 kayıp olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, gürültü maruziyetinden sonra absolüte işitme hassasiyetinin etkilenmediği, fakat İBC' nin I. dalga genliğinde kalıcı azalma olduğunu ve bu durumun azalan sinir aktivitelerini yansıttığı ve orta / yüksek şiddetteki uyarıların cevaplarında görüldüğü belirtilmiştir. İşitsel sinaps kaybının tercihen yüksek eşikli ve düşük spontan oranlı işitme sinir liflerini etkilediği bulunmuştur (2). Tinnitusu olan bireyler üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise, normal işitme eşiklere sahip olan bireyler, kontrol grubu ile karşılaştırıldıkları zaman, İBC 'nin I. dalga genliklerinde önemli bir değişim olmadığı bulunmuştur (15). Tinnitusu olan bireyler üzerine yapılan başka bir çalışmada ise, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 100 dB pe SPL klik uyaranda yaklaşık olarak % 26 oranında İBC' nin I. dalga genliğinde azalma meydana geldiği belirtilmiştir (12). Yaptığımız bu çalışmada ise, gürültüye maruz kalmış bireylere ait İBC genlik karşılaştırmasında 99 dB nHL seviyesinde verilen klik uyarıdan elde edilen

I. dalgasının genlik değeri ile 80 ve 70 dB nHL seviyesinde verilen İBC dalgasının genliği arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. İBC' nin I. dalgasının genlik değerinin yüksek şiddetlerde diğer şiddetlere göre düşük çıkması, gürültüye daha fazla maruz kalmış bireylerde periferik işitsel sinirde hasarın olabileceğini destekler niteliktedir. İki grup arasında İBC' nin I. dalga genlik karşılaştırmasında 80 dB nHL ve 70 dB nHL seviyesinde farklılık gözükmesine rağmen, çalışma grubunda şiddet arttıkça genliğin azaldığı (yaklaşık %50 oranında), kontrol grubunda ise şiddet artıkça genliğin arttığı gözlenmiştir. Çalışma grubunun kontrol grubu ile karşılaştırmasında iki grup arasında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık çıkmamasına rağmen, şiddet artışına göre ters ilişki göstermesi (kontrol grubunda şiddet arttıkça genliğin artması, çalışma grubunda ise şiddet arttıkça genliğin azaldığı) c*ochlear synaptopathy* varlığını desteklemektedir. Gürültü maruziyetine bağlı değişikliklerin doğası tam olarak anlaşılmamasına rağmen, bizim ölçümlerimizde gürültü maruziyeti olan grupta İBC' nin I. dalga genliğindeki azalmanın görülmesi gürültü maruziyeti sonrası düşük spontan oranlı lif kaybını yani c*ochlear synaptopathy' yi* araştıran diğer çalışmalarla benzerlik göstermesi açısından önem taşımaktadır(2, 8, 11, 13).

Yapılan bir çalışmada, İBC' nin I ve V. dalga genlik oranlarının işitsel beyin sapının santral işitsel kazancını ölçmek için kullanıldığı belirtilmiştir (131, 132). İBC' nin I. dalgası hayvanlarda ve insanlarda işitsel sinir lif kaybının objektif ölçümünü sağlamasına rağmen, klinikte değerlendirilmesi oldukça zordur. Fakat İBC' nin V. dalgasının insanlarda *letaral lemniskus* ve *inferior colliculus*' ta elde edildiği belirtildiğinden (133) arka plan gürültüsünde ve düşük uyarı seviyelerinde net olarak kaydedilebildiği belirtilmiştir (134). Literatürde *cochlear synaptopathy* olan bireyler üzerine yapılan çalışmalarda, V. dalga genliğinin azalmadığı (11), İBC' nin I. dalga genliğinin azaldığı ve V. dalga genliği değişmediği için V/I genlik oranları arasındaki farkın gizli işitme kaybını ortaya çıkarmada yararlı olabileceği belirtilmiştir (132). Yapılan bir çalışmada, saf ses işitme eşikleri normal olan ve gürültü maruziyeti sonrasında gizli işitme kaybı tanısı alan tinnituslu bireylere yapılan İBC' nın V/I dalga genlik oranında artış olduğu rapor edilmiştir (135). Görülen bu artışın gürültü maruziyeti sonrasında, işitme sinir lifleri ile iç tüy hücre arasında sinaps kaybının santral yollar da artan işitsel aktiviteyi gösterdiği belirtilmiştir. (12). Bizim çalışma

grubumuzda ise 70, 80, 90 ve 99 dB nHL de V/I oranında istatiksel olarak anlamlı bir farklılık gözükmesine rağmen, hem çalışma hem de kontrol grubu arasında sadece 80 ve 70 dB nHL seviyelerinde farklılık gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, gürültü anket skoruna göre, gürültüye daha fazla maruz kalmış bireylerin İBC dalgası V/I genlik oranında daha fazla fark görülmesi gürültü maruziyeti sonrasında santral yollarda işitsel aktivitelerde bozulmalar olabileceğini destekler niteliktedir. Bu sonuçlar, gürültü maruziyetinin sadece bireylerin periferik işitmesini değil, aynı zamanda santral işitsel yollarda da bozulmalara neden olabileceğini desteklemektedir. Gizli işitme kaybı olan bireyleri tanılamada diğer çalışmalarda gösterildiği gibi (22) sadece İBC' nin I. dalga genliği değil aynı zamanda İBC' nin V/I dalga genlik oranında ayrı bir ölçüm olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Cochlear synaptopathy' de saf ses işitme eşiklerinde önemli bir değişik olmasa bile, gürültüde konuşma algısının bozulabileceği belirtilmiştir (136). Bu durumun zamansal işlemlemedeki bir bozuklukla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (137). Zamansal işlemleme bozukluğunun koklear sinaptopati veya diğer bozukluklar (iç tüyü hücre fonksiyonu veya santral nöral bozukluklar gibi) sonucu gelişebildiği belirtilmiştir. Özellikle yüksek eşik seviyelerde düşük spontan oranlı liflerde görülen gizli işitme kayıplarında, orta ve yüksek seviyelerde ses şiddetini kodlamada sorun olduğu düşünülmüştür (9). Gürültü maruziyeti sonrasında, düşük spontan lif kaybı sonucu ortaya çıkan gizli işitme kaybı, klinik standartlarda değerlendirilen saf ses işitme eşiği normal olan bireylerde gözlenen zamansal kodlama yeteneklerindeki bireyler arası farklılıklar kullanılarak araştırılmış ve çevresel gürültülerde dinleme için önemli olan genliğe modüle edilen uyarılarda işitme hassasiyetinin bozulmuş olduğu belirtilmiştir (21). Bu durum altında, dinleme durumunda gözlemlenen bireysel farklılıkların düşük spontan oranlı lif kaybı sonucu ortaya çıktığı düşünülmüştür (22). Bharadwaj ve ark. (22) genlik modülasyon varlığını fark etmede saf ses işitme eşikleri normal olan (tinnituslu ve tinnitus olmadan) bireylerin becerilerini değerlendirmiştir. Araştırmacılara göre, zamansal kodlama becerilerinin davranışsal ölçümlerinin performansla ilişkili olarak çok geniş bireysel farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir (22). Stone ve Moore (138) genç bireylerde, çok fazla süre ve şiddette gürültü maruziyeti sonrasında daha düşük genlik modülasyonu fark etme eşiği elde edildiğini

göstermişlerdir. Ayrıca düşük şiddette seslere maruz kalan bireylerde genlik modülasyonu fark etme eşiğinde çok az değişim olabileceğini belirtmişlerdir. Tinnituslu bireyler üzerine yapılan çalışmalarda, bireylerin GM fark etme eşiğinde zayıf performans göstermesi, birçok konuşmacının olduğu çevrelerde konuşma ve uzaysal algının etkilenebileceği seslerin zamansal modülasyon kodlamalarında zorluklara sebep olabileceği belirtilmiştir (134, 139). *Envelope following response (EFR)* tarafından kodlanan zamansal modülasyondaki bireysel farklılıkların, kulaklar arasındaki zamansal gecikmelerdeki değişimi fark etmenin ortamdaki iki konuşma sesinden birisine dikkat verme yeteneği ile ilişkili olduğu görülmüştür (22). Dar bant arka alan gürültüsünde farklı modülasyon derinliklerinde ölçülen EFR düşüşleri davranışsal GM fark etme eşikleri ile korelasyon gösterirken, EFR' da ani düşüş gösteren bireylerde GM fark etme testinde de daha düşük bir performans gösterdiği bulunmuştur (22). Yaptığımız bu çalışmada ise, gürültü maruziyeti olan gruptaki bireylerden alınan GM fark etme eşiği, normal bireylerden istatistiksel olarak farklı ve bu bireylerden elde edilen GM fark etme eşik skorları literatürde elde edilen skorlardan daha fazla bulunmuştur (42). Bu çalışmadaki bulguların diğer yapılan çalışmalardan daha yüksek bulunması dar bant modüle hedef sinyalin yüksek spektral seviyede maskelenen gürültünün modüle edilmeyen frekans bandı ile verilmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Yaptığımız çalışmada gürültü maruziyeti normal gruba göre fazla olan grupta elde ettiğimiz veriler bize bu bireylerin zamansal kodlama becerilerinde zayıflama olduğunu göstermektedir. Gizli işitme kayıplı bireyler üzerine yapılan çalışmalarda klinik olarak belirlenen standartlarda ölçülen işitme eşikleri normal olsa bile, bu bireylerin yüksek şiddetlerde verilen seslere karşı zayıf performans göstermesi gürültülü ortamlarda bu bireylerin konuşmayı dinleme becerilerinin bozulabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda, adaptif yapılan matris testinde çalışma grubundaki bireylerin SRT sinyal gürültü oranlarının kontrol grubuna göre yaklaşık olarak 1 dB oranında daha düşük çıkması bu bireylerin gürültülü çevrelerde konuşma / konuşma olmayan uyarıları anlama becerilerinde azalma olabileceğini göstermiştir. Çalışma grubunda hem GM fark etme eşiği değerlerinin hem de matris test sonuçlarının kontrol grubuna göre düşük skorlarda elde edilmesi gürültünün konuşmayı anlama performansını etkileyebileceğini düşündürmüştür.

Gürültü maruziyeti olan bireylerde gözlenen düşük spontan oranlı lif kaybı nedeni ile verilen sürekli bir uyarıya karşı gürlük adaptasyonda da değişimler olabileceği görülmüştür. Yaptığımız çalışmada, gürlük adaptasyonunun uyarının verilmesinden 180 saniye sonra GM fark etme eşiği ile gürlük adaptasyonu, çalışma ve kontrol grupları arasında karşılaştırıldığında deney 1, 2, 3 ve 4' de yaklaşık olarak negatif düzeyde orta seviyede gürlük adaptasyon değerinde artış varken; deney 5 ve 6' da GM fark etme eşiği ile gürlük adaptasyonu arasında bir ilişki bulunmamıştır. Gürültüye maruz kalmış bireylerde GM fark etme eşiği ile gürlük adaptasyon değişimi arasında ilişki olması gizli işitme kayıplı bireylerde zamansal kodlama becerilerindeki bozukluğun modüle edilen uyaranlara karşı gürlük adaptasyonunu değiştirdiğinin bulgusu olarak düşünülmüştür. Ayrıca deneylerde elde edilen bulgularda, modüle edilmeyen sesler ile farklı frekanslarda modüle edilen seslerin gürlük adaptasyonunun GM fark etme eşiği ile daha az ilişkili bulunmuştur. Bu nedenle bu bireylerin zamansal kodlama becerilerinin bozulabileceği düşünülmüş ve artan modülasyon frekansı ile gürlük adaptasyonunun azaldığı gösterilmiştir. Elde ettiğimiz bulgulara göre, gizli işitme kayıplı bireylerde gürlük adaptasyonunda da anormal olarak değişiklik olabileceğini düşünülmüştür. Literatür değerlendirmesinde bu alanda yapılmış bir başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Gürlük, uyarının frekans ve süresinden etkilenebilen ses şiddetinin sübjektif bir özelliğidir (140). Gürlük, diğer uyarı parametreleri sabit kaldığı zaman, ses şiddetinin güç fonksiyonu olarak da ifade edilebilmektedir (141, 142). Günlük dinleme çevrelerinde, bireyler sıklıkla saniyeden dakikalara değişen seslere maruz kalmakta ve birçok durumda da bu devam eden seslerin gürlüğü sabit kalmaktadır (24). Gürlük adaptasyonu sabit seviyeli bir ses için gürlükteki bir azalma olarak tanımlanır (59). Gürlük adaptasyonu koklear veya retrokoklear işitme kayıpları arasındaki farkı değerlendirebilmek için tanısal bir araç olarak kullanılabilmektedir (94). Normal işiten bireyler düşük şiddetlerde ve yüksek frekanslı saf seslerin gürlüğündeki değişimi hızlı bir azalma olarak algılarlar (sıklıkla dakikalar içerisinde işitilemez olur) (25). Yapılan çalışmalarda, gürlük adaptasyonunun hem sesin şiddetine hem de frekansına bağlı olduğu belirtilmiştir. Sabit seviyeli devamlı bir saf sesin gürlüğü 5 dB SL de birkaç dakikalık zaman içinde %70-100 oranında azalmakta, 40 dB SL seviyesinde ise %20 oranında azalırken, daha yüksek SL seviyelerinde değişmeden kalabilmektedir

(25). Saf ses için birçok frekansta verilen uyarı, eşiğin yaklaşık olarak 30 dB ve altındaki seviyelerde iken sesin gürlüğünde yaklaşık olarak 3 dakika veya daha az zaman periyodlarında bir azalma olduğu görülebilmektedir (24). Eğer uyarı yüksek frekanslarda verilirse, 30 dB SL seviyelerinden daha yüksek seviyelerde de sesin gürlük adaptasyonun gerçekleşebileceği belirtilmiştir. Saf ses işitme eşikleri normal olan bireylerin işitme hassasiyeti 0.125 - 20 kHz arasında olmasından dolayı, 16 kHz seste verilen uyarı çok küçük bir yayılma alanına sahip olacaktır (47). Bundan dolayı, gürlük adaptasyonu yüksek frekanslı seslerde daha fazla elde edilirken(> 4 kHz) alçak frekanslı sesler ya daha az adaptasyon gösterilebilecek ya da hiç gösterilmeyecektir (25, 67). Özellikle modüle edilen seslerde yüksek frekanslı seslerin alçak frekanslı seslerden daha dar bir uyarı yayılımı üretmesi nedeni ile çalışmamızda taşıyıcı frekans yüksek frekans seçilmiştir (99, 143, 144). Genlik modülasyonunun %10 azalması, genelde uyarım yayılımının büyüklüğünü kısa zaman içinde değiştirse (145) bile, yüksek frekanslı bir sesin uzun dönem yayılımını değiştirmemektedir (146, 147). Bu yüzden çalışmamızda kullanılan yüksek taşıyıcı frekans sadece, kısa zaman periyodu içindeki yayılımı etkilemeyecektir (145). Oysa sınırlı eksitasyon paterni, gürlük adaptasyonunu ortaya çıkarmada yeterli değildir, işitme sinir liflerinin senkronize ateşlenmesi gürlük adaptasyonunun meydana gelmesini engellemek için hem yeterli hem de gerekli olmaktadır (99). Huss and Moore (71) iç tüy hücre kaybı olan bireylerde gürlük adaptasyonunu değerlendirmiş ve gürlük adaptasyonunun saf sesli uyarılarda kokleanın apikal ölü bölgesine yakın olan bölgelerde daha fazla olabileceğini belirtilmiş ve kokleanın apikal bölgesinde ölü bölgeler bile olsa, gürlüğün yüksek frekanslı seslerde düşük frekanslı seslere göre daha fazla adaptasyon gösterebileceğini bulmuşlardır (25). Gürültü maruziyeti sonrası *cochlear synaptopathy* (gizli işitme kaybı) genellikle kokleanın bazal frekans bölgesindeki işitme sinir lifleri ve iç tüy hücre arasındaki sinaps kaybı ile karakterizedir. Bu sinaps kaybı, orta ve yüksek şiddetli uyarılarda ortaya çıkmaktadır ve genellikle yüksek eşik ve düşük spontan oranlı işitme sinir liflerinde meydana gelmektedir (9). Adaptasyonun en fazla düşük spontan oranlı liflerde görülmesi (26) nedeni ile gürültü maruziyeti sonrası sinaps kaybı hasta gruplarında gürlük adaptasyonu değişiklik gösterebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, ribbon sinaps bozukluğu olan bireylerde görülen gürlük adaptasyonun retrokoklear bozukluğu olan bireylere benzer olduğu bulunmuştur (68).

Gürlük adaptasyonunun muhtemel nedenlerinden birisi koklea' da sınırlı eksitasyon *(restricted excitation pattern*) modelidir (24). Bu sınırlı eksitasyon modelinin mekanizması adaptasyon üzerine gözlenen frekans ve seviye etkisi ile açıklanabilir. Yüksek frekans ve düşük seviyeli sesler, alçak frekans ve yüksek seviyeli seslerden daha fazla adaptasyon ve daha çok sınırlı eksitasyon oluşturabilirler (24). Önerilen diğer mekanizma ise işitme sinir seviyelerinde uzun dönem adaptasyon özelliklerindeki gürlük adaptasyonu ile ilişkilidir (148). Uzun dönem nöral adaptasyon SL seviyesi ile artarken, spontan aktivite ile azalmakta, ancak işitsel sinir liflerinin karakteristik frekans ve eşikleri ile ilişkili olmamaktadır. Ortalama olarak deşarj oranındaki azalma miktarı 20-40 dB SL de verilen uyarı için % 40 ve yüksek spontan oranında zaman sabiti 3-4 saniye olarak bulunmuştur. Araştırmacılara göre, kedilerin işitme sinir liflerinde elde edilen bu değerler, insanların gürlük adaptasyonunda gözlenen değerlere çok benzemektedir (67). İşitme sinir lifindeki adaptasyonun sinyal başlangıcından sonraki yaklaşık 1 dakika içerisinde çok hızlı bir şekilde azalma gösterdiği ve daha sonra 5 dakika içerisinde yavaş bir şekilde azalmaya devam ettiği belirtilmiştir. Aynı zamanda, adaptasyonun işitme sinir lifleri arasında bile değişiklik göstereceği belirtilmiştir (26). Yapılan hayvan ve insan çalışmalarında, adaptasyonun en fazla düşük spontan liflerde görülmesi nedeni ile, gürültü maruziyeti sonrası gizli işitme kaybı olan bireylerde görülen düşük spontan oranlı işitme sinir lifi kaybı sonucunda bu bireylerin gürlük adaptasyonunda da değişimler olabileceği düşünülmüştür.

Wynne ve ark.(99) yaptıkları çalışmada, normal işiten bireylerde yüksek taşıyıcı frekans kullanarak genliğe modüle edilmiş seslerin gürlük adaptasyonu araştırmışlar ve modülasyon frekansından bağımsız olarak %100 genliğe modüle edilen seslerin modüle edilmeyen seslere göre daha az adaptasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Uyarının verilmesinden 180 saniye sonra, 3 modüle edilen sesin gürlüğü başlangıçtaki gürlüğüne göre % 65 oranında azalırken, modüle edilmeyen sesin gürlüğünün başlangıçtaki gürlük seviyesinin %20 si kadar azaldığı, ancak 4 Hz, 20 Hz ve 100 Hz modüle tonların gürlük değerlendirmesi arasında bir farklılık bulunmadığı belirtilmiştir.

Bazı dinleyicilere göre, rastgele patlamalı tekrarlı gürültü, kesiklilik oranına uygun bir tını üretebilir. İşitmenin rezonans teorisine göre, tını akustik spektruma

bağlıdır ve maksimum etkiye sahip kompenent frekansların olduğu baziler membrana yerleşmiştir. Bu durumda tekrarlı gürültü patlamalarında, baziler membranın tamamı periyodik olarak uyarılır ve uyarımın doğası gereği baziler membranının bazı kesikli bölgelerinde rezonans lokalizasyonunun bozulmasının engellendiği görülür (149). Koklear işitme bozukluğu olan bireyler üzerinde yapılan çalışmalarda, bu bireyler normal işiten bireyler ile karşılaştırıldığında, genlikte meydana gelen dalgalanmanın koklaer işitme kaybı olan bireylerde diğer dalgalanma gösteren seslere göre abartılı olarak gerçekleşebileceği belirtilmiştir (150, 151). Ayrıca koklear işitme kayıplı bireylerin genellikle genlik modülasyonlu seslerin algısında genlik modülasyonunu daha kolay bir şekilde fark edilemediği belirlenmiştir (152). Sabit uyarının gürlük algısı üzerinde genlikteki değişim etkisi ve değişimin ayrı bir olay olarak algılanıp algılanmaması, geçmişten günümüze kadar daima bir araştırma konusu olmuştur. Bu bulgular kortikal kayıtlarda geniş bir şekilde de tespit edilmiştir (153). Senkronize kortikal aktiviteleri içeren gürlük adaptasyonunun mekanizması, gürlük adaptasyonu üzerine modülasyonun yüksek frekansları etkilediği deneyler aracılığı ile açıklanabildiği (99) için yapılan bu çalışmada, yüksek frekans ve genliğe modüle edilmiş sesler kullanılmıştır.

Çalışmamızda, dört spesifik modülasyon frekanslı uyarılar (4, 20, 50 ve 100 Hz) ve bir modüle edilmeyen saf ses, genlik modülasyon sinyali ile uyumlu zamansal sisteme uygun olarak seçilmiştir. Araştırmacılara göre genliğe modüle edilen sesin yaklaşık 20 Hz üzerindeki düşük modülasyon oranları ile ilişkili olması nedeni ile bu sesler pürüzlü *(roughness)* sesler olarak tanımlanmaktadır (47). Normal işiten bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, 12 kHz taşıyıcı frekansı olan bir uyarı, farklı modülasyon frekanslarında 15 dB SL eşik üstü bir seviyede genliğe modüle edilen bir uyarı ile bireye verildikten 180 saniye sonra, gürlükte değişim gözlendiği ve modülasyon frekansının artması ile birlikte adaptasyonun azaldığı bulunmuştur (99). Çalışmamızda, modülasyon frekansının artmasıyla birlikte ortalama gürlük seviyesindeki azalma Wynne ve ark.(99)' in yaptıkları çalışma ile uyumlu bulunmuştur. Uyarının verilesinden 180 saniye sonra modüle edilmeyen tonlar ile 4 Hz ve 20 Hz' e modüle edilen tonlar arasında anlamlı bir farklılığın bulunması gürültü maruziyeti olan bireylerde nöral senkronizasyonun bu frekansa modüle edilen uyarılar ile değişebileceğini düşündürmüştür. 20-50 Hz arasında frekansa modüle edilen

seslerin genellikle konuşma zarfları ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (154). 40 Hz ve üstü modülasyon frekanslarının ise özellikle işitsel durağan dalga cevaplarında işitsel kortekste en geniş nöral cevapların üretildiği frekans bölgesi olduğu rapor edilmiştir (155). Çalışma grubunda elde edilen bulgulara göre, gürültü maruziyeti olan bireylerde modülasyon frekansının artmasıyla, adaptasyonun azalmış olması özellikle 4 ve 20 Hz bölgesinde kortikal bir bozukluğun yanında çok az da olsa periferik bir bozulmanın olabileceğini göstermektedir. Fakat daha az veya hiç gürültüye maruz kalmamış kontrol grubundaki bireylerle yapılan karşılaştırma sonucunda, modüle edilmeyen uyaranların, 50 ile 100 Hz‘ e modüle edilen uyaranlara göre daha fazla adaptasyon göstermiş olması gürlük adaptasyonunun sadece periferik kökenli olmadığı aynı zamanda kortikal bölgeler ile ilişkili olabileceğini düşündürmüştür. Gürlük adaptasyonunun santral mekanizması, halen açıklanmak için üzerinde ilgi duyulan bir araştırma konusu olmuştur. Kısa süreli seslerin gürlük algısı santral işitsel yapılar tarafından eksponansiyel bir eşitlikle ve periferik işitsel yapılar tarafından logaritmik şiddet formülünü içeren çok kanallı bir işlemleme ile oluşturulur (142, 156). Gürlük adaptasyonunu destekleyen şiddet, gürlük karşılaştırmasında santral yapıların aktif rolü, devamlı bir uyarıya karşı bu santral yapıların cevaplarında değişim ile sonuçlanabilir (99). Gürlük adaptasyonunun periferik mekanizması üzerine yapılan bir çalışmada, nöral senkronizasyon kaybının uzun dönem gürlük adaptasyonu ile sonuçlanacağını göstermiştir. Hatta normal bireylerde gürlük adaptasyonuna bir etkisi olmayan şiddet ve frekansın her ikisinin birleşiminde bile, uzun dönem adaptasyon oluşabileceği bildirilmiştir (99). Bu sonuçtan farklı olarak, genlik modülasyonunun nöral senkronizasyonunda gürlük adaptasyonunun saf seslerdeki şiddet ve frekans kombinasyonu ile elde edilen gürlük adaptasyon yardımı ile açıklanabileceği önerilmiştir. İşitme sinir liflerinin ateşlenme oranı saniye veya dakikalar boyunca devam eden sabit bir uyarı ile azalır ve nöral spikeların senkronizasyonu cevap anında sabit kalır. Sonuç olarak, senkronizasyon işitme sinirin ateşlenme oranındaki adaptasyon ile ilişkili değildir (26, 157). Hem kullandığımız model hem de yaptığımız deneyler, genlik modülasyonunun kullanılan modülasyon frekansına bağlı olarak (taşıyıcı frekans ve ses seviyesi sabit) farklı uyarıların gürlüğünü etkilediğini göstermiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, yüksek frekans taşıyıcısı olan ve ortalama eşit seviyelerde uyarılan frekansa modüle edilmiş uyaranlarda yaklaşık

olarak eşit adaptasyon gösterdiği bulunmasına rağmen, çalışma grubunda elde edilen gürlük adaptasyon değeri kontrol grubunun gürlük adaptasyon değerine göre daha fazla değişiklik gösterilmiştir. Çalışma grubuna göre, modüle edilemeyen uyaranlar ile farklı frekanslara modüle edilen uyaranlar arasında (4 Hz, 20 Hz) anlamlı bir ilişkinin bulunması düşük modülasyon frekanslarında ve yüksek modülasyon derinliğinde genliğe modüle edilen uyarandaki pik açıkça fark edilse bile, uyarıların kesikli uyarılar şeklinde algılanmadığını göstermiştir. Retrokoklear işitme kayıplı hastalar üzerinde yapılan çalışmalarda sabit bir uyarının kesikli uyarıdan daha fazla adaptasyon gösterdiği bulunmuştur (158). Çalışmamızda, özellikle modüle edilmeyen seslerde, diğer modüle edilen gruplara göre daha fazla gürlük adaptasyon değişiminin olması diğer çalışmalarda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir (68, 99). Bizim çalışmamızda elde edilen bulgulara göre, gürültüye daha fazla maruz kalmış düşük spontan oranlı sinaps kaybı olduğu düşünülen bireylerde devamlı bir vızıltı sesi algısı üreten 12 kHz taşıyıcı frekansı olan %100 modülasyon derinliğindeki farklı frekanslara modüle edilen seslerin (0, 50 ve 100 Hz) gürlük değişimleri, 4 ve 20 Hz frekanslara modüle edilen seslerin gürlük değişiminden daha yüksek bulunmuştur. 4 ve 20 Hz frekansa modüle edilen bu uyaranlar gürlük adaptasyonları en az değişen uyaranlar olduğu için, gürültüye bağlı gizli işitme kayıplı bireylerde genlik modülasyonu üzerine değişimin santral işitme sistemi ile de ilişkili olabileceği düşündürmüştür. Çalışma grubumuzda 4 farklı frekansa modüle edilen ve modüle edilmeyen uyaranların saturasyon değerleri arasında en fazla değişim modüle edilmeyen uyaranda bulunması ve zaman sabiti değerinin diğer uyarılara göre daha erken elde edilmiş olması, gürlük değişiminin modüle edilmeyen uyarı ile daha fazla etkilenebileceğini göstermiştir. 4 farklı frekansa modüle edilen ve modüle edilmeyen uyaranların tam gürlük adaptasyon göstermesi için gerekli zaman değeri yaklaşık olarak modüle edilmeyen uyaranda 250 saniye ve modüle edilen uyarılarda 350-560 saniye arasında olacağı tahmin edilmiştir. Literatürde, gürlük adaptasyonunun uyarının verilmesinden sonraki ilk 1 dakika içerisinde çok hızlı olduğu ve 5 dakika içerisinde ise yavaş bir şekilde devam ettiği işitme sinir lifleri ile ilişkili olan diğer çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızdaki kontrol grubu bireylerinden elde edilen gürlük adaptasyon değerleri frekansa modüle edilen uyaranın modülasyon frekansı arttıkça gürlük adaptasyonunun azalması gürültü maruziyetinin sadece

periferik değil aynı zamanda santral işitsel sistemi de etkilediğini bir kez daha düşündürmüştür. Çalışmamızdaki kontrol grubu bireylerine ait saturasyon ve zaman sabiti değerlerinde gürlük adaptasyon değerlerinin düşük elde edilmesi bireylerin birçoğunun verilen kısa süreli uyarılara karşı adaptasyon değişiminin olmamasından dolayı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma ve kontrol grubundaki bu farklılığın gürültü maruziyeti sonrasında saf ses işitme eşikleri normal olsa bile işitme sisteminde hasara neden olabileceğini göstermiştir.

Konuşma veya konuşma olmayan uyarılar ile yapılan değerlendirmede, işitsel ayırt etme performansının artmasının spektral netlik ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (159, 160). İşitsel ayırt etme performansındaki artış ile spektral netlik ilişkisi, gürültülü ve değişen akustik çevrelerde, farklı konuşmacıların işitsel ayırt etme performans değişiklikleri değerlendirilerek açıklanabilir. İşitsel ayırt etme performansındaki artışın nöral adaptasyon ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (161). Adaptasyon ve inhibisyon adaptasyonu tüm işitsel ayırt etme gelişimi için birleşmesine rağmen, birbirleri ile ilişkisi halen bilinmemektedir. İşitsel ayırt etme gelişimi ile arasındaki ilişkiyi daha iyi açıklaya bilmek için gürlükteki değişimlerin araştırılması gerektiği belirtilmiştir (162). Zayıf bir sesten önce verilen şiddetli bir ses genellikle zayıf sesin algısal gürlüğünde bir artışla sonuçlanmaktadır. Zaman içerisinde bu ses seviyesindeki değişimin, maskenin verilmesinden 100 milisaniye sonra ilk sesin algısal gürlüğünde bir azalma ile sonuçlandığı bildirilmiştir. Bu zaman içerisindeki azalma *loudness recalibration* olarak isimlendirilmiştir (163, 164). Bu şiddet seviyesi sinyal seviyesinden 20 dB daha büyük olursa, sesin algısal gürlük etkisinin arttığı (164) ve maske sinyal tonun aynı seviyesinde verilir ise sinyalin gürlük üzerine çok az etkisi olduğu tespit edilmiştir (25). Düşük spontan oranlı lifler tipik olarak 40 dB SPL üzerindeki seslere cevap üretebilecektir (Bu seviye yüksek spontan oranlı liflerin deşarj oranının kuvvetli bir şekilde doygunluk gösterdiği seviye). Bu seviyede seslerin arka plan tarafından maskelenerek daha da kuvvetlenebileceği bildirilmiştir (19). Düşük spontan lif kaybının özellikle gürültülü çevrelerde dinleme için önemli olan seslerin zamansal modülasyonda işitsel hassasiyetin bozulduğunu düşündürmektedir (21). Gizli işitme kaybı olan çalışma grubumuzda, 40 dB SPL dar bant gürültü altında 4 farklı frekansta modüle edilen ve modüle edilmeyen tüm uyarılar karşı kulaktan gürültü verilerek uyarının gürlük değişimi değerlendirilmiştir. Arka plan gürültüsü,

genliğe modüle edilen uyarılar ve yüksek spontan oranlı liflerin doygunluk derecesinde gürültü maruziyeti olan bireylerde düşük spontan oranlı işitme sinir lif kaybı sonrası gürlük adaptasyon değişimini değerlendirmek için verilmiştir. Yaptığımız deneyde arka plan gürültü altında modüle edilmeyen sesler ile tüm modülasyon frekanslarında elde edilen gürlük adaptasyonu arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Arka plan gürültüsü varlığında gürültü maruziyeti olan grupta modülasyon frekansı değişiminin gürültü verilmeden elde edilen gürlük adaptasyon değişiminden çok daha fazla olması gürültü maruziyetinin hem gürültülü çevrelerde işitsel algıyı azalttığını göstermekte, hem de bu bireylerde konuşma dışındaki uyarılara karşı nöral yorgunluğun kontrol grubuna göre daha fazla geliştiğini düşündürmektedir. Bu elde edilen sonuçlar, özellikle kontrol grubundaki bireylerin birçoğunda hem gürültü altında hem de gürültü olmadan adaptasyonun gelişmemiş olması, bu bireylerde nöral yorgunluğun daha uzun süreli seslere karşı elde edilebileceğini ve konuşma olmayan uyarılarda özellikle gürültülü çevrelerde işitsel algıda bir artış olabileceğini göstermektedir. Çalışmamızda kontralateral gürültü altında en büyük gürlük değişiminin modüle edilmeyen uyaranda olduğu (başlangıçtan 180 saniye sonra yaklaşık olarak %80 oranında) görülmüştür. Elde edilen bu sonuç normal bireylerde genliğe modüle edilen uyarıların gürlük adaptasyonuna bakılmış ve literatürdeki diğer çalışmalar ile uyum içerisinde bulunmuştur (99). Yaptığımız çalışmada kontralateral gürültü altında çalışma ve kontrol grubundaki bireyler arasında anlamlı farklılık bulunması, gürültü maruziyeti sonrası bireylerde yüksek spontan oranlı işitsel liflerden daha ziyade düşük spontan oranlı lif kaybı olduğunu destekler niteliktedir. Ancak özellikle çalışma grubunda modüle edilen tüm sinyallere karşı benzer adaptasyon gelişmesi adaptasyonun başlangıcının sadece periferik düzeyde olmadığını aynı zamanda santral kökenli olabileceğini desteklemektedir. Kontrol grubu bireylerdeki gürlük adaptasyon değerlerinin, çalışma grubundan farklı olması gizli işitme kayıplı bireylerde genliğe modüle edilmiş sesleri fark etme eşiğinin daha küçük düzeylere indiğini göstermektedir. Elde edilen bu sonuç normal bireylerde elde edilen sonuçlardan farklı ribbon sinapsı olan bireylerden elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir (68). Aynı zamanda elde edilen verilerde, bazı bireylerde karşı kulaktan gürültü verilmeye başlandığında özellikle gürültüye daha fazla maruz kalmış bireylerde (haftalık yaklaşık olarak 140 dB SPL sese 4 saat maruz kalan) adaptasyonun

ilk 30 saniye içerisinde çok çabuk geliştiği gözlenmesine rağmen, normal bireylerin çoğunda gürültü verilmeden elde edilen gürlük değeri, gürültü verildikten sonraki değerden daha az olarak bulunmuştur. Bu durum bireylerin gürlük algısı üzerinde, verilen sinyal seviyesine yakın şiddette bir gürültü verildiğinde, sinyalin gürlüğünde artış ile sonuçlandığı bulgusu ile benzerlik göstermektedir (19). Aynı zamanda, gürültü maruziyeti olan çalışma grubundaki bireylerden arka plan gürültüsünde elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arka plan gürültüsü verilmeden elde edilen gürlük adaptasyon değerlerinden daha fazla bulunması, gürültü maruziyetinin yüksek spontan lif kaybından daha fazla düşük spontan oranlı işitme sinir lif kaybı ile ilişkili olabileceğini düşündürmüştür. Özellikle düşük spontan oranlı işitme sinir lif kaybı olduğu düşünülen gizli işitme kayıplı bireylerde arka alan gürültüsünün gürlük adaptasyon değişiminin ve işitme bozukluğunun tanılanmasında kullanılması gerektiğini düşündürmüştür. Kontrol grubu bireyleri için modülasyon frekans değişimine bağlı olarak hem arka plan gürültüsünde hem de gürültü olmadan yapılan gürlük adaptasyon değişiminde benzer bulgular elde edilmiş olması gürültünün konuşma olmayan uyarıların gürlüğünde bozulmalara neden olabileceğini düşündürmüştür. Gürültü altında çalışma grubu için modüle edilen ve modüle edilmeyen uyarılardan hesaplanan saturasyon sabiti değerleri gürültü olmadan hesaplanan değerler ile benzer bulunmuş, ancak zaman sabiti değeri gürültü maruziyeti olan grupta daha erken bulunmuştur. Gürültü maruziyeti olan grupta tam bir adaptasyonun meydana gelmesi için gereken ortalama süre ise 300-400 saniye arasında bulunmuştur. Sonuç olarak, gürültü maruziyeti hikayesi olan gizli işitme kayıplı bireylerde, özellikle çevresel gürültü altında zamana karşı genlik modülasyonda değişim olabileceği ve işitsel hassasiyetin bozulabileceği gösterilmektedir. Bu sonucumuz daha önceki yapılan çalışma ile uyumlu bulunmuştur (21).

Kay ve Matthews (165) yaptıkları çalışmada, frekans ve genliğe modüle edilen seslerin değerlendirilmesinde, insan işitsel yollarının çok hassas bilgi işlemleme kanallarının olduğunu belirtmiştir. Bu algısal kanallardan birisinin görevi adaptasyonu takiben ses hassasiyetinde bir azalma meydana getirerek insan işitme sisteminin eşik üstü özelliklerini ortaya çıkarmaktır. Green ve Kay (166) adaptasyon etkisini 1 kHz taşıyıcı olan bir uyarıyı 10 Hz den daha büyük frekanslarda bir kare dalga ile modüle

edildiğinde adaptasyon olabileceğini ve 10 Hz den daha düşük olduğu zaman çok küçük adaptasyon gösterdiğini belirtmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, hem genlik modülasyonunda hem de frekans modülasyonunda 2 Hz'e modüle edilen sesin 20 Hz'e modüle edilen sesten gürlük adaptasyonu açısından daha zayıf performans gösterdiği bulunmuştur (167). Aynı zamanda taşıyıcı frekans üzerine uyarımın etkisine bakan araştırmacılar taşıyıcı frekans arttıkça uyarıyı fark etme eşiğinin 2 Hz modülasyonda olduğu zaman bile daha iyi olabileceğini belirtmiştir (168). Yapılan bu çalışmada, 1kHz, 6 kHz ve 12 kHz olan 3 spesifik taşıyıcı frekans seçilerek farklı taşıyıcı frekanslarda gürültüye bağlı gizli işitme kaybı olan bireylerde elde edilecek gürlük değişimleri araştırılmış ve uyarıların tümünde aynı modülasyon frekansı (4 Hz) ve modülasyon derinliğine (%100)'ne bağlı 3 farklı taşıyıcı frekans varlığında bakılmıştır. Yapılan hayvan çalışmalarında, seçilen 1 kHz taşıyıcı frekansın nöral senkronizasyonun kedilerin inferior kollikulus ve işitme sinirlerinde görülürken, senkronizasyonun olması için üst sınır işitsel kortekste daha düşük olduğu belirtilmiştir. İnsanlarda ise *binaural beat detection* alçak tonal frekanslarda 10 Hz beat frekansında maksimum olduğu ve üst sınırın kedilerden elde edilen sonuçlar ile benzer bulunduğu belirtilmiştir. Fakat 1.5 kHz üzerindeki tonal frekanslarda görülmediği bulunmuştur (99). Yapılan çalışmalarda, işitme kayıplı insanlarda düşük modülasyon frekansı ve düşük taşıyıcı frekansta işitsel algı performansının düşük olduğu bulunmuştur (169). Özellikle 6 kHz üzerindeki taşıyıcı frekans ve düşük modülasyon oranlarında işitsel ayırt etme performansının arttığı bulunmuştur (168). Çalışmamızda, kontralateral gürültü verilmeden düşük modülasyon oranı ve farklı taşıyıcı frekanslarda çalışma grubunda uyaranlar arasında bir farklılık görülmemesi taşıyıcı frekans değişiminin gürlük adaptasyonu üzerine bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Çalışmamızdaki, çalışma grubunda elde edilen matris sonuçlarının kontrol grubuna göre sinyal/gürültü oranının 1 dB farklı olmasının bile taşıyıcı frekansla değişmeyeceğini düşündürmüştür. Wynne ve ark. (27)' nın yaptıkları bir çalışmada, adaptasyon miktarının hem düşük taşıyıcı frekans hem de yüksek taşıyıcı frekanslarda modüle edilen uyaranlarda azaldığını belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada, taşıyıcı frekanslar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemesi yapılan çalışmalardan faklı bulunmuştur. Bu farklılığın gürültü maruziyeti sonrasında bozulmuş olduğu düşünülen işitme ayırt etme performansı ile ilişkili olabileceği

düşünülmüştür. Uyarımın başlangıcından 180 saniye sonra çalışma grubundaki (gizli işitme kayıplı grup) bireylerden alınan gürlük adaptasyon değerleri (özellikle 1 ve 6 kHz taşıyıcı frekanslarda) kontrol grubuna göre daha fazla adaptasyon göstermiştir. Bu artış gürültü maruziyeti olan grupta alçak taşıyıcı frekansların yükseklere göre daha fazla etkilenebileceğini ve genlik modülasyonu fark etme eşiğinin bozulabileceğini gösteren diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (27, 68, 99). Çalışmamızda uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra genlik modülasyonu fark etme eşiği ile 1 ve 6 kHz taşıyıcı frekansların taşıyıcı frekansa bağlı olarak elde edilen gürlük adaptasyonları arasında orta düzeyde anlamlı bir regresyon görülmesi, gürültü maruziyeti olan gruptaki modülasyonu ayırt etmede gürlük adaptasyonun da değişebileceğini desteklemektedir. Çalışma grubunda elde edilen saturasyon değerleri arasında anlamlı bir farklılık çıkmamasına rağmen yüksek taşıyıcı frekanslarda düşük taşıyıcı frekanslara göre daha fazla ve daha kısa sürede (yaklaşık 90 saniye) adaptasyon meydana geldiği bulunmuştur. Çalışmamızda kontrol grubundaki bireylerin gürlük adaptasyon değerlendirmesinde iyi uygunluk değerlerinin düşük çıkmasının katılımcılardan birçoğunun taşıyıcı frekans değişimine karşı ya adaptasyon göstermemesi ya da çok az adaptasyon göstermesinden dolayı olabileceği düşünülmektedir.

Arka alan gürültüsü verilerek yaptığımız deneyde yüksek spontan oranlı lifler doygunluk göstererek düşük spontan oranlı liflerin gürlük değişimi, farklı taşıyıcı frekanslara göre değerlendirilmiştir. Yaptığımız çalışmada, arka alan gürültüsü verildiği zaman gürlük algısında karşı kulaktan gürültü verilmeden önceki gürlük seviyesinden daha fazla gürlük algısı olduğu ve gürültü verilmeden önce elde edilen gürlük adaptasyon değerinden daha fazla adaptasyon gösterdiği bulunmuştur. Bu bulgu Oberfeld (2007) 'in belirttiği zayıf olan sesin şiddetinin farklı bir sesle daha farklı gürlükte algılanabildiği ve bu sesin algısal gürlüğünün maskenin verilmesinden yaklaşık 100 ms sonra azaldığı teorisini desteklemektedir. Arka plan gürültüsünde farklı taşıyıcı frekanslardaki uyarılardan elde edilen gürlük adaptasyon bulgularında, alçak taşıyıcı frekansa sahip uyarı yüksek taşıyıcı frekanslı uyarıya göre daha fazla adaptasyon göstermiştir. Bu bulgu ribbon sinapsı bozukluğu ve işitsel nöropati ile yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir (27). Arka plan gürültüsünün yüksek spontan oranlı işitsel sinir liflerini baskılaması ve düşük spontan

oranlı işitsel sinir liflerindeki bozukluğu ortaya çıkarması açısından yaptığımız çalışmada özellikle gürültü maruziyeti olan çalışma grubundaki bireylerden elde edilen gürlük adaptasyon değerlerin daha fazla elde edilmiş olması bireylerin saf ses işitme eşikleri normal olsa bile gizli işitme kaybı olabileceği desteklemektedir. Gizli işitme kayıplı bireylerin alçak taşıyıcı frekansta verilen uyarıdan elde edilen gürlük adaptasyon değeri yüksek adaptasyon değerinden daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu sonucumuz, özellikle arka plan gürültüsünde gizli işitme kayıplı bireylerdeki gürlük değişiminin, bu bireylerin tanılanmasında kullanılabileceğini düşünülmüştür. Arka plan gürültüsü altında taşıyıcı frekanstaki değişime bağlı olarak gürlüğün değişiminin gizli işitme kayıplı bireylerin zamansal işlemleme yeteneğininde bozulmalara neden olabileceği kanaatindeyiz. Bu durumun gürültülü çevrelerde konuşma algısında bozulmalara neden olabileceğini düşünmekteyiz. Çünkü konuşma seslerindeki bilgilerin tümü zaman içerisinde sinyal genliğindeki değişim ve frekans geçişleri ile taşınmaktadır (170) ve bu değişimler adaptasyon parametresiyle belirlenebilir (165). Arka plan gürültüsü verilerek bireylerin gürlük adaptasyonunda en fazla değişimin 1 kHz de bulunması bireylerde *binaural beat detection* nın alçak frekanslarda daha fazla görülmesini desteklemektedir. Kontrol grubu bireylerinde arka plan gürültüsüne rağmen gürlük adaptasyonun sadece 1 kHz de çok az gelişmiş olması ve gürültü maruziyeti olan bireylerde taşıyıcı frekansa göre değişimin özellikle gürültü ile maskelendiğinde ortaya çıkması gürültü maruziyeti sonrası gizli işitme kaybı bulgularını desteklemektedir. Arka plan gürültüsünde taşıyıcı frekans değişimine bağlı olarak verilen uyarıdaki gürlük değişiminin iyi uygunluk parametresi ile hesaplanması sonucu elde edilen saturasyon sabiti değeri gürültü verilmeden elde edilen gürlük değişiminin saturasyon değerlerinden daha yüksek ve zaman sabiti değeri ise daha düşük bulunmuştur. Arka plan gürültüsünde gürlük adaptasyonun meydana gelmesi gürültü olmadan verilen uyarılardan elde edilen gürlük adaptasyonun ortaya çıkma süresinden daha kısa olması, daha önceki yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermekte ve gizli işitme kayıplı bireylerde adaptasyonun normal bireylere göre daha fazla etkilendiğini destekler niteliktedir. Ancak yaptığımız çalışma gürültünün sadece periferik bölgeyi mi yoksa sadece santral bölgeyi mi etkilediğini tam olarak anlamak için yetersiz kalmaktadır. Periferik bölgede meydana gelen hasarın santral bölgeyi de etkilediği düşünülmektedir.

Konuşma ve diğer seslerde genlik modülasyonun önemli bilgiler taşıdığı belirtilmiştir (138). İşitme kaybı gibi durumlarda genellikle genlik modülasyonunda değişimin olması gürültülü çevrelerde konuşma anlaşılırlığını bozabilir (43, 171). Sensörinöral işitme kayıplı birçok bireyde *loudness recruitment* görülür. Bu durum ayırt etme eşiği arttıkça ses seviyelerindeki artış ile gürlüğün normal gelişiminden daha hızlı adapte olması ile ilişkili olarak açıklanabilir (172). *Loudness recruitment*, işitsel nöronlar ile iç tüy hücre arasındaki dönüşümün değişmesine ve kısa süreli nöral adaptasyonun değişmesine sebep olabilir (57, 173). Bu tür bir bozukluğa sahip bireyler genlik modülasyonu fark etmede özellikle düşük hassasiyet seviyesinde (SL) normal bireylerden daha iyi performans gösterir (174). Genellikle konuşmadaki genlik modülasyon modeli, genlik modülasyonu fark etme eşiği üzerindeki genlik modülasyon derinliğine sahiptir. Genlik modülasyonu tarafından taşınan bilginin işlemlenmesi genlik modülasyon derinliğindeki farkları ayırt etme yeteneğine bağlıdır (175). Düşük modülasyon frekansı ve yüksek modülasyon derinliğinde genliğe modüle edilen uyaran çok rahat bir şekilde fark edilebilir. Ancak bu uyarının aralıklı bir uyaran olarak algılanması anlamına gelmemektedir. Retrokoklear işitme kaybı olan insanlar üzerinde yapılan çalışmada, sabit bir sesin adaptasyonunun önemli olduğu ancak aralıklı sesin adaptasyonunun önemli olmadığı belirtilmiştir (158). Bu gürlük adaptasyondaki azalma periferde uyaranın başlangıç ve bitiş ipuçları ile açıklanabilir. Bu açıklamaya göre Bekesy odyometresinde bu olay, 200 milisaniye iniş/çıkış (rise/ fall)' ı olan ve tekrarlı 2.5 Hz kare dalga modülasyonu ile üretilen bir uyaran ile yapılır. 2.5 Hz frekans çalışmamızdaki en küçük 4 Hz modülasyona benzediği için seçilmiştir. Genlik modülasyonu üzerine yapılan bir çalışmada, %50 modülasyon derinliği olan uyaranda %100 modülasyon derinliği olan uyarandan daha fazla gürlük adaptasyonunda azalma meydana geldiği belirtilmiştir (99). Tinnituslu bireyler üzerine yapılan bir başka çalışmada ise, yüksek taşıyıcı frekansı ve %100 modülasyon derinliği olan bir uyaranın bireylerin zamansal süprasyonu ile ilişkili olabileceğini belirtilmiştir (176). Arka plan gürültüsü olamadan farklı modülasyon derinliklerinde verilen uyarıların gürültü maruziyeti olan gizli işitme kayıplı bireylerde gürlük adaptasyon değişimleri nedeni ile verilmiştir. Bu uyarılardan iki tanesi genlik modülasyon fark etme eşiğinin altında bir tanesi ise genlik modülasyon fark etme eşiğinde ve diğeri ise genlik modülasyon fark etme eşiğinin üzerinde seçilmiştir (99).

Çalışmamızda gürültü maruziyeti olan çalışma grubundaki bireylerde modülasyon derinliği arttıkça genlik modüle edilen gürlük adaptasyonunun azaldığı bulunmuştur. Bu durum diğer çalışma ile de benzerlik göstermektedir (27). Çalışma grubunda en fazla adaptasyon değişimi % 25 modüle edilen uyarıda yaklaşık %80 olarak bulunmuştur. Özellikle modülasyon derinliğinin artmasıyla uyarılar sabit bir uyarıdan daha ziyade aralıklı uyarı gibi hissedilmekte, bunun da gürlük adaptasyonun daha az gelişmesine neden olabilmektedir. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bu bulgu Wynne ve ark. yaptıkları çalışmalarda belirttikleri adaptasyon modeline çok benzerlik göstermektedir. Gürültü maruziyeti olan grupta elde edilen gürlük adaptasyon miktarının kontrol grubundan daha fazla olması gürültünün modülasyon fark etme üzerine etkisini bir kez daha göstermiştir. Özellikle uyarının verilmesinden sonraki kısa dönem adaptasyonun kontrol gruba göre daha erken başlamış olması ribbon sinapsı üzerine yapılan çalışmadan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir (68). Frekans seçiciliği ve zamansal rezolüsyon işitsel işlemlemenin en temel iki özelliğidir. Psikofiziksel frekans seçiciliği genellikle maske kullanarak açıklanabilir. Frekans için sinyale yakın bir maske genellikle sinyalden uzak olan maskelerden daha etkilidir (177). Bir uyarının spektral bileşenlerini elde etme yeteneği kompleks işitsel işlemleme için çok önemlidir. Bu yetenek genellikle hedef arka plan gürültüsünde verildiği zaman daha da önemli olmaktadır. Zamansal rezolüsyonda ise, zamanla değişen akustik ipuçlarını çözme yeteneği kompleks seslerin işitsel işlemlemesi için çok önemlidir. Zamansal rezolüsyon yaklaşımlarından birisi modülasyon frekansının bir fonksiyonu olarak geniş bant gürültü de sinüzoidal genlik modülasyonunu fark etme için bireyin eşiğini ölçmektir. Modülasyonun maske modeline göre, modüle edilen maskenin modülasyon derinliği değişse bile değişmeyeceği belirtilmiştir. Burada sinyalin gürlük değişimi sinyal gürültü oranına bağlı olarak değişmektedir. Araştırmacılara göre, genel olarak maskenin modülasyon derinliği ne kadar büyürse modüle edilen maske o kadar büyür. Maskenin çok az olması veya olmaması durumunda, maske miktarı tüm modülasyon derinliklerinde yaklaşık olarak aynı ölçülür (177). Çalışmamızda, merkez frekansı sinyal taşıyıcı frekansının aynısı olan dar bant gürültü 40 dB SPL de hastanın karşı kulağından verilerek her bir modülasyon derinliğindeki gürlük adaptasyonundaki değişimine bakılmıştır. Yaptığımız deneyde gürültü maruziyeti olan grupta en fazla gürlük değişimi %0 modülasyon derinliğinde

yaklaşık olarak %85 oranında elde edilmiştir. Bu elde ettiğimiz bulgu daha önce yapılan gürültü olmadan normal bireylerde modülasyon derinliğine bağlı gürlük değişimi çalışmasıyla benzerlik göstermiştir (27). Kontrol grubu ile yapılan karşılaştırmasında gürültü maruziyeti olan bireylerdeki tüm modülasyon derinliklerinde gürlük adaptasyon değişimi daha fazla bulunmuştur. Normal bireylerle yapılan karşılaştırmada elde edilen sonuçlara göre, gizli işitme kayıplı bireylerde uyaranın modülasyon derinliği değiştiği zaman da adaptasyonun gelişebileceği bulunmuştur. Modülasyon derinliğini fark etme becerisi sadece periferik kayıplarda bozulmaz aynı zamanda santral işitsel bozukluklarda da değişebildiği için çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular hasarın sadece periferik işitme sisteminde değil santral işitme sisteminde de bozukluğa neden olabileceğini desteklemektedir. Çalışma grubumuzda farklı modülasyon derinliklerine sahip bireylerden elde ettiğimiz saturasyon sabiti değerlerinde %100 modülasyon derinliği olan uyaran dışında tüm uyaranlarda benzer sonuçlar bulunmuş olması zamana karşı modülasyon derinliğine bağlı gürlük adaptasyon değişimlerini fark etmede zorluklar olabileceğini düşündürmüştür. Bu nedenle özellikle konuşma/ konuşma olmayan uyarılara karşı adaptasyonda farklılıkları fark etmede bozulmalar meydana gelebileceği düşünülmüştür. Konuşma algısı için önemli olan genlik modülasyonu seslerde oluşturulan uyarılara karşı gürültü altında verilen tüm deneylerde farklılık gözükmesi, gürültünün sadece işitme sinir liflerini değil santral bölgelerde de hasara neden olabileceğini düşündürmüştür. Arka plan gürültüsünde farklı modülasyon frekansına bağlı uyarılardan elde edilen gürlük adaptasyon değerleri diğer yapılan deneylerden farklı olarak gürültü verilmeden elde edilen uyaranların gürlük adaptasyon değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu amaçla ilgili, literatürde yapılan benzer bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca çalışmamızda elde ettiğimiz verilerde, tüm deneylerde göz önüne alındığında gürültü maruziyeti olan gruptaki bireylerde gürültü altında elde edilen gürlük değerlerine göre belirlenen zaman sabiti değeri gürültü olmadan elde edilen zaman sabitinden yaklaşık olarak daha erken meydana gelişmiştir. Yaptığımız deneylerin birçoğunda, gürültü maruziyeti olmayan katılımcıların yaklaşık olarak yarısında uyarılara karşı adaptasyon gelişmemiş ve değerler bireysel değerlendirme sonuçlarından farklı çıkmıştır. Kontrol grubundaki bireylerin her biri ayrı ayrı değerlendirildiğinde adaptasyon gelişen bireylerin birçoğunda gürlük

adaptasyonu yaklaşık olarak 120 saniye sonra görülmektedir. Ancak gürültü maruziyeti olan grupta verilen uyarılara bağlı olarak adaptasyon, uyaranın verilmesinden yaklaşık olarak 40 saniye sonra meydana gelmektedir. Çalışmamızdaki gürültü maruziyeti olan gruptaki bireylerin birçoğunda adaptasyonun diğer gruba göre daha erken sürede meydana gelmesi retrokoklear patolojilerle (işitsel nöropati ve ribbon sinapsı bozukluğu) yapılan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (68). İşitsel nöropatili bireylerde değişen saf sesler ile yapılan gürlük adaptasyon çalışmasında zaman sabiti değeri 10-60 saniye arasında bulunmuştur.

Bu çalışmaya göre, gürlük adaptasyonunun normal gruba göre yüksek frekanslarda daha hızlı geliştiği gözlenmiştir (27). Literatür araştırmalarında bizim belirlediğimiz gruplarla ve uyarılarla yapılan bir gürlük adaptasyonu çalışmasına rastlanmamıştır. Arka plan gürültüsü altında yaptığımız deneylerde bireylerin uyarıya karşı adaptasyon göstermesi, gürültü olmadan yapılan deneylerden çok daha hızlı olmuştur. Çalışmamızda elde edilen bulguların gürültü maruziyeti sonrası gizli işitme kaybı şüphesi olan bireylerin tanımlanmasında kullanılabileceği düşünülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yaptığımız bu çalışmada, yüksek spontan oranlı lifleri baskılamak ve verdiğimiz taşıyıcı frekansta sinyalin etkinliğini arttırmak için merkez frekansı kullandığımız uyarının taşıyıcı frekansı ile aynı olan dar bant bir gürültü kullanılmıştır. Bu gürültünün verilmesiyle gizli işitme kayıplı bireylerde farklı modülasyon frekansları/farklı modülasyon derinliklerinde gürlük değişimindeki bireysel farklılıkları değerlendirmek ve gizli işitme kayıplıların tanımlanmasında davranışsal farklı bir test bataryası ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmamızda bulduğumuz bulgular;

1. Grup 1'de şiddet arttıkça genliğin azaldığı gözlenmiştir.
2. Grup 2'de şiddet arttıkça İBC I. dalga genliğinin arttığı gözlenmiştir.
3. Gürültü maruziyeti olan çalışma grubunda I. dalga genliği azalırken, gürültü maruziyeti olmayan kontrol grubunda ise şiddet arttıkça genliğin arttığı gözlenmiştir.
4. Grup 1 ve grup 2'de İBC I.,III. Ve V. dalga latansları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.
5. 99 dB nHL şiddet seviyesinde elde edilen İBC V/I genlik oranlarının ortalama değeri, daha düşük şiddet seviyelerindeki V/I genlik oranlarından daha fazla olduğu bulunmuştur.
6. Grup 1 ve grup 2'de İBC V-I interlatans değerlerinde şiddet seviyelerine göre anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.
7. Grup 1'deki adaptif matris test skorları (SGO'nına göre) grup 2'den elde edilen adaptif matris test skorlarından daha yüksek bulunmuştur.
8. Çalışma grubundaki bireyler grup 2'deki bireylerden daha iyi SRT skor ortalaması almışlardır.
9. Deney 1' de grup 1 için modüle edilmeyen uyaranlarda diğer modüle edilen uyaranlardan daha fazla adaptasyon gelişmiştir. Uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerlerinin ortalamasına göre, modülasyon frekansı arttıkça adaptasyon da orantılı olarak arttığı görülmüştür.
10. Deney 1' deki grup 1 için saturasyon ve zaman sabiti arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Burada elde edilen sonuçlara göre, grup 1'deki bireyler için

modülasyon frekansının artmasıyla birlikte bireylerin verilen uyarılara kaşı gösterdikleri adaptasyon azalmaktadır.

11. Deney 1’ deki grup 2 için artan modülasyon frekansı ile gürlük adaptasyon değerinin ortalama değerlerine göre arttığı görülmüştür. Özellikle uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri tüm uyarılarda benzer sonuçlar göstermiştir. Ayrıca bu gruptaki bireylerin birçoğunda adaptasyon ya hiç olmamış ya da çok az olmuştur. Yaptığımız deneyde, verilen 5 farklı uyarının ortanca gürlük adaptasyon değerleri arasında modüle edilmeyen seste diğer gruplara göre daha az adaptasyon gelişmiştir.
12. Deney 1’ deki grup 2 için modüle edilmeyen uyarıların zaman ve saturasyon sabitinin ortanca değerleri diğer modüle edilen uyaranlardan farklı çıkmıştır. Bu farklılık gruptaki birçok bireyin adaptasyon göstermemiş olduğundan kaynaklanmaktadır.
13. Deney 1’de grup 1 ve grup 2’deki zaman sabitine göre, modüle edilmeyen uyarıda gürlük adaptasyonun değeri diğer modüle edilen uyarılardan daha erken geliştiği bulunmuştur.
14. Grup 1’ in ortalama ve ortanca gürlük adaptasyon değerleri grup 2’ ye göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle grup 1’ de gürlük adaptasyon daha kısa zaman süresinde gerçekleşmiş ve daha fazla bireyde %100 adaptasyon gelişmiş olarak bulunmuştur.
15. Deney 1‘ de grup 1 ve grup 2 için verilen uyarının 180 saniye sonrasında sesin gürlük seviyesi ile GMFE arasında anlamlı farklılıklar elde edilmiştir
16. Deney 3’ te grup 1ve grup 2 için taşıyıcı frekansı (1, 6 ve 12 kHz) değişen uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.
17. Deney 3’ te grup 1 için 3 farklı taşıyıcı frekansta modüle edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında orta düzeyde uyum bulunmuştur. Deney 3’de grup ‘deki 3 durumda da zaman sabiti ortalama değerleri 100 saniyenin üzerinde çıkmıştır.
18. Deney 3’ te grup 2 için 3 farklı taşıyıcı frekansta modüle edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuştur.

19. Deney 3’ te Grup 1 ve grup 2 arasında uyarımın verilmesinden sonraki 180 saniye sonra 1kHz, 6kHz, ve 12 kHz taşıyıcı frekansı olan uyarılardan elde edilen gürlük adaptasyon değerleri arasında farklılık bulunmuştur
20. Deney 4’ de grup 1 ve grup 2 için 3 farklı taşıyıcı frekansa modüle edilen uyaranlarda iyi uygunluk adaptasyon değerleri arasında uyum az olarak bulunmuştur. Grup 1’ de adaptasyon zaman sabiti 92-100 saniye arasında bulunmuştur. Grup 2’de ise 19-88 saniye arsında bulunmuştur.
21. Deney 5’de grup 1 için uyaranın verilmesinden 180 saniye sonra modülasyon derinliği arttıkça gürlük adaptasyonunun azaldığı bulunmuştur.
22. Deney 6’da grup 1 için arka plan gürültüsünde verilen uyarılardan başlangıç durumuna göre 180 saniye sonra en fazla gürlük adaptasyon artışı %50 modülasyon derinliğinde elde edilmiştir.
23. İkili grup karşılaştırmasında uyarının verilmesinden 180 saniye sonra %25 modülasyon derinliğinde deney 5’de grup 1 ile deney 6’ da grup 2 arasında farklılık bulunmuştur.
24. Deney 5 ve deney 6’ da uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri ile GMFE arasında ilişki bulunmamıştır.
25. Tüm deneylerde elde edilen iyi uyumluluk parametresi, saturasyon ve zaman sabiti değerleri genellikle benzer bulunmuştur.
26. Gürlük adaptasyonu için kullanılan eşitlik 3.2 üstel fonksiyon denklemi gürlük değerlendirmemizde bir çok deney’ de iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur.
27. Yaptığımız deneylerde, gürültü maruziyeti sonrası gizli işitme kaybı olan bireylerin genelinde gürlük adaptasyonu erken gelişmiş olarak bulunmasına rağmen, grup 2’deki bireylerinde alından sonuçlar ile karşılaştırmasında problem olmuştur. Çünkü grup 2’deki bireylerin bir çoğunda adaptasyon ya gelişmemiş yada çok uzun zaman diliminde gelişmiş olarak bulunduğu için bireylerin ortanca ve ortalama değerleri sanki retrokoklear işitme kayıplı bireylerden elde edilen sonuçlara benzer çıkmıştır.

Yaptığımız çalışmadan elde edilen bulguların gizli işitme kayıplı bireylerin sübjektif olarak tanılanmasında farklı bir araç olarak kullanılabileceği düşünülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Arka plan gürültüsü, gizli işitme kaybı tanılamada bir uyaran olarak kullanılabilir. Fakat çok yüksek şiddet ve frekanstan bağımsız maske seçilirse elde edilen verilerin güvenilir olmayacağı düşünülmüştür.

2. İBC, gürültü maruziyeti olan ve normal işiten bireylerin işitme kaybını tanılamada kullanılabilecek elektro-fizyolojik bir testtir. Bu test ile beraber elektrokokleografi testininde kullanılabileceği belirtilmiştir.

3. ABR' nin yüksek şiddetli klik uyaranlarda I. dalga genlik miktarındaki azalma ve V/I genlik oranının artması gizli işitme kayıplı bireylerde santral kazancı değerlendirmede kullanılabilen bir testtir.

4. Gürültü maruziyeti olan bireylerde zamansal becerileri değerlendirmek için gürültüde genlik modülasyonlu fark etme eşik testi yapılabilir. Bu testte kullanılan uyaranların genelde etkilenen frekans bölgesinde seçilmesi testin güvenirliliğini artıracağı düşünülmüştür.

5. Özellikle gürültü maruziyeti sonrasında bireylerin kısa süreli genlik modüle seslerde gürlük adaptasyon değerleri diğer guruplara göre daha fazla ve daha kısa zamanda meydana gelmektedir.

6. Gürültü altında bireylerin gürlük adaptasyon değerleri gürültü olmadan elde edilen gürlük adaptasyon değerinden daha fazla olmakta, bu yüzden verilen gürültü miktarının 40 dB spektrum seviyesini aşmaması gerektiği düşünülmüştür.

7. Özellikle uyarının verilmesinden 180 saniye sonra gürlük adaptasyon değerleri normal bireylerde çok az adaptasyona neden olmakta, bu yüzden gürültü maruziyeti olan bireylerde işitsel yolların hasar görmüş olabileceği düşünülmüştür.

8. Gürlük adaptasyonu ile elde ettiğimiz veriler özellikle gürültüde konuşma/konuşma olmayan uyaranları ayırt etmede bozulmalara ve bu

bozulmalar nedeniyle devam eden bir uyarının takip edilmesinde(adaptasyon) problemlere neden olabileceği düşünülmüştür.

9. Tüm deneylerde elde edilen iyi uyumluluk parametresi, saturasyon ve zaman sabiti değerleri genellikle benzer bulunmuştur.

7. KAYNAKLAR

1. Liberman MC, Dodds LW. Single-neuron labeling and chronic cochlear pathology. III. Stereocilia damage and alterations of threshold tuning curves. Hearing research. 1984;16(1):55-74.

2. Prendergast G, Millman RE, Guest H, Munro KJ, Kluk K, Dewey RS, et al. Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms II: Behavioral measures. Hearing research. 2017;356:74-86.

3. Rosenstock L, Cullen M, Brodkin C, Redlich C. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. 2004.

4. Han Y, Hong L, Zhong C, Chen Y, Wang Y, Mao X, et al. Identification of new altered genes in rat cochleae with noise-induced hearing loss. Gene. 2012;499(2):318-22.

5. Perez R, Freeman S, Sohmer H. Effect of an initial noise induced hearing loss on subsequent noise induced hearing loss. Hearing research. 2004;192(1-2):101-6.

6. Maltby MT. Occupational Audiometry: Monitoring and protecting hearing at work: Routledge; 2005.

7. Kujawa SG, Liberman MC. Synaptopathy in the noise-exposed and aging cochlea: Primary neural degeneration in acquired sensorineural hearing loss. Hearing research. 2015;330:191-9.

8. Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. Journal of Neuroscience. 2009;29(45):14077-85.

9. Furman AC, Kujawa SG, Liberman MC. Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. Journal of neurophysiology. 2013;110(3):577-86.

10. Lobarinas E, Salvi R, Ding D. Insensitivity of the audiogram to carboplatin induced inner hair cell loss in chinchillas. Hearing research. 2013;302:113-20.

11. Sergeyenko Y, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG. Age-related cochlear synaptopathy: an early-onset contributor to auditory functional decline. Journal of Neuroscience. 2013;33(34):13686-94.

12. Schaette R, McAlpine D. Tinnitus with a normal audiogram: physiological evidence for hidden hearing loss and computational model. Journal of Neuroscience. 2011;31(38):13452-7.

13. Prendergast G, Guest H, Munro KJ, Kluk K, Léger A, Hall DA, et al. Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms I: Electrophysiology. Hearing research. 2017;344:68-81.

14. Lobarinas E, Spankovich C, Le Prell CG. Evidence of "hidden hearing loss" following noise exposures that produce robust TTS and ABR wave-I amplitude reductions. Hearing research. 2017;349:155-63.

15. Guest H, Munro KJ, Prendergast G, Howe S, Plack CJ. Tinnitus with a normal audiogram: relation to noise exposure but no evidence for cochlear synaptopathy. Hearing research. 2017;344:265-74.

16. Bramhall NF, Konrad-Martin D, McMillan GP, Griest SE. Auditory brainstem response altered in humans with noise exposure despite normal outer hair cell function. Ear and hearing. 2017;38(1):e1.

17. Paul BT, Bruce IC, Roberts LE. Evidence that hidden hearing loss underlies amplitude modulation encoding deficits in individuals with and without tinnitus. Hearing research. 2017;344:170-82.

18. Costalupes JA. Representation of tones in noise in the responses of auditory nerve fibers in cats. I. Comparison with detection thresholds. Journal of Neuroscience. 1985;5(12):3261-9.

19. Young ED, Barta PE. Rate responses of auditory nerve fibers to tones in noise near masked threshold. The Journal of the Acoustical Society of America. 1986;79(2):426-42.

20. Piñeiro B, Correa JB, Simmons VN, Harrell PT, Menzie NS, Unrod M, et al. Gender differences in use and expectancies of e-cigarettes: Online survey results. Addictive behaviors. 2016;52:91-7.

21. Bharadwaj HM, Shinn-Cunningham BG. Rapid acquisition of auditory subcortical steady state responses using multichannel recordings. Clinical Neurophysiology. 2014;125(9):1878-88.

22. Bharadwaj HM, Masud S, Mehraei G, Verhulst S, Shinn-Cunningham BG. Individual differences reveal correlates of hidden hearing deficits. Journal of Neuroscience. 2015;35(5):2161-72.

23. Tang Q, Liu S, Zeng F-G. Loudness adaptation in acoustic and electric hearing. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2006;7(1):59-70.

24. Scharf B. Loudness adaptation. in Hearing Research and Theory, edited by J V Tobias and E D Schubert ~Academic, New York!,. 1983:Vol. 2 pp : 1–56.

25. Hellman R, Miśkiewicz A, Scharf B. Loudness adaptation and excitation patterns: Effects of frequency and level. The Journal of the Acoustical Society of America. 1997;101(4):2176-85.

26. Javel E. Long-term adaptation in cat auditory-nerve fiber responses. The Journal of the Acoustical Society of America. 1996;99(2):1040-52.

27. Wynne DP. Measuring and Modeling Loudness Adaptation in Normal and Impaired Hearing: University of California, Irvine; 2013.

28. Carroll J, Tiaden S, Zeng F-G. Fundamental frequency is critical to speech perception in noise in combined acoustic and electric hearing. The Journal of the Acoustical Society of America. 2011;130(4):2054-62.

29. Zeng F-G, Nie K, Stickney GS, Kong Y-Y, Vongphoe M, Bhargave A, et al. Speech recognition with amplitude and frequency modulations. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2005;102(7):2293-8.

30. Hugo R. Clinical Audiology-An Introduction. Audiology. 2000;39(4):233.

31. Yost WA. Fundamentals of hearing: an introduction. ASA; 2001.

32. Moore BC. An introduction to the psychology of hearing: Brill; 2012.

33. Gelfand SA. Essentials of audiology: Thieme; 2009.

34. Speaks CE. Introduction to sound: acoustics for the hearing and speech sciences: Plural Publishing; 2017.

35. Güner L, Ergenç İ. Sesin Doğasi Ve Oluşumu.

36. Marsch P, Penttinen J. Modulation and Demodulation. The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems. 2015:261-80.

37. Frenzel L. Principles of electronic communication systems: McGraw-Hill, Inc.; 2007.

38. Healy AF, Proctor RW. Handbook of psychology: Experimental psychology. 2003.

39. Hall JW, Haggard MP, Fernandes MA. Detection in noise by spectro-temporal pattern analysis. The Journal of the Acoustical Society of America. 1984;76(1):50-6.

40. Popper AN, Fay RR. Perspectives on Auditory Research: Springer; 2014.

41. Lorenzi C, Soares C, Vonner T. Second-order temporal modulation transfer functions. The Journal of the Acoustical Society of America. 2001;110(2):1030-8.

42. Viemeister NF. Temporal modulation transfer functions based upon modulation thresholds. The Journal of the Acoustical Society of America. 1979;66(5):1364-80.

43. Plomp R. Auditory handicap of hearing impairment and the limited benefit of hearing aids. The Journal of the Acoustical Society of America. 1978;63(2):533-49.

44. Dolležal L-V, Beutelmann R, Klump GM. Stream segregation in the perception of sinusoidally amplitude-modulated tones. PLoS One. 2012;7(9):e43615.

45. Bacon SP, Viemeister NF. Temporal modulation transfer functions in normal-hearing and hearing-impaired listeners. Audiology. 1985;24(2):117-34.

46. Gelfand SA. Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics: CRC Press; 2016.

47. Zwicker E, Fastl H. Psychoacoustics: Facts and models: Springer Science & Business Media; 2013.

48. Stevens SS. On the psychophysical law. Psychological review. 1957;64(3):153.

49. Robinson DW, Dadson RS. A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones. British Journal of Applied Physics. 1956;7(5):166.

50. Everest FA. Master handbook of acoustics. ASA; 2001.

51. Fowler EP. Measuring the sensation of loudness: A new approach to the physiology of hearing and the functional and differential diagnostic tests. Archives of Otolaryngology. 1937;26(5):514-21.

52. Heinz MG, Issa JB, Young ED. Auditory-nerve rate responses are inconsistent with common hypotheses for the neural correlates of loudness recruitment. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2005;6(2):91-105.

53. Stevens SS. The direct estimation of sensory magnitudes: Loudness. The American journal of psychology. 1956;69(1):1-25.

54. Deutsch D. Psychology of music: Elsevier; 2013.

55. Moore BC, Glasberg BR. The relationship between frequency selectivity and frequency discrimination for subjects with unilateral and bilateral cochlear impairments. Auditory frequency selectivity: Springer; 1986. p. 407-17.

56. Scharf B. Loudness. Handbook of Perception. Vol. IV Hearing. New York: Academic Press; 1978.

57. Moore BC, Oxenham AJ. Psychoacoustic consequences of compression in the peripheral auditory system. Psychological review. 1998;105(1):108.

58. Dunn F, Hartmann W, Campbell D, Fletcher NH. Springer handbook of acoustics: Springer; 2015.

59. Hood JD. Studies in auditory fatigue and adaptation Acta Otolaryngol. 1950;92:1-57.

60. Hood JD. Studies in auditory fatigue and adaptation. Acta oto-laryngologica Supplementum. 1950;92:1.

61. Egan JP. Perstimulatory fatigue as measured by heterophonic loudness balances. The Journal of the Acoustical Society of America. 1955;27(1):111-20.

62. Wright H. Measurement of perstimulatory auditory adaptation. The Journal of the Acoustical Society of America. 1960;32(12):1558-67.

63. Small Jr AM, Minifie FD. Effect of matching time on perstimulatory adaptation. The Journal of the Acoustical Society of America. 1961;33(8):1028-33.

64. Egan JP, Thwing EJ. Further studies on perstimulatory fatigue. The Journal of the Acoustical Society of America. 1955;27(6):1225-6.

65. Stokinger TE, Studebaker GA. Measurement of perstimulatory loudness adaptation. The Journal of the Acoustical Society of America. 1968;44(1):250-6.

66. Fraser WD, Petty JW, Elliott DN. Adaptation: Central or peripheral? The Journal of the Acoustical Society of America. 1970;47(4B):1016-21.

67. Miśkiewicz A, Scharf B, Hellman R, Meiselman C. Loudness adaptation at high frequenciesa. The Journal of the Acoustical Society of America. 1993;94(3):1281-6.

68. Wynne DP, Zeng F-G, Bhatt S, Michalewski HJ, Dimitrijevic A, Starr A. Loudness adaptation accompanying ribbon synapse and auditory nerve disorders. Brain. 2013;136(5):1626-38.

69. Von Békésy G. Synchronism of neural discharges and their demultiplication in pitch perception on the skin and in hearing. The Journal of the Acoustical Society of America. 1959;31(3):338-49.

70. Noffsinger D, Olsen W, Carhart R, Hart C, Sahgal V. Auditory and vestibular aberrations in multiple sclerosis. Acta oto-laryngologica Supplementum. 1972;303:1.

71. Huss M, Moore BC. Tone decay for hearing-impaired listeners with and without dead regions in the cochlea. The Journal of the Acoustical Society of America. 2003;114(6):3283-94.

72. France GdR. International Labour Organization (ILO). The Statesman's Yearbook 2015: The Politics, Cultures and Economies of the World. 2016:16.

73. Camkurt MZ. İşyeri Çalişma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazalari Üzerindeki Etkisi. 2007.

74. Bell LH. Industrial noise control. Marcel Dekker, Inc, 1982. 1982:572.

75. Lewis HB, Bell L. Industrial noise control, Fundamentals and applications, New York: M. Dekker; 1994.

76. Wyatt K. 2017.

77. Mäntysalo S, Vuori J. Effects of impulse noise and continuous steady state noise on hearing. Occupational and Environmental Medicine. 1984;41(1):122-32.

78. Bruneau M. Fundamentals of acoustics: John Wiley & Sons; 2013.

79. Health and Safety Executive HaSiMVRaA, Industries s, 2009.

80. Kenar F, Ayçiçek A. Endüstriyel Odyoloji ve Gürültüye Bağlı İşitme Kayıpları. Turkiye Klinikleri J ENT-Special Topics. 2015;8(2):132-6.

81. Greenberg MI. Occupational, industrial, and environmental toxicology: Elsevier Health Sciences; 2003.

82. Dudarewicz A, Pawlaczyk-Łuszczyńska M, Sliwinska-Kowalska M. Developing the method for assessing non-occupational exposure to noise2007. 231-42 p.

83. Murphy E, King E. Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy: Newnes; 2014.

84. Johnson E. Tuning forks to audiometers and back again. The Laryngoscope. 1970;80(1):49-68.

85. Lin HW, Furman AC, Kujawa SG, Liberman MC. Primary neural degeneration in the Guinea pig cochlea after reversible noise-induced threshold shift. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2011;12(5):605-16.

86. Stamper GC, Johnson TA. Letter to the Editor: Examination of potential sex influences in Stamper, GC & Johnson, TA (2015). Auditory function in normal-hearing, noise-exposed human ears, Ear Hear, 36, 172-184. Ear and hearing. 2015;36(6):738.

87. Liberman MC, Epstein MJ, Cleveland SS, Wang H, Maison SF. Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. PloS one. 2016;11(9):e0162726.

88. Gu JW, Herrmann BS, Levine RA, Melcher JR. Brainstem auditory evoked potentials suggest a role for the ventral cochlear nucleus in tinnitus. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2012;13(6):819-33.

89. Barnea G, Attias J, Gold S, Shahar A. Tinnitus with normal hearing sensitivity: extended high-frequency audiometry and auditory-nerve brain-stem-evoked responses. Audiology. 1990;29(1):36-45.

90. Micheyl C, Carbonnel O, Collet L. Medial olivocochlear system and loudness adaptation-Differences between musicians and non-musicians. Brain and Cognition. 1995;29(2):127-36.

91. Dowling JE. Neural and photochemical mechanisms of visual adaptation in the rat. The Journal of general physiology. 1963;46(6):1287-301.

92. Smith R, Brachman M. Adaptation in auditory-nerve fibers: a revised model. Biological cybernetics. 1982;44(2):107-20.

93. Tommerdahl M, Hester K, Felix E, Hollins M, Favorov O, Quibrera P, et al. Human vibrotactile frequency discriminative capacity after adaptation to 25 Hz or 200 Hz stimulation. Brain research. 2005;1057(1-2):1-9.

94. Hood J. LV Auditory Fatigue and Adaptation in the Differential Diagnosis of End-Organ Disease. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. 1955;64(2):507-18.

95. Carhart R. Clinical determination of abnormal auditory adaptation. AMA archives of otolaryngology. 1957;65(1):32-9.

96. Eggermont J. Analog modelling of cochlear adaptation. Kybernetik. 1973;14(2):117-26.

97. Rodríguez-Ballesteros M, del Castillo FJ, Martín Y, Moreno-Pelayo MA, Morera C, Prieto F, et al. Auditory neuropathy in patients carrying mutations in the otoferlin gene (OTOF). Human mutation. 2003;22(6):451-6.

98. Santarelli R, del Castillo I, Cama E, Scimemi P, Starr A. Audibility, speech perception and processing of temporal cues in ribbon synaptic disorders due to OTOF mutations. Hearing research. 2015;330:200-12.

99. Wynne DP, George SE, Zeng F-G. Amplitude modulation reduces loudness adaptation to high-frequency tones. The Journal of the Acoustical Society of America. 2015;138(1):279-83.

100. Aksoy S, Timer E, Mumcu S, Akgün M, Kıvrak E, Örken DN. Multipl Sklerozda Bilişsel Etkilenmenin MOBİD Ölçeği ile Taranması. Türk Nöroloji Dergisi. 2013;19(2):52-5.

101. Avcı Gülen HK, Yıldırım A, Emre U, Karagöz Y, Akbaş EA. Hafif Bilişsel Bozuklukta MOBİD Ölçek Puanları ile Bilişsel Düzey Korelasyonunun Değerlendirilmesi. Istanbul Medical Journal. 2017;18(1).

102. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. Journal of the American Geriatrics Society. 2005;53(4):695-9.

103. Selekler K, Cangöz B, Uluç S. Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MOBİD)'nin hafif bilişsel bozukluk ve Alzheimer hastalarını ayırt edebilme gücünün incelenmesi. Turkish Journal of Geriatrics. 2010;13:166-71.

104. Salthouse TA. What and when of cognitive aging. Current directions in psychological science. 2004;13(4):140-4.

105. Salthouse TA. Are individual differences in rates of aging greater at older ages? Neurobiology of aging. 2012;33(10):2373-81.

106. Tiffany A. Johnson, Susan Cooper, Greta C. Stamper, Chertoff M. Noise Exposure Questionnaire (NEQ): A Tool for Quantifying Annual Noise Exposure. J Am Acad Audiol. 2017;28(1):14–35.

107. Ramos J, Kristensen S, Beck D. An overview of OAEs and normative data for DPOAEs. The Hearing Review. 2013.

108. Gilles A, Schlee W, Rabau S, Wouters K, Fransen E, Van de Heyning P. Decreased speech-in-noise understanding in young adults with tinnitus. Frontiers in neuroscience. 2016;10:288.

109. Lemaire MC, Beutter P. Brainstem auditory evoked responses in patients with tinnitus. Audiology. 1995;34(6):287-300.

110. Zokoll MA, Fidan D, Türkyılmaz D, Hochmuth S, Ergenç İ, Sennaroğlu G, et al. Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test. International journal of audiology. 2015;54(sup2):51-61.

111. Moncrieff DW. Dichotic listening in children: age-related changes in direction and magnitude of ear advantage. Brain and cognition. 2011;76(2):316-22.

112. Strouse A, Wilson RH. with Dichotic Digit Recognition. Journal of the American Academy of Audiology. 1999;10(4):219-29.

113. Bellis T, Ferre J. Assessment and management of central auditory processing disorders in children. Educational Audiology Monograph. 1996;4:23-7.

114. Jäncke L, Steinmetz H, Volkmann J. Dichotic listening: What does it measure? Neuropsychologia. 1992;30(11):941-50.

115. Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Neuroaudiology: case studies: Singular publishing group, Incorporated; 1993.

116. Johnson M, Bellis T, Billiet C. Audiologic assessment of© APD. Auditory Processing Disorders Assessment, Management, and Treatment San Diego: Plural Publishing. 2007:75-94.

117. Turkyilmaz M, Budak B, editors. Normalisation of the" time compressed" and" dichotic digit" speech tests. International Journal Of Psychophysiology; 2006: Elsevier Science Bv Po Box 211, 1000 Ae Amsterdam, Netherlands.

118. Roberts LE, Bosnyak DJ, Bruce IC, Gander PE, Paul BT. Evidence for differential modulation of primary and nonprimary auditory cortex by forward masking in tinnitus. Hearing research. 2015;327:9-27.

119. Paul BT, Bruce IC, Bosnyak DJ, Thompson DC, Roberts LE. Modulation of electrocortical brain activity by attention in individuals with and without tinnitus. Neural plasticity. 2014;2014.

120. Bharadwaj HM, Verhulst S, Shaheen L, Liberman MC, Shinn-Cunningham BG. Cochlear neuropathy and the coding of supra-threshold sound. Frontiers in systems neuroscience. 2014;8:26.

121. Zilany MS, Bruce IC, Carney LH. Updated parameters and expanded simulation options for a model of the auditory periphery. The Journal of the Acoustical Society of America. 2014;135(1):283-6.

122. Taylor M, Creelman CD. PEST: Efficient estimates on probability functions. The Journal of the Acoustical Society of America. 1967;41(4A):782-7.

123. Canévet G, Scharf B. The loudness of sounds that increase and decrease continuously in level. The Journal of the Acoustical Society of America. 1990;88(5):2136-42.

124. Botte MC, Canévet G, Scharf B. Loudness adaptation induced by an intermittent tone. The Journal of the Acoustical Society of America. 1982;72(3):727-39.

125. OSHA. Regulation Standards 29 CFR [Online]. https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table¼STANDARDS&p_id¼9735. 1983.

126. Sanchez TG, Rocha CB. Diagnosis and management of somatosensory tinnitus. Clinics. 2011;66(6):1089-94.

127. Kumar UA, Ameenudin S, Sangamanatha A. Temporal and speech processing skills in normal hearing individuals exposed to occupational noise. Noise and Health. 2012;14(58):100.

128. Johnson E. Results of auditory tests in acoustic tumor patients. Acoustic tumors. 1979;1:209-24.

129. Owens E. Tone Decay In Viiith Nerve And Cochlear Lesions. The Journal of speech and hearing disorders. 1964;29:14.

130. Bourien J, Tang Y, Batrel C, Huet A, Lenoir M, Ladrech S, et al. Contribution of auditory nerve fibers to compound action potential of the auditory nerve. Journal of neurophysiology. 2014;112(5):1025-39.

131. Verhulst S, Jagadeesh A, Mauermann M, Ernst F. Individual differences in auditory brainstem response wave characteristics: relations to different aspects of peripheral hearing loss. Trends in hearing. 2016;20:2331216516672186.

132. Shim HJ, An Y-H, Kim DH, Yoon JE, Yoon JH. Comparisons of auditory brainstem response and sound level tolerance in tinnitus ears and non-tinnitus ears in unilateral tinnitus patients with normal audiograms. PloS one. 2017;12(12):e0189157.

133. Møller AR, Jannetta P. Neural generators of the auditory brainstem response. The auditory brainstem response. 1985:13-31.

134. Mehraei G, Hickox AE, Bharadwaj HM, Goldberg H, Verhulst S, Liberman MC, et al. Auditory brainstem response latency in noise as a marker of cochlear synaptopathy. Journal of Neuroscience. 2016;36(13):3755-64.

135. Hickox AE, Liberman MC. Is noise-induced cochlear neuropathy key to the generation of hyperacusis or tinnitus? Journal of neurophysiology. 2013;111(3):552-64.

136. Rajan R, Cainer K. Ageing without hearing loss or cognitive impairment causes a decrease in speech intelligibility only in informational maskers. Neuroscience. 2008;154(2):784-95.

137. Ruggles D, Bharadwaj H, Shinn-Cunningham BG. Why middle-aged listeners have trouble hearing in everyday settings. Current Biology. 2012;22(15):1417-22.

138. Moore BC. Auditory processing of temporal fine structure: Effects of age and hearing loss: World Scientific; 2014.

139. Ruggles D, Bharadwaj H, Shinn-Cunningham BG. Normal hearing is not enough to guarantee robust encoding of suprathreshold features important in everyday communication. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011;108(37):15516-21.

140. ISO. Method for calculating loudness level. International Standardization Organization R532. 1966.

141. Stevens SS. Neural events and the psychophysical law. Science. 1970;170(3962):1043-50.

142. Zeng F-G, Shannon RV. Loudness-coding mechanisms inferred from electric stimulation of the human auditory system. Science. 1994;264(5158):564-6.

143. Kim D, Molnar C. A population study of cochlear nerve fibers: comparison of spatial distributions of average-rate and phase-locking measures of responses to single tones. Journal of neurophysiology. 1979;42(1):16-30.

144. Moore BC, Glasberg BR. Suggested formulae for calculating auditory-filter bandwidths and excitation patterns. The Journal of the Acoustical Society of America. 1983;74(3):750-3.

145. Burns EM, Viemeister NF. Played-again SAM: Further observations on the pitch of amplitude-modulated noise. The Journal of the Acoustical Society of America. 1981;70(6):1655-60.

146. Kohlrausch A, Fassel R, Dau T. The influence of carrier level and frequency on modulation and beat-detection thresholds for sinusoidal carriers. The Journal of the Acoustical Society of America. 2000;108(2):723-34.

147. Moore BC, Glasberg BR. Temporal modulation transfer functions obtained using sinusoidal carriers with normally hearing and hearing-impaired listeners. The Journal of the Acoustical Society of America. 2001;110(2):1067-73.

148. Winter IM, Robertson D, Yates GK. Diversity of characteristic frequency rate-intensity functions in guinea pig auditory nerve fibres. Hearing research. 1990;45(3):191-202.

149. Miller GA, Taylor WG. The perception of repeated bursts of noise. The Journal of the Acoustical Society of America. 1948;20(2):171-82.

150. Glasberg BR, Moore BC. Effects of envelope fluctuations on gap detection. Hearing Research. 1992;64(1):81-92.

151. Moore BC, Glasberg BR, Stone MA. Effect on the speech reception threshold in noise of the recovery time of the compressor in the high-frequency channel of a two-channel aid. Scandinavian Audiology. 1993.

152. Dix M, Hallpike C, Hood J. Observations upon the loudness recruitment phenomenon, with especial reference to the differential diagnosis of disorders of the internal ear and VIII nerve. SAGE Publications; 1948.

153. Steinschneider M, Reser DH, Fishman YI, Schroeder CE, Arezzo JC. Click train encoding in primary auditory cortex of the awake monkey: evidence for two mechanisms subserving pitch perception. The Journal of the Acoustical Society of America. 1998;104(5):2935-55.

154. McKay CM, Henshall KR. Amplitude modulation and loudness in cochlear implantees. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. 2010;11(1):101-11.

155. Picton TW, John MS, Dimitrijevic A, Purcell D. Human auditory steady-state responses: respuestas auditivas de estado estable en humanos. International journal of audiology. 2003;42(4):177-219.

156. Zeng F-G. An active loudness model suggesting tinnitus as increased central noise and hyperacusis as increased nonlinear gain. Hearing research. 2013;295:172-9.

157. Johnson DH. The relationship between spike rate and synchrony in responses of auditory-nerve fibers to single tones. The Journal of the Acoustical Society of America. 1980;68(4):1115-22.

158. Jerger J. Bekesy audiometry in analysis of auditory disorders. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 1960;3(3):275-87.

159. Holt LL, Lotto AJ. Behavioral examinations of the level of auditory processing of speech context effects. Hearing Research. 2002;167(1-2):156-69.

160. Holt LL. Speech categorization in context: Joint effects of nonspeech and speech precursors. The Journal of the Acoustical Society of America. 2006;119(6):4016-26.

161. Viemeister N. Adaptation of masking. In: van den Brink, G.; Bilsen, FA., editors. Psychophysical, physiological and behavioural studies in hearing. Delft UP; Delft, Netherlands 1980: 190-8.

162. Wang N, Oxenham AJ. Effects of auditory enhancement on the loudness of masker and target components. Hearing research. 2016;333:150-6.

163. Scharf B, Buus S, Nieder B. Loudness enhancement: induced loudness reduction in disguise?(L). The Journal of the Acoustical Society of America. 2002;112(3):807-10.

164. Oberfeld D. Loudness changes induced by a proximal sound: Loudness enhancement, loudness recalibration, or both? The Journal of the Acoustical Society of America. 2007;121(4):2137-48.

165. Kay R, Matthews D. On the existence in human auditory pathways of channels selectively tuned to the modulation present in frequency-modulated tones. The Journal of physiology. 1972;225(3):657-77.

166. Green GG, Kay RH. "Channels in the human auditory system concerned with the waveform of the modulation present in amplitude- and frequency-modulated tones," J Physiol (London) 1974 29-30.

167. Wallaert N, Moore BC, Lorenzi C. Comparing the effects of age on amplitude modulation and frequency modulation detection. The Journal of the Acoustical Society of America. 2016;139(6):3088-96.

168. Palmer A, Russell I. Phase-locking in the cochlear nerve of the guinea-pig and its relation to the receptor potential of inner hair-cells. Hearing research. 1986;24(1):1-15.

169. Moore BC, Skrodzka E. Detection of frequency modulation by hearing-impaired listeners: Effects of carrier frequency, modulation rate, and added amplitude modulation. The Journal of the Acoustical Society of America. 2002;111(1):327-35.

170. Licklider JC, Miller GA. The perception of speech. 1951.

171. Moore BC. Speech processing for the hearing-impaired: successes, failures, and implications for speech mechanisms. Speech communication. 2003;41(1):81-91.

172. Steinberg JC, Gardner MB. The dependence of hearing impairment on sound intensity. The Journal of the Acoustical Society of America. 1937;9(1):11-23.

173. Robles L, Ruggero MA. Mechanics of the mammalian cochlea. Physiological reviews. 2001;81(3):1305-52.

174. Moore BC, Shailer MJ, Schooneveldt GP. Temporal modulation transfer functions for band-limited noise in subjects with cochlear hearing loss. British journal of audiology. 1992;26(4):229-37.

175. Moore BC, Wojtczak M, Vickers DA. Effect of loudness recruitment on the perception of amplitude modulation. The Journal of the Acoustical Society of America. 1996;100(1):481-9.

176. Hébert S, Fournier P, Noreña A. The auditory sensitivity is increased in tinnitus ears. Journal of Neuroscience. 2013;33(6):2356-64.

177. Bacon SP, Grantham DW. Modulation masking: Effects of modulation frequency, depth, and phase. The Journal of the Acoustical Society of America. 1989;85(6):2575-80.

8. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Onayı

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557/-684 ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Konu :
Toplantı Tarihi : 17 NİSAN 2018 SALI
Toplantı No : 2018/11
Proje No : GO 16/510 (Onay Tarihi: 26.07.2016)
Karar No : GO 16/510-03

Kurulumuzun 26.07.2016 tarihli toplantısında onaylanmış olan GO 16/510 kayıt numaralı ve Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Suna YILMAZ'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Bünyamin ÇILDIR' ın doktora tezi olan, ***"Normal İşiten Bireylerde Gürlük Adaptasyonunun, Anlamsız ve Anlamlı Kelime Listeleri Kullanılarak Değerlendirilmesi"*** başlıklı proje için vermiş olduğunuz protokol ve araştırmacı revizyonu dilekçeniz Kurulumuzun 17.04.2018 tarihli toplantısında değerlendirilmiş olup, proje yürütücüsünün Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ olması, proje başlığının ***"Normal İşiten Bireylerde Gürlük Adaptasyonu"*** olarak değiştirilmesi ve proje kapsamında gizli işitme kaybının daha kapsamlı incelenmesine yönelik olarak veri toplama formunun eklenmesi **uygun bulunmuştur.**

1.Prof. Dr. Nurten AKARSU	(Başkan)	İZİNLİ 10 Doç. Dr. Gözde GİRGİN	(Üye)
2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU	(Üye)	İZİNLİ 11 Doç. Dr. Fatma Visal OKUR	(Üye)
İZİNLİ 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA	(Üye)	12. Doç. Dr. Can Ebru KURT	(Üye)
İZİNLİ 4. Prof. Dr. Necdet SAĞLAM	(Üye)	13. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL	(Üye)
5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU	(Üye)	14. Dr. Öğr. Üyesi Özay GÖKÖZ	(Üye)
6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL	(Üye)	15.Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR	(Üye)
7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN	(Üye)	16. Öğr. Gör. Dr. Meltem ŞENGELEN	(Üye)
8. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL	(Üye)	17. Av. Meltem ONURLU	(Üye)
9. Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU	(Üye)		

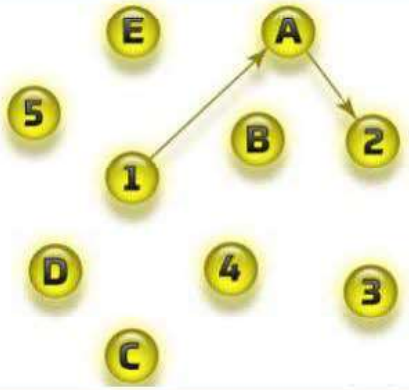
Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
06100 Sıhhiye-Ankara
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580 • E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr
Ayrıntılı Bilgi için:

Ek-2. Montreal Bilişsel Değerlenirme Testi

MONTREAL BİLİŞSEL DEĞERLENİRME TESTİ

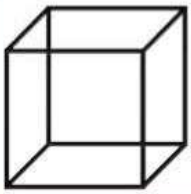
1 ❑1

Lütfen '1'den başlayarak bir sayı bir harf sırası ile birbirini izleyen sayı ve harfleri bir çizgi ile birleştirin.



2 ❑1

Bu şekli olabildiğince hızlı bir şekilde yandaki boşluğa çizin (Çizim üç boyutlu olmalı, Tüm çizgiler çizilmiş (tamam) olmalı, fazladan çizgi eklenmemiş olmalı, çizgiler görece paralel ve benzer uzunlukta olmalı; dikdörtgenler prizması kabul edilir.)

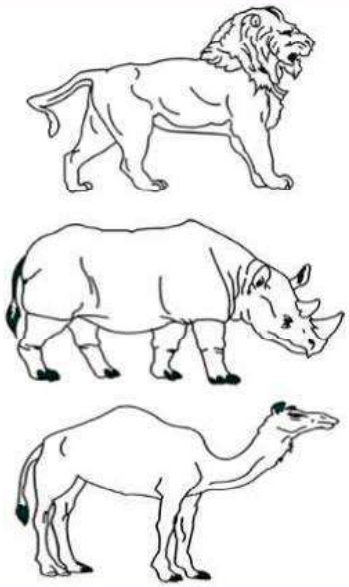


3 ❑1 ❑2 ❑3

Bir saat çizin. Saatin tüm rakamlarını yazın ve saat 11'i 10 geçeyi göstersin (çerçeve 1 puan, rakamlar 1 puan, akrep ve yelkovan1 puan).

4 ❑1 ❑2 ❑3

Soldan başlayarak bu hayvanların ismini söyleyin (doğru bilinen her hayvan ismi için 1 puan).



5

Bu bir bellek (hafıza) testidir. Size bir kelime listesi okuyacağım ve bu listedeki kelimeleri şimdi ve daha sonra hatırlamanızı isteyeceğim. Dikkatle dinleyin. Okumayı bitirdiğimde hatırlayabildiğiniz kadar çok kelimeyi bana söyleyin. Kelimeleri hangi sırada söylediğiniz önemli değildir'. (Katılımcının söylediği herbir kelime için ilgili kutuya bir işaret (x) koyun.) Size aynı listeyi ikinci kez okuyacağım. Hatırlamaya çalışın ve ilk denemede söylediğiniz kelimeleri de kapsayacak şekilde, bana hatırlayabildiğiniz kadar çok kelime söyleyin'. (Katılımcının söylediği herbir kelime için ilgili kutuya ilave bir işaret (x) koyun.)

'Testin sonunda sizden bu kelimeleri hatırlamanızı isteyeceğim' deyin.

Burun ❑ ❑	Kadife ❑ ❑	Cami ❑ ❑
Papatya ❑ ❑	Mor ❑ ❑	

6

❑1 Size bazı rakamlar söyleyeceğim, ben bitirdikten sonra, söylemiş olduğum rakamları sıra ile tekrar edin

2	1	8	5	4

\+ Şimdi başka sayılar söyleyeceğim, ancak bu kez ben bitirdikten sonra sayıları ters sırada tekrar edin

❑1

7	4	2

\+ Size bir dizi harf okuyacağım. A harfini her söylediğimde, elinizi masaya vurun. Eğer farklı bir harf söylersem, elinizi masaya vurmayın. (1 hata yapabilir)

❑1 F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B

\+ Şimdi sizden ben durun diyene kadar 100'den 7 çıkartarak saymanızı istiyorum. (2-3 doğru yanıt için 2 puan ve 4-5 doğru yanıt için 3 puan; yanlış saydıktan sonra doğru devam etmişse de doğrular toplanır.)

❑2

❑3

100	93	86	79	72

7

❑1 Size bir cümle okuyacağım. Ben cümleyi okuduktan sonra aynen tekrarlayın. Şimdi söyleyin *"Tek bildiğim bugün yardıma ihtiyacı olan kişinin Ahmet olduğudur."* (Yanıtın ardından); Şimdi size bir başka cümle okuyacağım, ben cümleyi okuduktan sonra aynen tekrarlayın. *'Köpekler odadayken, kedi hep kanepenin altına saklanırdı'.*

❑2 Tekrar tam ve doğru olmalıdır. İhmal edilerek atlanmış, yerine kullanılmış, eklenmiş kelimelerden kaynaklanan hatalara dikkat edin (Örn., ihmal edilebilecek kelimeler: 'tek', 'hep' , yerine geçebilecek kelimeler: 'gizlenirdi', 'gizlenmek' ve eklenen kelimeler: Köpekler odadayken, kedi hep kanepenin altına 'korkuyla' saklanırdı).

Seçmeli; Size daha önce bazı kelimeler okumuştum. Sizden o kelimeleri hatırlamanızı ve söylemenizi istiyorum. Hatırlayabildiğiniz kelimeleri söyleyin'. (Hiçbir ipucu olmaksızın spontan olarak doğru hatırlanmış herbir kelime için ilgili bölüme işaret konur.)

BURUN ipucu: vücut bölümü	KADİFE ipucu: kumaş türü
CAMİ ipucu: bina türü	PAPATYA ipucu: çiçek türü
MOR ipucu: bir renk	

İpuçlarına rağmen hala hatırlamıyorsa, izleyen yönerge verilir. 'Biraz sonra sayacağım kelimelerden hangisi daha önce sunulmuştu hatırlıyor musunuz? burun-yüz-el | ipek-pamuklu-kadife | cami-okul-hastane | gül-papatya-lale | mor mavi yeşil

İpucu yardımıyla hatırlanan kelimelere puan verilmez. İpuçları sadece klinik olarak bilgi edinmek ve klinisyene bellek bozukluğunun türü hakkında ek bilgi sağlamak amacıyla kullanılır. Katılımcı ipucuyla hatırlayabiliyorsa, geri getirmeye bağlı, ipucuna rağmen hatırlayamıyorsa, kodlamaya bağlı bir bellek bozukluğu düşünülür.

11

❑1 Bana bugünün tarihini söyleyin.' Eğer katılımcı tam bir yanıt veremezse, ek olarak 'Bana (gün, ay, yıl ve haftanın hangi günü) söyleyin' denir. Ardından, 'Şimdi bana bulunduğumuz yerin ve bulunduğumuz şehrin adını söyleyin'. (Doğru herbir yanıt için 1 puan verin. Katılımcı tarih ve yeri net ve açık (hastanenin, kliniğin, ofisin, kurumun adı) olarak söylemelidir. Katılımcı tarihin herhangi bir biriminde hata yaparsa puan vermeyin.)

❑2

❑3

❑4

❑5

❑6

Gün ❑1	Ay ❑1	Yıl ❑1
Günlerden ne ❑1	Buranın adı ❑1	Şehrin adı ❑1

8

❑1 Sizden bir dakika içinde biraz sonra vereceğim harfle başlayan, olabildiğince çok sayıda kelime söylemenizi istiyorum. Ahmet, İzmir gibi özel isimlerle, rakamlar veya aynı kökten türetilmiş isimler dışında istediğiniz her türlü kelimeyi söyleyebilirsiniz. Bir dakika dolduğunda size dur diyeceğim. Hazır mısınız? Şimdi bana K harfi ile başlayan olabildiğince çok sayıda kelime söyleyin (60 saniye süre tutulur). Durun'.

60 saniye içinde 11 veya daha fazla sayıda kelime üretildi ise 1 puan verin. Katılımcının yanıtlarını test formunun altındaki boşluğa kaydedin.

9

❑1 Bana portakal ve muz arasındaki benzerliği söyleyin' denir. Eğer katılımcının yanıtı istendiği gibi olmazsa, ek süre vererek, 'Bana bu maddelerin başka bir benzerliğini söyleyin' denir. Eğer katılımcı istenen yanıtı (meyve) vermiyorsa, 'Evet bunların ikisi de meyve' deyin. Daha fazla açıklama yapmayın. Her madde çiftine verilen doğru yanıt:1 puan

❑2

Tren	Bisiklet	ulaşım aracı, seyahat edilir, her ikisine de binilip gezilir benzeri (tekerlekleri var yanlış)
Saat	Cetvel	ölçü araçları, ölçmek için benzeri (sayılar var yanlış)

10

❑1 Gecikmeli hatırlama; Size daha önce bazı kelimeler okumuştum. Sizden o kelimeleri hatırlamanızı ve söylemenizi istiyorum. Hatırlayabildiğiniz kelimeleri söyleyin'. (Hiçbir ipucu olmaksızın spontan olarak doğru hatırlanmış herbir kelime için ilgili bölüme işaret konur.)

❑2

❑3

❑4

❑5

Burun ❑1	Kadife ❑1	Cami ❑1
Papatya ❑1		Mor ❑1

Toplam Puan (0-30): _____(>21 normal)

9. ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER

ADI, SOYADI: DOĞUM TARİHİ ve YERİ:	Bünyamin ÇILDIR 1984, Gaziantep
HALEN GÖREVİ: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü (Arş. Gör.) YAZIŞMA ADRESİ: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, Sıhhiye, 06100 Ankara TELEFON: 0537 975 29 69 E-MAIL: bunyamin.cildir@gmail.com	

2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2014→	Doktora	Hacettepe Üniversitesi	Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları
2013	Bilim Uzmanı	Başkent Üniversitesi	Odyoloji, Konuşma ve Ses Bozuklukları
2007	Lisans	Gaziantep Üniversitesi	Fizik Bölümü

3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
2014→	Arş. Gör.	Odyoloji	Hacettepe Üniversitesi

4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Odyoloji	Vestibüler Bozukluklar, İşitme Cihazları, Tinnitus, Akıcılık Bozukluğu.