

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

**TİNNİTUSUN DİNLEME EFORUNA ETKİSİNİN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr.Ody. Eser SENDESEN**

**Odyoloji Programı**  
**Doktora Tezi**

**ANKARA**

**2022**



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

**TİNNİTUSUN DİNLEME EFORUNA ETKİSİNİN**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr.Ody. Eser SENDESEN**

**Odyoloji Programı**

**Doktora Tezi**

**TEZ DANIŞMANI**

**DOÇ. DR. MERAL DİDEM TÜRKYILMAZ**

**İKİNCİ DANIŞMANI**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ NURHAN ERBİL**

**ANKARA**

**2022**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TİNNİTUSUN DİNLEME EFORUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**Eser SENDESEN**  
**Danışman: Doç.Dr.Meral Didem TÜRKİYILMAZ**  
**İkinci Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Nurhan ERBİL**

Bu tez çalışması 23.11.2022 tarihinde jürimiz tarafından "Odyoloji Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** *Prof.Dr.Özgür AYDIN*  
*Ankara Üniversitesi*

**Üye:** *Prof.Dr.Gonca SENNAROĞLU*  
*Hacettepe Üniversitesi*

**Üye:** *Prof.Dr.Esra YÜCEL*  
*Hacettepe Üniversitesi*

**Üye:** *Dr.Öğr.Üyesi Mehmet YARALI*  
*Hacettepe Üniversitesi*

**Üye:** *Dr.Öğr.Üyesi Asuman ALNIAÇIK*  
*Başkent Üniversitesi*

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

22 Aralık 2022

*Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN*  
**Enstitü Müdürü**

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü 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.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>

X Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>

o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

23 /12./2022

Eser SENDESEN

<sup>1</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
- Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir
- \* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## 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.

Eser SENDESEN

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca her konuda yanımda olan, her daim güler yüzü ile bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a;

Tez dönemimde ne zaman başım sıkışsa, şartlar ne olursa olsun yardımına koşan, güler yüzü ve enerjisi ile desteklerini esirgemeyen ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL'e;

Lisansüstü eğitimim boyunca bilimsel çalışmalarımız için gerekli şartların oluşmasında her daim desteğini hissettiğimiz bölüm başkanımız Prof. Dr. Gonca Sennaroğlu'na;

Çalışmamızda kullandığımız tüm bilgi ve ekipmanlarda büyük emeği olan, daima kalbimizde ve çalışmalarımız ile yaşatacağımız Doç. Dr. Süha YAĞCIOĞLU'na;

Lisansüstü eğitimimde güler yüzü ve enerjisi ile bilgi ve deneyimlerini bizden esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Esra YÜCEL'e;

Destekleri için TÜBİTAK 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı'nın oluşturulmasında emeği geçen kişi ve kurumlara;

Varlıklarıyla bana güç veren, destekleri ile beni her defasında bir adım öne taşıyan sevgili ailem Süleyman SENDESEN, Sibel SENDESEN, Esra Gül SENDESEN, Ziya Sait DÜŞÜNMEZ ve Aysel DÜŞÜNMEZ'e;

Lisansüstü eğitimimin her anına tanık olan, üzüntümü, sevincimi sorgusuz sualsiz paylaşabildiğim yegane insan, yol arkadaşım İrem SENDESEN'e;

Ve açtığı yolda, gösterdiği hedefe yürüyeceğimize and içtiğimiz; bilimsel çalışmalarımızı fikri hür, vicdanı hür bireyler olarak yapmamıza olanak sağlayan Mustafa Kemal ATATÜRK ve arkadaşlarına tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

**Sendesen, E., Tinnitusun Dinleme Eforuna Etkisinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Programı Doktora Tezi, Ankara, 2022.** Tinnituslu hastalarda dinleme eforunun değerlendirildiği önceki çalışmalarda tutarsız sonuçlar bulunmasının yanı sıra dinleme eforunu etkileyebilecek potansiyel faktörlerden biri olan yüksek frekans işitme eşikleri değerlendirilmemiştir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı bu konudaki çalışma eksikliğini ve tutarsızlığını göz önüne alarak; katılımcıların saf ses işitme eşiklerini tüm frekanslarda (0.125-20 kHz) benzer olmasını sağlayarak tinnituslu bireylerde dinleme eforunu, hem merkezi sinir sistemi üzerinden ölçen EEG ile hem de otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden ölçen pupillometri ile farklı açılardan aynı anda değerlendirip, her iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırarak bu sonuçların tinnitus ile ilişkili fizyolojik temelini araştırmaktır. Çalışmaya normal işitmeye sahip (0.125-8 kHz) tinnitus grubundan 16, kontrol grubundan 23 birey dahil edildi. Tüm katılımcıların işitme eşikleri 0.125-20 kHz aralığında değerlendirildi. Katılımcılara Montreal Bilişsel Değerlendirme testi, Görsel Analog Ölçeği, Tinnitus Engellilik Anketi, Tinnitus değerlendirme testleri, Türkçe Matris Test, Elektroensefalografi ve Pupillometri uygulandı. EEG alfa bandı genliği parietal (P3,P4,Pz) elektrotlar kullanılarak elde edildi. Çalışmamızın sonucunda taban çizgisine göre işitsel uyarının çözümleme aşamasında EEG alfa bandı genliğindeki ve pupil çapındaki artış tinnitus grubunda daha düşük elde edildi. Diğer yandan GAÖ skoru tinnitus grubunda daha yüksek düzeyde elde edilmiştir. EEG alfa bandı genliğindeki ve pupil çapındaki değişimler ile TEA ve MoCA arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir ilişki elde edilememiştir. Tinnitus grubundaki EEG alfa bandı genliğindeki artış oranının düşük görülmesi GAÖ skorunun tinnitus grubunda daha yüksek elde edilmesi tinnitus hastalarında potansiyel bir dinleme eforu lehine yorumlanmıştır. Ancak hipotezimiz ile çelişkili olarak pupil çapındaki artışın tinnitus grubunda daha düşük elde edilmesi dinleme eforundan ziyade yorulma lehine yorumlanmıştır. Bu sonucun katılımcıların tinnitustan dikkatlerini uzaklaştırmaları nedeniyle PSS'nin baskın hale gelmesiyle ilişkili olduğu ve pupillometrinin otonom sinir sistemi cevabının etkilendiği durumlarda dinleme eforunu değerlendirme açısından yeterli düzeyde sensitif bir değerlendirme sağlayamayabileceği ile ilişkili olabileceği düşündürmüştür. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz tinnitusun bireylerdeki dinleme becerilerine olan potansiyel etkisi göz önünde bulundurularak, klinisyenlerin tedavi/terapi protokollerine tinnitusla ilgili olumsuz algıyı azaltmanın yanı sıra tinnitus hastalarının günlük hayatta, özellikle gürültülü ortamlarda yaşayabilecekleri dinleme handikabını azaltmak eklenebilir. Bu çalışma, EEG ve pupillometri perspektifinden dinleme eforunu analiz eden ve işitme kaybının dinleme eforu üzerindeki olası etkisini dışlamak için 0.125-20 kHz aralığında gruplar arasında benzer işitme eşikleri sağlayan ilk çalışmadır.

**Anahtar Kelimeler:** tinnitus – dinleme eforu – elektroensefalografi – pupillometri – genişletilmiş yüksek frekans işitme eşikleri



## ABSTRACT

**Sendesen, E., Evaluation of the Effect of Tinnitus on Listening Effort, Hacettepe University Graduate School Health Sciences Audiology Program Doctor of Philosophy Thesis, Ankara, 2022.** In addition to inconsistent results in previous studies evaluating listening effort in patients with tinnitus, high frequency hearing thresholds, which is one of the potential factors that may affect listening effort, were not evaluated. For this reason, the aim of this study is to consider the lack and inconsistency of the study on this subject; By ensuring that the pure tone hearing thresholds of the participants are similar at all frequencies (0.125-20 kHz), they simultaneously evaluated the listening effort in individuals with tinnitus from different angles, both with EEG, which measures over the central nervous system, and with pupillometry, which measures over the autonomic nervous system activity. To investigate the physiological basis of these results associated with tinnitus by comparing the results. Sixteen individuals from the tinnitus group and 23 individuals from the control group with normal hearing (0.125-8 kHz) were included in the study. Hearing thresholds of all participants were evaluated in the range of 0.125-20 kHz. Montreal Cognitive Assessment test, Visual Analog Scale, Tinnitus Disability Questionnaire, Tinnitus assessment tests, Turkish Matrix Test, Electroencephalography and Pupillometry were applied to the participants. EEG alpha band was obtained using parietal (P3, P4, Pz) electrodes. As a result of our study, the increase in EEG alpha band and pupil diameter was lower in the tinnitus group during the resolution phase of the auditory stimulus compared to taban çizgisi. On the other hand, the VAS score was higher in the tinnitus group. There was no statistically significant correlation between the changes in EEG alpha band and pupil diameter and TEA and MoCA. The low rate of increase in the EEG alpha band in the tinnitus group was interpreted in favor of a potential listening effort in tinnitus patients, as the VAS score was higher in the tinnitus group. However, in contradiction with our hypothesis, the decrease in pupil diameter in the tinnitus group was interpreted in favor of phatic rather than listening effort. It has been suggested that this result may be related to the fact that the PSS becomes dominant due to the distraction of the participants from tinnitus, and that pupillometry may not provide a sufficiently sensitive assessment in terms of evaluating listening effort in cases where the autonomic nervous system response is affected. Considering the potential effect of tinnitus on listening skills in individuals, the treatment/therapy protocols of clinicians may include reducing the negative perception of tinnitus as well as reducing the listening handicap that tinnitus patients may experience in daily life, especially in noisy environments. This is the first study to analyze listening effort from the perspective of EEG and pupillometry and to provide similar hearing thresholds between groups in the 0.125-20 kHz range to exclude the possible effect of hearing loss on listening effort.

**Keywords:** tinnitus – listening effort – electroencephalography – pupillometry – extended high-frequency hearing thresholds

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
<b>1.GİRİŞ</b>	1
<b>2.GENEL BİLGİLER</b>	4
2.1.Tinnitus	4
2.1.1. Tanım ve Tarihçe	4
2.1.2. Epidemiyoloji	4
2.1.3. Tinnitus Etiyolojisi	5
2.1.4. Tinnitusun Patofizyolojisi	7
2.2. Dinleme Eforu	13
2.2.1. Dinleme Eforunun Değerlendirilmesi	21
2.2.2. Tinnituslu Bireylerde Dinleme Eforu	22
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	21
3.1. Katılımcılar	21
3.1.1. Katılımcıların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	21
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi	22
3.2.2. Tinnitus Engellilik Anketi	22
3.2.3. Görsel Analog Ölçeği	22

3.2.4. Tinnitus Değerlendirmesi	23
3.2.5. Türkçe Matris Testi	23
3.2.5. Uyararı	24
3.2.6. Objektif Değerlendirme Yöntemleri	24
3.3. İstatistiksel Analiz	26
<b>4. BULGULAR</b>	28
4.1. Katılımcıların demografik özelliklerine göre tanımlayıcı istatistikler	28
4.2. Gruplar arasındaki EEG alfa bandı genliği farkları	29
4.3. Gruplar arasındaki pupil çapı farkları	31
<b>5. TARTIŞMA</b>	34
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	42
<b>7. KAYNAKLAR</b>	44
<b>8. EKLER</b>	50
<b>EK-1:</b> Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onayı	
<b>EK-2:</b> Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi	
<b>EK-3:</b> Tinnitus Engellilik Anketi	
<b>EK-4:</b> Turnitin Orijinallik Raporu Ekran Görüntüsü	
<b>EK-5:</b> Dijital Makbuz	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	91

**SİMGELER ve KISALTMALAR**

<b>EEG</b>	Elektroensefalografi
<b>GAÖ</b>	Görsel Analog Ölçeği
<b>kHz</b>	Kilohertz
<b>MML</b>	Minimum Maskeleye Düzeyi
<b>MoCA</b>	Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi
<b>M.Ö</b>	Milattan Önce
<b>MS</b>	Multiple Sclerosis
<b>MT</b>	Matris Test
<b>PSS</b>	Parasempatik Sinir Sistemi
<b>RI</b>	Rezidüel İnhibisyon
<b>SGO</b>	Sinyal Gürültü Oranı
<b>SSS</b>	Sempatik Sinir Sistemi
<b>Std</b>	Standart Sapma
<b>TEA</b>	Tinnitus Engellilik Anketi
<b>TMT</b>	Türkçe Matris Testi
<b>yy</b>	Yüzyıl
<b>%</b>	Yüzde

## ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Dinleme Eforunu Etkileyebilecek faktörler.	15
4.1.	Grupların frekanslara göre sağ ve sol kulakların ortalama işitme eşikleri.	29
4.2.	Katılımcıların parietal elektrotlardaki (P3, P4, Pz) ortalama EEG alfa bandı genliğinin yüzdelerik değişimi.	32
4.3.	Katılımcıların parietal elektrotlardaki (P3, P4, Pz) uyarının çözümlenme aşamasında ortalama EEG alfa bandı genliğinin zamana bağlı değişimi.	32
4.4.	Gruplara göre EEG alfa bandı cevabının kafa dağılımı.	33
4.5.	Uyarının çözümlenme aşamasında ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre zamana bağlı değişimi.	34
4.6.	Uyarının çözümlenme aşamasında ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre zamana bağlı değişimi.	35

**TABLÖLAR**

<b>Tablo</b>		<b>Sayfa</b>
<b>1.1.</b>	Tinnitus ile ilişkili risk faktörleri	8
<b>4.1.</b>	Tinnitus grubunun psikosomatik değerlendirme sonuçları ve MoCA skorları.	30
<b>4.2.</b>	Grupların ortalama SGO'ları ve GAÖ skorları.	30
<b>4.3.</b>	16 kanallı %80 SGO dinleme durumunda uyarının çözümlenme aşamasında grupların EEG alfa bandı genliğinin taban çizgisine göre yüzdelik değişimini ve bu verilerin istatistiksel değerlendirmesi.	31
<b>4.4.</b>	Uyarının çözümlenme aşamasında katılımcıların ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre yüzdelik değişimi.	34

## 1. GİRİŞ

Tinnitus dışarıdan herhangi bir işitsel uyaran olmaksızın bireyler tarafından algılanan ses olarak tanımlanmaktadır. İşitme kaybı olsun veya olmasın popülasyonun tüm gruplarında görülebilen yaygın bir semptomdur (1). Literatür, tinnitusun sıklığını farklı çalışmalarda %5 ile %15 arasında değişen oranlarla tanımlamıştır (2, 3)

Tinnitus, bireylerin yaklaşık %20'sinde uyku problemlerine, huzursuzluğa ve günlük yaşam aktivitelerinin olumsuz etkilenmesine doğrudan sebep olabilmektedir (4). Bunların yanında literatürde, tinnitusun günlük hayatta bireyler üzerinde dikkat, hafıza ve konsantrasyon problemleri gibi bilişsel etkilerinin olduğunu da öne süren davranışsal çalışmalar mevcuttur (5).

Çalışma belleği üstüne yapılan çalışmalar incelenecek olursa; tinnitus ile çalışma belleği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu savunan görüşler mevcutken (6, 7) bu ilişkinin tersini savunan çalışmalar da bulunmaktadır (8, 9). Bir diğer bilişsel komponentlerden olan dikkat üstüne yapılan çalışmalarda ise tinnitus ile dikkat becerileri arasında ilişkiyi savunan görüşler (10, 11) literatürde çoğunluğu oluştururken aynı zamanda azınlık da olsa bu düşüncenin aksini savunan görüşlerin de mevcut olduğu görülmektedir (12). Fakat tinnituslu bireylerle yapılan hem çalışma belleği hem de dikkat çalışmalarına dahil edilen gruplar arasındaki işitme eşikleri farklılıklarının göz önüne alınmaması nedeniyle çelişkili sonuçlar ortaya çıkmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Dinleme eforu, zorlu dinleme koşullarında, dinleme görevini yerine getirirken karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için kullanılan bilişsel kaynakların yönetimi olarak tanımlanabilir. Dinleme eforunu meydana getiren temel anlamda iki unsur vardır. Bunlardan birincisi yerine getirilmesi gereken görevin niteliği iken, ikincisi ise bu görevi yerine getiren bireyin motivasyon durumu, işitebilirlik seviyesi, dikkat ve çalışma belleği gibi bilişsel becerileridir (13, 14). Bunlardan yola çıkarak, önceden bahsedildiği üzere tinnitusun bireylerin bilişsel becerilerine olan etkisi göz önüne alındığında, tinnitusun dinleme eforuna olan olası etkisinden söz edilebilir.

Literatürde dinleme eforunu değerlendirmek için kullanılan yöntemler subjektif, davranışsal ve fizyolojik yöntemler olmak üzere temel olarak üç farklı kategoride incelenmektedir. Fizyolojik değerlendirme yöntemlerinden biri olan pupillometride, pupil genişliğinin artmış işlem yükü sonucunda meydana gelen otonom sinir sistemi cevabı ile değiştiği düşünülmektedir (15). Yapılan çalışmalarda bireylere sunulan cümlelerin sinyal gürültü oranı (SNR) seviyesi azaldıkça bireylerdeki pupil genişliğinin arttığı gözlenmiştir (16). Bununla paralel olarak cümlelerin lingustik yapılarını değiştirerek cümle anlaşılabilirliğinin zorlaştığı durumlarda da bireylerde pupil genişliğinin arttığı gözlenmiştir (17).

Dinleme eforunu değerlendirmek için kullanılan fizyolojik yöntemlerden birisi de Elektroensefalografi (EEG)'dir. Heceler, kelimeler, cümleler gibi farklı işitsel uyarılar ile çalışma belleğinin kullanıldığı görevlerde, EEG' de alfa frekansı bandında (8-12 Hz) yer alan aktivasyonlarda artış görülmüştür (18, 19). Başka bir çalışma sonucunda ise akustik olarak bozulmuş bir sinyali anlamak için çalışma belleği kaynaklarının daha fazla kullanılmasından dolayı EEG'de yer alan alfa aktivasyonunun etkilenebileceği öne sürülmüştür (20).

Literatürde, dinleme eforu ile ilişkili pupillometri ve EEG çalışmaları incelendiğinde, pupil genişliğinin ve EEG'de yer alan alfa bandındaki aktivasyonun, görev zorluğuyla değiştiği ve daha zorlayıcı görevlerle ilişkili artan eforu yansıtabileceği ileri sürülmektedir. Bununla beraber, dinleme eforunu değerlendirme yöntemlerinden biri olan EEG, dinleme eforunu daha çok merkezi sinir sistemi aktivitesi üzerinden değerlendirirken bir diğer fizyolojik yöntem olan pupillometri, dinleme eforunu otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden değerlendirmektedir. Yapılan çalışmalarda tinnitusun hem merkezi sinir sistemi hem otonom sinir sistemi ile yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir (21, 22). Bireylerdeki dinleme eforunun ortaya çıkmasında etkili olan bu iki sistemin aynı zamanda tinnitus ile ilişkili olması tinnitüslü bireylerde dinleme eforunun gözlenebileceğini düşündürmektedir.

Tinnitusun, hem bireyler üstündeki bilişsel etkileri hem de dinleme eforunun iki önemli bileşeni olan otonom ve merkezi sinir sistemine etkisi göz önüne alındığında, tinnitüslü bireylerde dinleme eforunun ortaya çıkabileceği düşünülse de bu bireylerde dinleme eforunun artış gösterdiğine dair literatürde objektif test



yöntemiyle kanıt sunan yalnızca bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada ise tinnitusu olan ve olmayan bireylerin dinleme eforları pupillometri aracılığıyla karşılaştırılmış ve çalışmanın sonunda hipotezlerinin aksine tinnituslu hastalarda dinleme eforu değil yorulma gözlemlenmiştir. Fakat bu bulgunun dikkatli yorumlanması gerektiğini pupillometrinin tinnituslu hastalarda dinleme eforunu değerlendirmek için yeterli sensitif düzeyine sahip olamayabileceğini öne sürmüşlerdir (23). Dinleme eforunu objektif bir yöntemle değerlendiren bu çalışmaya ek olarak, literatürde tinnitus hastalarında dinleme eforunu subjektif yöntemlerle değerlendiren çalışmalar mevcuttur (24, 25). Dinleme eforunun çift görev paradigmasıyla değerlendirildiği bu çalışmada, tinnitus hastalarının kontrol grubuna göre dinleme durumunda daha fazla efor sarf ettiği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla literatür incelendiğinde tinnituslu hastalarda dinleme durumunda farklılık gözlenmiştir. Ancak bu farklılık pupillometri ile yorulma lehine, çift görev paradigması ile de efor lehine yorumlanmıştır. Literatürde dinleme eforunun hem otonom sinir sistemi hem de merkezi sinir sistemi aktivitesi üzerinden farklı açılardan değerlendirilebildiği bilinmektedir (26-28). Şu ana kadar yapılan çalışmaların sonucunda çelişkili sonuçlar elde edildiği göz önüne alınırsa bu konuda literatürün farklı perspektiflerden objektif test yöntemleri ile desteklenmeye ihtiyacı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bahsedilen bu çalışmalarda katılımcılarda genişletilmiş yüksek frekans (8-20 kHz) değerlendirilmemiştir. Yüksek frekanslı işitme eşiklerinin, özellikle gürültüde, bireylerin konuşmayı anlama becerisi üzerindeki etkisi önceki çalışmalarda gösterilmiştir (29, 30). Dolayısıyla bu frekans aralığındaki işitme eşikleri dinleme eforunu etkileyebilecek potansiyel nedenlerden olabilir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı bu konudaki çalışma eksikliğini ve tutarsızlığını göz önüne alarak; katılımcıların saf ses işitme eşiklerini tüm frekanslarda (0.125-20 kHz) benzer olmasını sağlayarak tinnitusun dinleme eforuna olan etkisini, hem merkezi sinir sistemi üzerinden ölçen EEG ile hem de otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden ölçen pupillometri ile farklı açılardan aynı anda değerlendirip, her iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırarak bu sonuçların tinnitus ile ilişkili fizyolojik temelini araştırmaktır.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda çalışmanın hipotezleri aşağıda belirtilmiştir:

**Hipotez 1:**

**H<sub>0</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarının çözümlenme aşamasında pupil çapı büyüklüğü sağlıklı bireylerden fark göstermemektedir.

**H<sub>a</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarının çözümlenme aşamasında pupil çapı büyüklüğü sağlıklı bireylerden fark göstermektedir.

**Hipotez 2:**

**H<sub>0</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarının çözümlenme aşamasında EEG alfa bandı genliği sağlıklı bireylerden fark göstermemektedir.

**H<sub>a</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarının çözümlenme aşamasında EEG alfa bandı genliği sağlıklı bireylerden fark göstermektedir.

**Hipotez 3:**

**H<sub>0</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarın sunumu esnasında ortaya çıkan dinleme eforu sağlıklı bireylerden fark göstermemektedir.

**H<sub>a</sub>:** Tinnituslu bireylerde işitsel uyarın sunumu esnasında ortaya çıkan dinleme eforu sağlıklı bireylerden yüksektir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1.Tinnitus

#### 2.1.1. Tanım ve Tarihçe

Tinnitus, dışarıdan herhangi bir akustik uyaran olmadan bireyin kulaklarından veya başının içerisinden seslerin algısı olarak tanımlanabilir. Anlamı çınlamak/çalmak olan latince ‘tinnire’ kelimesinden türemiştir (31). Tinnitus bir patolojiden ziyade bireylerin yaşam kalitesini oldukça olumsuz etkileyen bir semptomdur. Bu nedenle tinnitus bireylerde çeşitli ruhsal problemler görülmesine yol açabilmektedir (31).

Tinnitusla ilgili ilk yazılı kaynaklar M.Ö. 16. yy.’de Mısır papirüslerinde yer almaktadır. Bu dönemde tinnitusun, tanrıların veya kötü ruhların kişilere herhangi bir hatasından dolayı kızdığı için ortaya çıktığı düşünülmüştür. Bu durumun geçmesi için adak ve kurbanlar kesilmiştir (32). Yine 16. yy’ye dayanan Eski Yunan kaynaklarında Celsus, işitme kaybı ile tinnitus arasında bir bağlantı olabileceğini belirtmiştir (32, 33). 16. yy’dan sonra her hastalığın bir tıbbi nedeni olabileceği düşünülmüştür ve bu doğrultuda tedavi yöntemleri denenmiştir. Örneğin bu dönemde tinnitus kafanın içinde sıkışan havanın çıkardığı ses olarak tanımlandığı için tedavisinde hastaların kafatasına hava deliği açılmıştır. Fakat bu durum birçok hastanın kaybıyla sonuçlanmıştır. 17. yy’da Du Verney tinnitusun beyin ile ilgili bir problem kaynaklı ortaya çıkabileceğini düşünmüştür. Bu bilim insanı ise hastalarını yüksek ses kullanarak tedavi etmeye çalışmıştır. Ayrıca Rivinus ve Cotugno ise 18. yy.’da orta kulak kaslarının kasılması ve östaki borusunun orta kulağı yeterince havalandıramaması nedeniyle tinnitusun meydana gelebileceğini ileri sürmüştür (32, 33). 19. yy.’da ise maskelemeyle ilgili ilk yöntemler ve elektroterapi kullanılmaya başlanmıştır (33).

#### 2.1.2. Epidemiyoloji

Tinnitusun prevalansına, insidansına, görülme yaşına ve cinsiyetine ilişkin literatürde birçok epidemiyolojik araştırma bulunmaktadır. Brezilya’da yapılan bir çalışmaya göre prevalansı % 22 olarak bulunmuştur (34). Amerika Birleşik

Devletleri'nde yapılan bir çalışmaya göre ise tinnitus insidansı % 12.7 bulunmuştur (35). İngiltere'de 503.325 birey ile yürütülen çalışmaya göre ise yaş aralığı 40-69 olan bireylerde tinnitusun görülme sıklığı % 16.2 olarak raporlanmıştır (36). Tinnitusun prevalansına ilişkin Çin (% 14.5), Nijerya (% 14.5) ve Japonya (% 11.9) gibi ülkelerde yapılan araştırmalarda da benzer oranlar elde edilmiştir (3, 37, 38). 875 makalenin incelendiği bir sistematik derleme çalışmasına göre ise tinnitus prevalansı % 5.1 ile % 42.7 arasında bulunmuştur (39). Ülkemizde tinnitusun epidemiyolojik bulgularına yönelik araştırma literatürde yeterli değildir. Kayseri ilinde sağlık ocaklarına başvuru yapan 879 kişi ile yapılan epidemiyoloji çalışmasında tinnitusun prevalansı % 32.9 olarak bulunmuştur (40).

Tinnitus görülme sıklığı ile tüketim alışkanlıkları arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada ise sigara ve alkol kullanımının, obezitenin (vücut kitle endeksi>30 kg/m<sup>2</sup>) ve kafein alımının tinnitus görülme sıklığını artırdığı ileri sürülmüştür (41).

Ayrıca yapılan epidemiyoloji çalışmalarına bakıldığında tinnitusun sıklığı yaş ile birlikte artmakta olduğu göze çarpmaktadır. İngiltere'de yapılan bir çalışmada, tinnituslu bireylerin % 21'inin 18-24 yaş arasında, % 39'unun ise 55-64 yaş arasında olduğu bildirilmiştir (42).

Cinsiyetin tinnitus prevalansı üzerine etkisine dair literatürde farklı görüşler mevcuttur. Bu çalışmaların birinde katılımcıların yaşı arttıkça tinnitus görülme sıklığının arttığı, erkeklerde tinnitus görülme sıklığının daha yüksek olduğu ileri sürülmüştür (35). Başka bir çalışmada ise kadınlarda tinnitus görülme oranı % 26 iken erkeklerde % 17 olarak görülmüştür (34).

### **2.1.3. Tinnitus Etiyolojisi**

#### **Objektif Tinnitus**

Objektif tinnitus yalnızca hasta tarafından değil aynı zamanda stateskop gibi bir araçla veya herhangi bir araca gerek olmaksızın başka bir birey tarafından duyulabilen tinnitus türüdür (43). Objektif pulsatil tinnitus genellikle dural arteriovenöz fistül, glomus tümörü, venöz uğultu gibi birçok vasküler patoloji sonucunda ortaya çıkabilmektedir (44). Paraganglioma, karotis bifurkasyonunda,

juguler bulbusta veya timpanik arterlerde yer alan paraganglia hücrelerinden kaynaklanan vasküler bir neoplazmdı. Venöz uğultu ise juguler bulbus dehissansı, sistemik hipertansiyon veya artmış intrakraniyal basınç sonucunda meydana gelebilir (43).

Objektif muskuler tinnitus ise orta kulakta yer alan tensor tympani veya stapedius kaslarının spazmı sonucunda ortaya çıkabilir (44). Multiple skleroz (MS) veya nöropati gibi bir nörolojik rahatsızlık sonucunda ortaya çıkan palatal kaslarının myoklonusu da 'klik' şeklinde ortaya çıkan seslerin kaynağı olabilir (43). Östaki tüpünün disfonksiyonu da nefes alıp verme ile senkronize bir objektif tinnitusa neden olabilmektedir (44).

### **Subjektif Tinnitus**

İşitme kaybı ile tinnitus arasında yakın bir ilişki olabileceği düşünülmektedir (11). Graham yaptığı çalışmada tinnitusun retrokoklear patolojilere göre koklear patolojilerde daha yaygın olduğunu belirtmiştir (12). Tinnitusun yaygınlığı ve şiddeti, işitme kaybının derecesi ile korelasyon göstermekle birlikte işitmenin tamamıyla yok olması durumunda da bireylerin şiddetli tinnitus şikayetlerinin devam ettiği bildirilmiştir (11). Spoendlin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ani işitme kaybı hikayesi olan bireylerin yarısında, presbiakuzili bireylerin yaklaşık %70'inde, ototoksisite hikayesi olan bireylerin %30 – 90'ında, kronik akustik travmaya maruz kalanların %50 – 90'ında ve Meniere hastalarının tamamında tinnitus hikayesinin mevcut olduğunu tespit etmiştir (13). Stouffer ve Tyler yaptıkları çalışmada, tinnitus hikayesi olan bireylerin büyük bir bölümünde etiyolojinin tespit edilemediğini, gürültüye bağlı işitme kaybının tinnitus etiyolojisinde ikinci sırada yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca tinnituslu bireylerin 1- 4 kHz arasında işitme kaybı olanların tüm tinnituslu bireylerin yaklaşık %18'ini oluşturduğu ortaya koyulmuştur (14).

**Tablo 1.1.** Tinnitus ile ilişkili risk faktörleri (41)

<b>Otolojik Etkenler</b>	İşitme kaybı, gürültü maruziyeti, enfeksiyonlar, neoplazmlar, meniere hastalığı
<b>Nörolojik Etkenler</b>	Menenjit, migren, epilepsi
<b>Travmatik Etkenler</b>	Baş ve boyun yaralanmaları, akustik travma
<b>Eşlik Eden Diğer Tıbbi Etkenler</b>	Hipertansiyon, diyabet, romatoid artrit
<b>Psikolojik Etkenler</b>	Anksiyete, depresyon
<b>Günlük Alışkanlıklar</b>	Sigara ve alkol tüketimi, obezite, kafein alımı
<b>Ototoksik Etkenler</b>	Antibiyotikler, non steroid al antiinflamatuvar ilaçlar, antineoplastik ilaçlar

#### 2.1.4. Tinnitus Patofizyolojisi

Tinnitusun patofizyolojisi hakkında henüz bir fikir birliğine varılamamıştır. Fakat temel anlamda tinnitus patofizyolojisinin işitsel sistemdeki anatomik ve/veya fonksiyonel değişiklikler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. İşitme sistemi, bulundurduğu afferent ve efferent yollarla birlikte, birçok santral nukleusu kapsayan karmaşık bir yapıdır. Bu karmaşık yapı nedeniyle tinnitus patofizyolojisi ile ilişkili birçok teori bulunmaktadır. Bu teorilerin bir kısmı bireylerde meydana gelen iç kulak hasarı ile ilişkili iken bir kısmı ise diğer duyuşsal nöron ağlarının işitme sistemini etkilemesi sonucunda tinnitusun meydana geldiğini savunur. Diğer yandan tüm bu teorileri tek bir çatı altında toplayıp beyinde daha üst merkezler ile ilişkilendiren teoriler de bulunmaktadır.

## Uyumsuzluk Teorisi

Bireylerde işitme kaybı durumunda işitme kaybından en fazla etkilenen frekans aralıklarında iç ve dış tüy hücreleri zarar görmüştür. Fakat işitme kaybı konfigürasyonu ele alınacak olursa işitme kaybının başladığı frekans aralığında dış tüy hücreleri zarar görmüşken iç tüy hücreleri henüz zarar görmemiştir. Jastreboff'a göre bu durum iç tüy hücrelerle sinaps yapan afferent Tip 1 sinir fibrilleri ile dış tüy hücrelerle sinaps yapan efferent Tip 2 sinir fibrilleri arasında uyumsuz aktivite oluşturur. Bunun sonucunda işitme kaybının başladığı frekans aralığında afferent lifler efferent liflere göre daha baskın olacağı için bu teoriye göre tinnitus algısı bu frekans aralığında ortaya çıkacaktır (45, 46). Nitekim bu teoriyi destekleyip tinnitusun işitme kaybının başladığı frekans aralığında ortaya çıktığına dair yapılan çalışmalar literatürde yer almaktadır (47). Fakat aynı zamanda bu görüşün tersini savunan çalışmalar da mevcuttur (48). Sonuç olarak tinnitusun işitme kaybının başladığı frekans ile eşleşmesi genelde beklenen bir durum olabilir fakat şu aşamada bu durumun sürekli olarak gözlenmesi söz konusu değildir.

## Spontan Aktivitedeki Değişim

Nöral aktivite değişiklikleri sonucunda tinnitusun meydana gelebildiği düşünülse de herhangi bir ses uyarını olmaksızın işitsel sinirde hali hazırda sürekli olarak devam eden bir elektriksel aktivite olduğu unutulmamalıdır. Bu aktiviteye deneysel çalışmalarda spontan ateşleme hızı adı verilir. Tinnitusun kaynağını sorgulayan hayvan araştırmalarında deneklerde gürültü maruziyeti, salisilat kullanımı gibi kokleada hasar yaratan işlemler uygulandığında işitsel yollarda, özellikle dorsal koklear nukleus, ventral koklear nukleus, inferior kollikulus gibi alanlarda mevcut spontan ateşleme hızının arttığı görülmüştür (49). Bu ateşleme hızının artışının tinnitus ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Hatta yapılan çalışmalarda işitsel yollarda görülen bu spontan aktivite hız artışının yanı sıra stres cevabının oluşmasında önemli bir rol oynayan limbik sistemin bir parçası amigdalada da nöral aktivite artışı olduğu gözlenmiştir (50).

Koklear hasar sonrası işitsel sinirde azalan aktiviteyi takiben daha üst merkezlerde spontan aktivite artışının en önemli nedeninin homeostaz

mekanizmasının olduğu düşünülmüştür (49). Homeostaz mekanizması belirli bir sistem içinde dengenin korunmasını hedefler. Kokleanin hasarı sonucunda santral işitsel sistemin ilk basamaklarında meydana gelen işitsel aktivite azalması bu mekanizmaya göre kompanse edilmek durumundadır. Bu kompensasyon mekanizması sonucunda işitsel yolların üst merkezlerinde aktivite artışı meydana gelir ve normal şartlarda sinaps yapmayacak yolların da sisteme dahil olmasıyla tinnitus çok daha kompleks bir hale bürünür (51).

### **İşitme Sisteminde Anormal Senkronizasyon**

Başka bir bakış açısına göre tinnitus yalnızca işitsel sistemdeki spontan aktivite miktarının artışı ile değil bu aktivitedeki senkronizasyon varlığı ile ortaya çıkabilir. İşitme sisteminde spontan aktivite tamamen rastgele bir düzende seyrettiği durumlarda işitsel bir algı ortaya çıkmazken bu aktivite ancak senkronize bir şekilde gerçekleştiği durumlarda işitsel algı meydana gelir (49). Eggermont tinnitüsü hipersenkronizasyon bozukluğu olarak tanımlar. Spontan aktivitenin senkronize hale gelebilmesi için de söz konusu spontan aktivitenin olağan dışı artması veya işitme sisteminde yer alan frekans alanlarda reorganizasyonun gerekli olduğunu savunur. Bu iki etkenden birisinin olmaması durumunda tinnitus algısının işitsel sistemde meydana gelemeyeceğini öne sürmüştür (52).

Bu duruma örnek olarak talamus ile korteks arasındaki ilişkinin bozulmasıyla ortaya çıkan talamo-kortikal disritmi verilebilir. Normal işiten bireyler bu iki bölge birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışırken işitme kaybı durumunda talamustaki afferent girdinin azalmasıyla birlikte bu iki bölge arasındaki uyum bozulur. Bu olayı takiben normalde işitsel bir algı meydana geldiğinde belirginleşen gamma aralığındaki (>30 kHz) spontan aktivite senkronize bir şekilde artış gösterir ve bunun sonucunda tinnitus algısı meydana gelir (53).

### **Kortikal Tonotopik Reorganizasyon**

Koklea hasarıyla birlikte merkezi işitsel sistemde bir takım değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler sonucunda işitme kaybının olduğu bölge içerisindeki frekanslarla ilgili zaman ve frekans çözünürlüğünde farklılıklar meydana gelebilir. Bu farklılıkların fizyolojik temelini, işitme kaybının olduğu bölgedeki frekansların



primer işitsel kortekste temsil edildiği tonotopik organizasyondaki plastik değişiklik olduğu kabul edilir (54). Basitçe anlatmak gerekirse, işitsel sistem, daha iyi işitsel eşiklerin kaldığı frekansları kullanmak için nöral kaynaklarını toplar. Böylece, 2 kHz'in üzerinde önemli bir işitme kaybı olan bir hayvanda, 2 kHz'in üzerindeki frekanslara çok az nöral kaynak ayrılırken, daha düşük frekanslarda normal işitme durumundan bile daha fazla nöral kaynak ayrılır (55). Primer işitsel korteksin bu modifikasyonu başlangıçta tartışmalı olan, ancak şimdi modern sinirbilim için temel bir kavram olan plastisite ile sonuçlanır.

Salvi ve arkadaşları, koklear hasarı takiben işitsel sistemde meydana gelen reorganizasyon sonucunda tinnitusun meydana geldiğini savunan bir teori öne sürmüştür (56). Diğer duyuşsal hasarlar sonucunda da olduğu gibi hayali bir işitsel algının ortaya çıkabileceğini belirterek, tinnitus'u da işitsel bir illüzyon olarak kabul etmişlerdir. Nitekim işitsel korteksin reorganizasyonu mükemmel bir şekilde gerçekleşmeyerek spontan aktivite alanlarında değişimlere yol açabilir. Eggermont (2010), reorganizasyon sonucunda meydana gelen spontan aktivite farklılıklarının daha sonra senkronize bir şekilde gerçekleşip işitsel bir algıya neden olabileceğini belirtmiştir (49).

### **İşitsel Efferent Sistem**

Efferent sistem temel olarak rostral efferent sistem ve caudal efferent sistem olmak üzere ikiye ayrılır. Rostral efferent sistem kortikal merkezlerden köken alır ve sinir lifleri talamusa beyinsapının rostral bölgesinde yer alan nukleuslara ve inferior kollikulusa projeksiyon gönderir (57) Caudal efferent sistem ise içerisinde superior olivary kompleksten köken alıp koklear tüy hücrelerine projeksiyon gönderen olivokoklear bandı bulundurur (57). İşitsel sistem ile ilgili birçok çalışma caudal efferent sistem üzerinde yoğunlaşmıştır. Caudal efferent sistem ile tinnitus ilişkisi temel olarak efferent sistemin koklear tüy hücreleri üzerindeki inhibisyon etkisinin kalkması sonucunda tinnitusun meydana geldiği ilkesine dayanır. Bu zamana kadar konu ile ilgili yapılan kontralateral supresyon çalışmalarında caudal efferent sistem ile tinnitus arasında güçlü bir ilişki bulunamamıştır (58, 59). Fakat bu ilişkinin belirgin bir şekilde bulunamaması çalışmalara dahil edilen tinnituslu bireylerin etiolojisinin çok değişken olmasına bağlanmıştır (59).

Eggermont (2000), tinnitusun genellikle stres ile birlikte arttığını ve biofeedback teknikleriyle azaldığını göz önüne alarak rostral efferent sistemin tinnitus algısında bir rol oynayabileceğini öne sürmüştür (60). Rostral efferent sistem beyin sapındaki retiküler formasyon ile yakından bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Hazell ve Jastreboff , retiküler formasyon ile olan bu bağlantıların tinnitusun bireylerde oluşturduğu duygusal rahatsızlık etkisini açıklayabileceğini öne sürmüştür (61). Jastreboff ve Hazell ayrıca rostral efferent sistemin önceden var olan tinnitus algısını değiştirebileceğini savunmuştur (62). Fakat yine de tüm bu düşünceleri doğrudan kanıtlayan bir çalışma henüz mevcut değildir.

### **Somatik Modülasyon**

Bazı tinnituslu bireylerin çenelerini sıkma, derilerini uyarma gibi somatik görevleri yerine getirirken tinnitus algılarının farklılaştığı görülmüştür (63, 64). Levine, tinnitus şikayeti ile kliniğe başvuran hastalardan bir takım baş ve boyun hareketleri yapımlarını isteyerek bu fenomeni araştırmıştır. Araştırması sonunda bu hastaların % 68'inde baş veya boyun hareketlerini takiben tinnitus şiddetinin veya frekans algısının değişebileceğini gözlemlemiştir. Ayrıca unilateral tinnitus hastalarında bu duruma rastlanma sıklığının daha fazla olduğu görülmüştür. Bazı hastalardan ayrıca belirli ekstremiteler hareketlerinin yapılması istenmiştir ancak bu hareketlerin baş ve boyun hareketleri gibi tinnitusu etkilemediği görülmüştür. Bu bulgular, somatik inputların medüller somatosensör nükleusu aktive ederek ipsilateral dorsal koklear nükleus aktivitesini etkileyebileceğini göstermiştir. Medüller somatosensör nükleus ile dorsal koklear nükleus arasındaki bu ilişkinin kedilerde kulak hareketleri ile birlikte ses lokalizasyonunun değişmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir (65). Bununla birlikte insanlarda bu ilişkiye dair yapılan çalışmaların odak noktası daha çok trigeminal sinir olmasına rağmen henüz kedilerdeki kadar net bir kanıt elde edilememiştir. Somatik girdilerin tinnitusu modüle edebilmesi bu durumun tinnitus tedavisinde gelecekte kullanılabileceği olasılığını da güçlendirmektedir.

### **Efaptik İletişim**

Efaptik iletişim, daha önceden uyarılmış olan bir hücre zarının uyarılmamış bir hücre zarına temas ederek o hücreyi uyarmasına dayanan bir olaydır. İmpulslar normal şartlarda işitsel sinir lifleri boyunca komşu lifleri uyarmadan iletilir. Bununla birlikte, bazı durumlarda bu yalıtım bozulup impulslar ilgili sinir liflerinin dışına yayılıp komşu sinir liflere etkilemeye başlar. Bu fenomen özellikle hemifasiyal spazm ve trigeminal nevralji ile ilişkilendirilmiştir. Bu patolojilere fasiyal ve trigeminal sinirlere baskı yapan kan damarlarının neden olduğu öne sürülmüştür (66). Tedavisinde ise bası yapan bu damarların sinirlerden ayrılması sonucunda semptomların kontrol altına alındığı görülmüştür. Møller, bunun sekizinci kranial sinir için de geçerli olabileceğini ve kan damarlarından veya vestibüler schwannoma gibi tümörlerden gelen basıncın nöral aktiviteyi artırabileceğini ve bunun sonucunda tinnitusun meydana gelebileceğini öne sürmüştür (66). Eggermont da vestibüler schwannom gibi yer kaplayan bir lezyonun işitsel sinirin miyelin kılıfının bozulmasına neden olup nöronal aktiviteyi etkileyerek tinnitusa neden olabileceğini öne sürmüştür (67). Fakat bu hipotezin yalnızca belirli patolojiler sonucunda ortaya çıkan tinnitus ile ilişkili olduğu, bu hipotezin tüm tinnitus hastaları için genel bir kanı oluşturamayacağı düşünülmektedir.

### **Stokastik Rezonans**

Stokastik rezonans, herhangi bir işitsel uyarının vücut içerisinde ilgili işitme sisteminin algılayamayacağı kadar zayıf olduğu durumlarda ortaya çıkan bir olgudur. Belirli durumlarda, bu zayıf işitsel uyarının işitsel sistemdeki gürültü ile rezonansa girmesi sonucunda şiddeti artabilmekte ve böylece işitme sistemi tarafından algılanabilir hale gelebilmektedir. Özellikle hayvanlarda sıklıkla rastlanan bu durum tehlike durumlarında normalde fark edilemeyecek kadar zayıf olan duyuşsal uyarınları algılamanın bir aracı olarak kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda ise bu olgunun aynı zamanda işitsel sinir tarafından rastgele üretilen spontan aktivitenin stokastik rezonans aracılığıyla tinnitus ile sonuçlanmasına neden olabileceği öne sürülmüştür (68, 69).

### **Nörofizyolojik Teori**

Bu teoriye göre tinnitusun yalnızca işitme sistemi ile ilgili değil aynı zamanda limbik sistem, otonom sinir sistemi gibi beyinde doğrudan işitsel olmayan yollar ile ilişkili olabileceği öne sürülmektedir (68). Tinnitusun ortaya çıkmasına işitme kaybı, servikal problemler, kardiyovasküler problemler gibi birçok neden olabilir. Fakat bu problemlerin etkisi daha çok beyinsapı düzeyinde gözlenir (70). Bu etkenler nedeniyle birçok bireyde tinnitus gözlenirken bazı bireylerde tinnitus çok rahatsız edici bir hal alırken bazı bireylerde ise tinnitus rahatsız edici bir semptom olarak algılanmaz. Bu farklılığın nedeninin yalnızca beyinsapındaki aktivite değişikliği ile açıklanamayacağı kortikal alanların da bir etkisinin olabileceği öne sürülmektedir (70).

Dışarıdan herhangi bir işitsel uyaran olmadığı durumlarda bile işitme sinirinde sürekli devam eden bir aktivite mevcuttur. Bu aktivitenin işitme sistemi tarafından bir algıya dönüşmesi özellikle sessiz ortamlarda görülmektedir. Bu aktivitenin algısal boyutunu bireyler genelde sessizliğin sesi olarak adlandırmaktadır. Bu ses normal şartlarda limbik sistem tarafından (özellikle *amigdala* ve *medial genikulat body*) tarafından filtrelenir ve birçok insan özellikle bu sese dikkatini vermediği sürece bu sesi algılamaz (68).

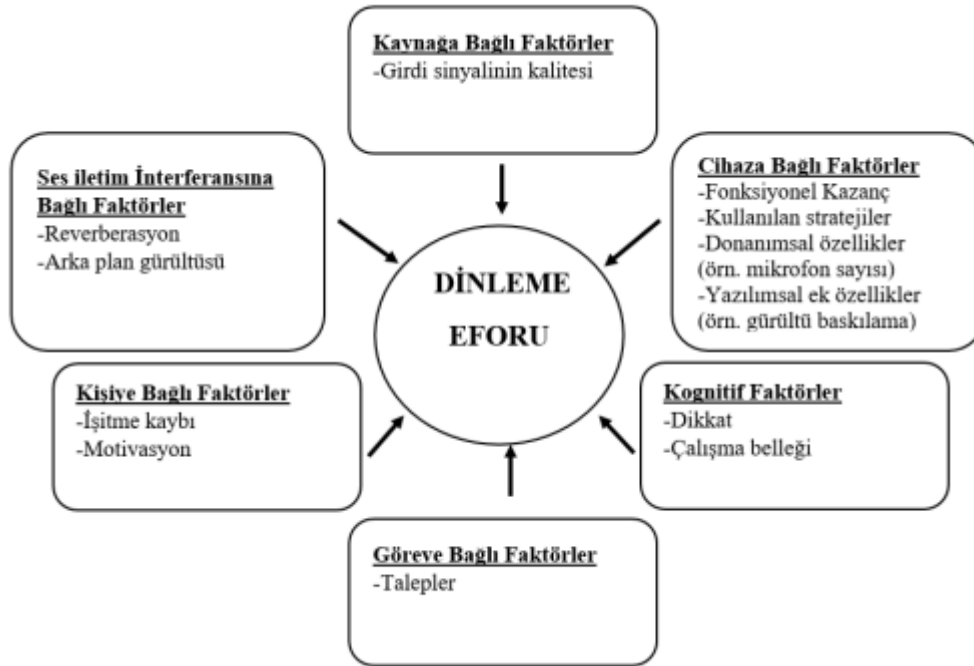
Tinnitusun da farklı mekanizmalar aracılığıyla bir şekilde özellikle beyinsapındaki aktivite değişiklikler sonucunda ortaya çıkan bir duyuşsal algı olduğu düşünülürse, bu algının bazı bireyler tarafından rahatsız edici bazı bireyler tarafından ise önemsiz bir ses olarak sınıflandırılmasına neden olan etken nörofizyolojik teoriye göre limbik sistemin filtreleme mekanizmasıdır. Bu teoriye göre tinnitus algısının rahatsız edici boyutlara ulaşmasının ve bunun sonucunda tinnitus nedeniyle bireylerin hastaneye başvurmasının en önemli nedeni limbik sistemin filtreleme mekanizmasının normal bir şekilde çalışmamasıdır (68).

## 2.2. Dinleme Eforu

İşitme dünyaya periferik organların yardımıyla erişime olanak sağlayan pasif bir işlevken dinleme, bilişsel efor gerektiren işitme duyusunu belirli bir amaç uğruna kullanan ve gerektiğinde belirli noktalara dikkat gerektiren süreçleri içerisinde bulunduran dinamik bir süreçtir. Efor ise temel olarak bir amaç uğruna mental veya

fiziksel güç harcama olarak tanımlanabilir. Dinleme eforunu ise bu tanımlardan yola çıkarak ‘işitsel uyarıyı anlamak için verilen dikkat ve gerekli efor’ olarak tanımlayabiliriz. Dinleme eforunun bu konu ile ilgili otoriteler çerçevesinde henüz bir kesin tanımı yapılmamıştır. Fakat yukarıda verilen tanımı biraz daha açmak gerekirse; dinleme eforu, zorlu dinleme koşullarında dinlenilmesi istenen spesifik işitsel uyarı için kullanılması gereken bilişsel kaynakların miktarı olarak tanımlanabilir.

Konuşmayı anlamak için gerekli efor her koşulda aynı değildir. Dinleme eforunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Örnek vermek gerekirse, dinleme için efor gösterilen işitsel uyarı içeriğinin frekans, şiddet veya zamansal özellikleri açısından bozuk olduğu durumlar veya dinleme eyleminin gerçekleştiği alanın işitsel uyarının anlaşılmasını daha güç kıldığı durumlar (reverberasyonlu veya gürültülü ortamlar gibi) veya bireyin dinleme becerisi için gerekli süreçlerdeki herhangi bir sorun (işitme kaybı, işitme cihazı/koklear implant kullanımı, hafıza veya çalışma belleği sorunlar gibi) dinleme için gerekli efor miktarını doğrudan etkileyebilmektedir (71, 72). Dinleme eforunu etkileyebilecek bazı faktörler Şekil 1.1.’de özetlenmiştir (73).



Şekil 1.1. Dinleme Eforunu Etkileyebilecek faktörler (73).

### **2.2.1. Dinleme Eforunun Değerlendirilmesi**

Rutin klinik uygulamalarında kullanılan odyolojik testler bazı durumlarda bireylerin şikayetlerini tam olarak yansıtamamaktadır. Örneğin, kliniğe konuşmayı anlamada zorluk şikayeti ile başvuran bir hastaya gürültüde ve sessiz ortamda yapılan konuşmayı anlama testlerinde standardın dışında herhangi bir sonucun elde edilemediği durumlar ile sıklıkla karşılaşabilmektedir. Fakat bu değerlendirme yöntemlerinin normal sınırlar içerisinde sonuç vermesi bu şikayet ile kliniğe başvuran hastanın yanıltığı anlamına gelmemektedir. Bu tür şikayetler ile kliniğe başvuran hastalarda konuşmayı dinleme eforunun ne düzeyde olduğunun değerlendirilmesi hastanın sorununun tanısında ve rehabilitasyon yöntemlerinde önem arz etmektedir. Fakat dinleme eforunu değerlendirmek adına henüz standart bir yöntem bulunmamaktadır. Şu aşamada kullanılan değerlendirme yöntemleri ise subjektif değerlendirme yöntemleri, fizyolojik değerlendirme yöntemleri ve davranışsal değerlendirme yöntemleri olmak üzere üç farklı kategoride incelenebilir.

#### **Subjektif Değerlendirme Yöntemleri**

Dinleme eforunu subjektif olarak değerlendirme yöntemlerinin temelinde bireyler tarafından doldurulan belirli anketler bulunur. Bu anketlerin bir kısmı yalnızca dinleme eforunu değerlendiren tek boyutlu anketlerden oluşmakla birlikte aynı zamanda dinleme eforu ile ilişkili alt alanların (iş yükü, mental efor, stres, görev zorluğu gibi) değerlendirmesine olanak sağlayan çok boyutlu anketlerde mevcuttur. İşitme cihazı kullanımı sonrası bireylerdeki dinleme eforunun nasıl etkilendiğine dair yapılan bir araştırmada dinleme eforunu değerlendirmek için Konuşma, Uzaysal Algı ve İşitme Kalitesi Ölçeği'nin içerisinde bulunan dinleme eforuna ilişkin sorulardan oluşturulan bir anket kullanılmıştır. Böylece kapsamlı bir anket içerisinde yer alan sorulardan oluşan daha spesifik bir durumu değerlendirmeye olanak sağlayan bir anket geliştirilmiştir.

Dinleme eforunu subjektif değerlendiren yöntemlerin maliyeti düşük olmakla birlikte hızlı ve kolay bir şekilde uygulanması önemli bir avantajdır. Bu yöntemler bireylerin sarf ettikleri efor hakkında kendi algı biçimlerini yansıtarak dinleme eforunu değerlendiren davranışsal veya fizyolojik değerlendirme yöntemlerinden

farklı bir boyut hakkında bilgi verebilmektedir. Fakat bu yöntemlerin avantajlarının yanında bazı sınırlılıkları da mevcuttur. Sübjektif değerlendirme yöntemlerinin dinleme eforunu değerlendirme açısından yeterince hassas olmadığını savunan çalışmalar da mevcuttur (74). Bunun yanında bu ölçüm yöntemlerinin bütünüyle sübjektif olması nedeniyle iki bireyin aynı eforu farklı algılaması nedeniyle sonuçların güvenilir her zaman güvenilir olamayabileceği belirtilmiştir. Örneğin yapılan bir çalışmada yaşlı bireylerin işitme performansının daha kötü olmasına rağmen sübjektif değerlendirmeye göre sarf etkileri eforun gençlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumu araştırmacılar yaşlı bireylerin gençlere göre sarf ettikleri eforu daha hafife alma eğiliminde olmaları nedeniyle açıklamışlardır (75). Bu nedenler doğrultusunda sübjektif değerlendirme yöntemlerini kullanırken bu yöntemlerin avantajlarını ve sınırlılıklarını göz önüne alındıktan sonra uygulamanın daha doğru olduğu düşünülmektedir.

### **Davranışsal Değerlendirme Yöntemleri**

Bu değerlendirme yöntemlerinde dinleme sırasında verilen görevler aracılığıyla dinleme eforu değerlendirilmektedir. Bu yöntemde dinleme görevi sırasında meydana gelen dinleme eforu seviyesinin artması veya azalması sonucunda bireylere verilen davranışsal görev performansındaki değişim değerlendirilir. Görev performansındaki değişim ise deney içerisinde katılımcıya verilen davranışsal görevin yapılma hızı veya doğruluğu aracılığıyla değerlendirilmektedir. Dinleme eforunun davranışsal değerlendirme yöntemleri, davranışsal testlerin (gürültüde konuşmayı anlama testi gibi) tek veya ikili görev paradigmaları ile gerçekleştirmesi ilkesine dayanarak yürütülmektedir.

Tek görev paradigması ile dinleme eforunu değerlendirmek için dinlenen kelime serilerini tekrar etme gibi doğrudan dinleme becerisi ile ilişkili ek bir görev verilmelidir. Örnek olarak katılımcının dinleme eforu, sunulan kelime serisi dinlenildikten sonra katılımcının tekrar etmeye başlama süresi arasındaki zaman farkı hesaplanarak değerlendirilebilir. Örnekte de görüldüğü gibi tek görev paradigmasında katılımcıya dinleme becerisi ile doğrudan ilişkili tek bir görev verilmektedir. Bu değerlendirme yöntemindeki temel mantık, dinleme eforu arttıkça

katılımcıların dinleme becerisi ile ilişkili görevleri (sunulan kelime serisini tekrar etme süresi gibi) yerine getirmekte zorlanması üstüne kurulmuştur (76).

İkili görev paradigması ise katılımcının iki farklı görevi aynı anda veya sırayla yapmasıyla uygulanır. Bu paradigmada primer görev dinleme eforu çalışmalarında genellikle bir dinleme görevi (gürültüde konuşmayı anlama gibi) iken sekonder görev ise primer göreve ayrılan kaynaklardan kalan sınırlı kaynak için rekabet eden görevdir. Bu görev ise genelde dinleme eforu çalışmalarında karşımıza çok çeşit ile çıkabilmektedir. Görsel olarak sunulan sayı dizisini hatırlama, taktik patern hatırlama, başka bir duyuşsal uyarana geldiğinde bu uyarana karşı oluşan reaksiyon zamanı gibi görevler sekonder görevlere örnek gösterilebilir (77-79). Dinleme eforu ise sekonder görevde tekli görev halindeyken elde edilen skor ile ikili görev halinde iken elde edilen skor arasındaki fark aracılığıyla değerlendirilir (80).

### **Fizyolojik Değerlendirme Yöntemleri**

Dinleme eforunu objektif olarak değerlendirme yöntemleri merkezi sinir sistemi ve otonom sinir sistemi üzerinden yapılabilmektedir. İki farklı sinir sistemi üzerindeki fizyolojik cevaplar vasıtasıyla değerlendirmeye olanak sağlandığı için bu yöntemlere aynı zamanda fizyolojik değerlendirme yöntemleri adı verilmektedir. Bu değerlendirme yönteminin temelinde fizyolojik cevaplar yatsa da değerlendirme sırasında verilen bir dizi görev bulunması nedeniyle bu yöntem içerisinde aynı zamanda davranışsal cevaplar da yer almaktadır. Bu değerlendirme yöntemlerinin genel mantığı, zorluk seviyesi duruma göre değişen çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesi sırasında meydana gelen dinleme eforu ile ilişkili bir takım fizyolojik cevapların izlenmesi temeline dayanır.

Bahsi geçen fizyolojik cevaplar otonom ve merkezi sinir sistemi aracılığıyla ortaya çıkar. Otonom sinir sistemi üzerinden dinleme eforunu değerlendirme yöntemleri pupil dilatasyonu, cilt iletkenliği, cilt sıcaklığı, kalp atım hızı ve vücut sıvısındaki kortizol seviyesi gibi değişiklikler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (74, 81, 82). Merkezi sinir sistemi üzerinden dinleme eforu ise EEG, işitsel uyarılmış potansiyeller ve çeşitli beyin görüntüleme yöntemleri aracılığıyla değerlendirilmektedir (26, 83, 84).



Fizyolojik değerlendirme yöntemlerinden biri olan pupillometride, pupil genişliğinin artmış işlem yükü sonucunda meydana gelen otonom sinir sistemi cevabı ile değiştiği düşünülmektedir (15). Yapılan çalışmalarda bireylere sunulan cümlelerin SGO seviyesi azaldıkça bireylerdeki pupil genişliğinin arttığı gözlenmiştir (16). Bununla paralel olarak cümlelerin lingustik yapılarını değiştirerek cümle anlaşılabilirliğinin zorlaştığı durumlarda da bireylerde pupil genişliğinin arttığı gözlenmiştir (17). Bu nedenle pupil genişliğindeki değişim dinleme eforu çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bunun yanında dinleme eforunu değerlendirmek için sık kullanılan fizyolojik yöntemlerden birisi de EEG'dir. Bu yöntemde ise artan işlem yükü sonucunda merkezi sinir sistemi cevabında değişiklikler izlenmektedir. Heceler, kelimeler, cümleler gibi farklı işitsel uyaranlar ile çalışma belleğinin kullanıldığı görevlerde, EEG'de alfa frekansı bandında (8-12 Hz) yer alan aktivasyonlarda artış görülmüştür (18, 19). Başka bir çalışma sonucunda ise akustik olarak bozulmuş bir sinyali anlamak için çalışma belleği kaynaklarının daha fazla kullanılmasından dolayı EEG'de yer alan alfa aktivasyonunun etkilenebileceği öne sürülmüştür (20). Son dönemde EEG de dinleme eforu değerlendirmesinde sıklıkla kullanılan fizyolojik yöntemler arasına girmiştir.

Genel olarak fizyolojik değerlendirme yöntemleri dinleme eforunun değerlendirilmesinde güvenilir bir metot olarak kabul edilebilir. Bu yöntem vasıtası ile sübjektif değerlendirme yöntemlerinde uygulanamayan anlık efor değişimi değerlendirilebilmektedir. Fakat fizyolojik değerlendirme yöntemlerinin duygusal durum ve stres gibi insan vücudundaki anlık değişimlere oldukça hassas olması nedeniyle dinleme eforunun değerlendirmesinde zorluklarla karşılaşılabilir.

### **2.2.2. Tinnituslu Bireylerde Dinleme Eforu**

Bireylerde dinleme eforu oluşturan birçok faktörün olduğu bilinmektedir. Dinleme için efor gösterilen işitsel uyaran içeriğinin frekans, şiddet veya zamansal özellikleri açısından bozuk olduğu durumlar veya dinleme eyleminin gerçekleştiği alanın işitsel uyarının anlaşılmasını daha güç kıldığı durumlar (reverberasyonlu veya gürültülü ortamlar gibi) veya bireyin dinleme becerisi için gerekli süreçlerdeki

herhangi bir sorun (işitme kaybı, işitme cihazı/koklear implant kullanımı, hafıza veya çalışma belleği sorunlar gibi) dinleme için gerekli efor miktarını doğrudan etkileyebilmektedir (71, 72).

Tinnitusun patofizyolojisine dair hipotezler incelendiğinde periferal işitsel yolların etkilenmesine bağlı olarak santral işitsel sistemde sekronize bir spontan aktivite artışı meydana geldiğini savunan hipotezler bulunmaktadır (49, 52). Dolayısıyla bu hipotezler incelendiğinde tinnitusun ortaya çıkması için temel olarak periferal işitsel yollarda bir hasar söz konusu olmalıdır. Bilindiği gibi gelen işitsel uyarının frekans, şiddet veya zamansal özelliklerinin kodlanmasında periferal işitsel yollar önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, periferal işitsel yollarında hasar bulunan tinnituslu bireyler gelen işitsel uyarının frekans, şiddet veya zamansal özelliklerini hasarlı periferal işitsel yollar nedeniyle yeterince kodlayamayacak ve bu durum işitsel uyarının algılanmasında sorun yaratacağı için bireylerde dinleme açısından bir eforun oluşmasına neden olabilecektir. Aynı zamanda tinnituslu bireylerdeki periferal işitsel yollardaki değişiklik bu bireylerde santral işitsel mekanizmalarda farklılığa yol açabilir (85) ve bunun sonucunda dinleme eforunu merkezi sinir sinir sistemi cevabı üzerinden değerlendiren EEG’de tinnitusu olmayan bireylere göre potansiyel değişiklik mevcudiyeti söz konusu olabilir.

Tinnitusun günlük hayatta bireyler üzerinde dikkat, hafıza ve konsantrasyon problemleri gibi bilişsel etkilerinin olduğunu da öne süren davranışsal çalışmalar mevcuttur (5). Dinleme eforunu etkileyen faktörlerden biri de bireyin gelen işitsel uyarana geliştirdiği dikkat seviyesi ve uyarana ilişkin hafıza mekanizmalarını yeterlilik düzeyi olduğu bilinmektedir. Tinnitus mevcudiyetinde yapılan çalışmalar doğrultusunda bireylerde dikkat ve hafıza problemlerin görülmesi nedeniyle bu bireylerde dinleme eforu görülme ihtimali mevcuttur.

Aynı zamanda tinnitusa ilişkin nörofizyolojik teori doğrultusunda bireylerin otonom sinir sistemlerinde yer alan limbik sistem mekanizmalarında problem olduğu ve bunun sonucunda tinnituslu bireylerin otonom sinir sistemi cevabını yönetme konusunda sorun yaşadığı bilinmektedir (68). Pupillometrinin bireylerde dinleme eforunu doğrudan otonom sinir sistemi ile değerlendirdiği göz önüne alınırsa otonom

sinir sistemi cevabı ile yakından ilişkili tinnitus mevcudiyetinde pupillometri sonuçlarında tinnitusu olmayan bireylere göre potansiyel farklılık beklenebilir.

Tinnitusun, hem bireyler üstündeki bilişsel etkileri hem de dinleme eforunun iki önemli bileşeni olan otonom ve merkezi sinir sistemine etkisi göz önüne alındığında, tinnitusu olan bireylerde dinleme eforunun ortaya çıkabileceği düşünülse de bu bireylerde dinleme eforunun artış gösterdiğine dair literatürde objektif test yöntemiyle kanıt sunan yalnızca bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada ise tinnitusu olan ve olmayan bireylerin dinleme eforları pupillometri aracılığıyla karşılaştırılmış ve çalışmanın sonunda tinnitusu olan bireylerin dinlemek için daha fazla efor sarf ettikleri sonucuna varılmıştır. Fakat bu çalışmada yalnızca, dinleme eforununun otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden değerlendirildiği pupillometri kullanılmış olup çalışma sonunda da pupillometrinin dinleme eforunu değerlendiren komponentlerinin tutarlı sonuçlar vermediği görülmüştür (23). Literatürde dinleme eforunun hem otonom sinir sistemi hem de merkezi sinir sistemi aktivitesi üzerinden farklı açılardan değerlendirilebildiği bilinmektedir (26-28). Bu nedenle bu çalışmanın amacı bu konudaki çalışma eksikliğini ve tutarsızlığını göz önüne alarak; tinnitusun dinleme eforuna olan potansiyel etkisini, hem merkezi sinir sistemi üzerinden ölçen EEG ile hem de otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden ölçen pupillometri ile farklı açılardan aynı anda değerlendirip, her iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırarak bu sonuçların tinnitus ile ilişkili fizyolojik temelini araştırmaktır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama anket değerlendirmeleri ve gürültüde konuşmayı anlama testi, ikinci aşamada ise dinleme eforu kaydı (pupil dilatasyonu ve EEG simultane olarak) yapılmıştır. GO 21/827 kayıt numarası ile 29.06.2021 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylere çalışmanın kapsamı ve amacı anlatılmış olup yazılı izinleri alınmıştır.

#### 3.1. Katılımcılar

Tinnitus grubu, Hacettepe Üniversitesi Erişkin Hastanesi Odyoloji ve Dil-Konuşma Terapisi Ünitesi'ne tinnitus şikayeti ile başvurup çalışmaya dahil edilme kriterlerine karşılayanlardan oluşturulmuştur. Kontrol grubu ise kampüs içerisinde araştırmamız için yayımlanan ilana başvuran gönüllüler arasından çalışmanın uygunluk kriterlerini sağlayanlar ile oluşturulmuştur. Çalışmaya 19-34 yaş arası normal işitmeye sahip ( $0.125-8 \text{ kHz} \leq 15 \text{ dB HL}$ ) toplam 50 katılımcı dahil edilmiştir. Tinnitus grubu 18 (8 Erkek, 10 Kadın) kronik tinnitusa (altı aydan fazla) sahip katılımcıdan oluşmuştur. Diğer yandan tinnitus hikayesi olmayan 32 katılımcıdan (13 Erkek, 19 Kadın) kontrol grubu oluşturulmuştur. Ancak, dokuzu kontrol grubundan, ikisi tinnitus grubundan olmak üzere on bir katılımcı yüksek EEG artefaktı nedeniyle çalışma dışı bırakıldı. Sonuç olarak çalışmamızın istatistiksel analizine tinnitus grubundan 16 birey (7 Erkek, 9 Kadın) kontrol grubundan 23 birey (10 Erkek, 13 Kadın) dahil edilmiştir.

##### 3.1.1. Katılımcıların Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Araştırma grubu dahil edilme kriterleri aşağıdaki gibidir:

18-40 yaş aralığında olmak.

Saf ses işitme eşikleri ( $0.125-8 \text{ kHz} \leq 15 \text{ dB HL}$ ) normal sınırlarda olmak

Kronik tinnitusa sahip olmak (>6 ay)

MoCA'dan 21 ve üzeri puan almak

Tanımlı otolojik, nörolojik, mental, psikiyatrik veya herhangi bir patolojiye sahip olmamak

Daha önce tinnitusa yönelik herhangi bir tedavi/ terapi almamış olmak  
 Son 3 ay içerisinde alkol tüketmemiş olmak ve madde bağımlısı olmamak  
 Çalışmada yapılacak testleri yapabilecek mental ve fiziksel yeterliliğe sahip olmak.  
 Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak.

Kontrol grubuna dahil edilme kriterleri ise aşağıdaki gibidir:

18-49 yaş aralığında olmak  
 Tinnitus hikayesinin bulunmaması  
 MoCA'dan 21 ve üzeri puan almak  
 Tanılı otolojik, nörolojik, mental veya psikiyatrik bir patolojiye sahip olmamak  
 Son 3 ay içerisinde alkol tüketmemiş olmak ve madde bağımlısı olmamak  
 Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi (MoCA)**

Tüm katılımcılara farklı bilişsel işlevleri değerlendiren hızlı bir Türkçe tarama testi olan Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi (MoCA) uygulanmıştır. MoCA'nın değerlendirdiği bilişsel işlevler; dikkat ve konsantrasyon, yürütücü işlevler, bellek, lisan, görsel yapılandırma becerileri, soyut düşünce, hesaplama ve yönelimdir (86).

### **3.2.2. Tinnitus Engellilik Anketi (TEA)**

Tüm katılımcılara Aksoy ve arkadaşları tarafından 2006 yılında Türkçe'ye çevrilip, dilimizde geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış olan Tinnitus Engellilik Anketi (TEA) uygulanmıştır (87). Bu anket, tinnitusu olan bireylerde, tinnitusun günlük fonksiyonlar üzerine etkisini değerlendiren 25 maddeden oluşan bir ankettir. Verilecek yanıtlar 'Evet', 'Hayır' ve 'Bazen' şeklindedir. Evet yanıtı 4, Bazen yanıtı 2, Hayır yanıtı ise 0 puandır. Birey, en düşük 0, en yüksek 100 puan alabilir.

### **3.2.3. Görsel Analog Ölçeği (GAÖ)**

GAÖ, katılımcıların dinleme eforları hakkında genel bilgi almak amacıyla kullanıldı. Bu amaçla katılımcılara 'Günlük hayatta dinlemek için yaşadığınız eforun

sıklığını nasıl tanımlarsınız?' sorusu yöneltmiştir. Bu soruya, 0 puanın 'hiçbir zaman olmaz', 10 puanın ise 'sürekli efor sarf ediyorum' anlamına geldiği 0-10 puan arasında bir ölçekte işaretleme yaparak cevap vermeleri istenmiştir.

### 3.2.4. Tinnitus Değerlendirmesi

8 kHz'den daha düşük frekanstaki tinnitus'u değerlendirmek için TDH-39P kulaklıklar kullanılırken ve 8 kHz'den daha yüksek bir frekansa sahip tinnitus'u değerlendirmek için Sennheiser HDA200 kulaklıklar kullanıldı. Tinnitus frekans eşleştirmesinde ipsilateral kulaktan 0.125 kHz ile 20 kHz arasında 30 dB SL'de sunulan uyarılarla iki alternatifli zorunlu seçim prosedürü uygulanmıştır. Sonrasında tinnitus frekansında katılımcıların ipsilateral işitme eşiği dikkate alınarak tinnitus gürülük seviyesi 5 dB'lik adımlar ile eşleştirilmiştir.

Minimum maskeleye düzeyi (MML), merkez frekansı tinnitus frekansı olan dar bant gürültü kullanılarak belirlendi. Bu gürültünün şiddet seviyesinde 5 dB'lik artışlar yapılarak katılımcıların tinnitusunun duyulmadığı şiddet seviyesi MML olarak belirlenmiştir. Sunulan dar bant gürültü bilateral tinnituslu katılımcılarda bilateral, unilateral tinnitusu olan katılımcılarda ise ipsilateral kulaktan sunulmuştur.

Son olarak, katılımcılarda rezidüel inhibisyon (RI) varlığı, 60 saniye boyunca MML'nin 10 dB üzerinde, merkez frekansı tinnitus frekansı olan dar bantlı gürültü sunularak belirlendi (bilateral tinnituslu katılımcılarda bilateral, unilateral tinnitusu olan katılımcılarda ise ipsilateral kulaktan sunulmuştur). Katılımcıların test sonrası tinnitus düzeyi, başlangıçtaki tinnitus düzeyinden daha düşükse RI pozitif, eşitse veya daha yüksekse RI negatif olarak değerlendirilmiştir.

### 3.2.5. Türkçe Matris Testi (TMT)

Katılımcıların gürültüde konuşmayı anlama becerilerini değerlendirmek için Matris Testi (MT) [21] kullanıldı. MT materyali içerisinde yer alan kelimelerin dizilimi isim+rakam+sıfat+nesne+fiil şeklindedir. MT içerisinde toplamda sadece 50 kelime olmasına rağmen, kelimeleri farklı kelime grupları arasında özgürce birleştirme imkanı sağlaması nedeniyle, 100.000 farklı cümle ile değerlendirme olanağı sunabilmektedir. Sunulan cümleler sentaktik olarak uygun ancak semantik

olarak uygun olmadığı için katılımcılar tarafından tahmin edilme olasılığı oldukça düşüktür. Çalışmamızda her biri 20 cümleden oluşan 30 farklı liste aynı katılımcıda tekrar edilmeden rastgele kullanılmıştır. Testin başlangıcında, cümleler, açık uçlu olarak Sennheiser HDA200 kulaklıklarla 0 dB sinyal-gürültü oranında (SNR) sunuldu. Test sırasında kullanılan gürültü seviyesi sabit (65 dB SPL) iken, konuşma uyarani adaptif olarak değişmektedir. Test sırasında SNR düzeyi, katılımcılar önceden belirlenen doğru cevap yüzdesinin (%80) üzerinde kalırsa orantılı olarak azalmaktayken eğer altında kalırsa orantılı olarak yükselir. Test sonucunda katılımcıların sunulan kelimelerin %80'inin doğru bir şekilde tahmin edilebildiği SGO elde edilir.

### 3.2.6. Uyarani

Uyaraniın oluşturulmasında ilk adım olarak MT'de yer alan cümleler ile Matris test gürültüsü MATLAB yardımıyla birleştirildi. Sonrasında bu uyarani lar 16 frekans aralığı oluşturularak *noise-vocoded speech* elde edildi. Aynı zamanda her bir kanalın genlik zarfı, Hilbert dönüşümü kullanılarak normalize edildi. Sonuç olarak her bir kanaldan elde edilen zarf, ilgili frekans bandındaki gürültüyü modüle etmek için kullanıldı. Sonrasında daha önce MT ile elde edilen her bir katılımcının %80 SGO seviyesinin belirlendiği SGO'nun elde edilemesi için *noise-vocoded speech* içerisinde yer alan gürültü ve konuşma uyarani komponenti MATLAB yardımıyla Hilbert transformasyonuna dahil edildi. Sonrasında elde edilen uyarani n öncesine ve sonrasına Matris test gürültüsü eklendi. Sonuç olarak 6 saniyelik bir uyarani elde edildi. Bu uyarani nın 0-1 saniye arası Matris test gürültüsü, 1-4.5 saniye arası *noise-vocoded speech* ve 4.5-6 saniye arası Matris test gürültüsünden oluşmaktadır.

### 3.2.7. Objektif Değerlendirme Yöntemleri

EEG ve pupillometri kayıtları ses yalıtımlı bir odada alınmıştır. Uyarani olarak her bir katılımcının daha önce MT'de belirlenen %80 SGO düzeyinde 16 kanallı *noise-vocoded speech* kullanılmıştır. Bu uyarani katılımcılara 9 dakika süreyle verilmiştir. Bu süre içerisinde toplam 60 cümle katılımcılara sunulmuştur. Katılımcıların her birine sunulan uyarani nın bitiminde tekrar etmesi görevi verilmiştir.

Katılımcıların verilen görevi yapıp yapmadığı kaydın alındığı oda içerisinde yer alan video kamera ve mikrofon aracılığıyla kontrol altına alınmıştır.

### **Elektroensefaolografi (EEG)**

EEG kaydı, 19 kanallı bir NuAmps II Neuroscan amplifikatörü ile alınmıştır. Standart 10-20 konfigürasyonunda kafa derisine on dokuz elektrot yerleştirildi. Aynı zamanda her iki kulak memesinden elektriksel aktivite kaydedildi. Sağ kulak memesinde yer alan elektrot (A2), kayıt sırasında referans elektrot olarak ayarlandı ve ardından bunun yardımıyla *common average reference* hesaplandı. Kayıt sırasında tüm elektrotların empedansları 5 k ohm'un ( $k\Omega$ ) altında tutuldu. Kayıt sonrasında elde edilen tüm verilerin analizi MATLAB 2016a yazılımı kullanılarak EEGlab v14.1.2 ile yapılmıştır. İlk olarak EEG verileri öncelikle 1 ile 60 Hz arasında filtrelendi ve 50 Hz artefaktı önlemek için bir çentik filtresi kullanıldı. Oküler artefaktlar, standart bir oküler redüksiyon algoritması kullanılarak dışlandı. 8 ila 12 Hz arasında bir bant geçiren filtre kullanılarak P3, P4, Pz elektrotlarında yer alan EEG verilerinden alfa bandı genliği ortaya çıkarıldı. Elde edilen her bir EEG segmentinin zarfı için Hilbert dönüşümü uygulandı. Her bir katılımcının alfa bandı genliği, sunulan uyarının çözümleme periyodu (cümlelerin bitiminden 200 ms önceki 1 sn'lik zaman dilimi) (26) sırasında hesaplandı. Sonrasında elde edilen bu değer taban çizgisindeki (gürültü başlangıcından 300-800 ms sonra) alfa bandı genliği değerinden çıkarılıp yine taban çizgisindeki alfa bandı genliği değerine bölündü. Sonuç olarak ortaya çıkan değer, taban çizgisi'ndeki alfa bandı genliğinin uyarının çözümleme periyoduna kadar olan yüzdelik değişimini göstermek için 100 ile çarpıldı.

### **Pupillometri**

Pupil dilatasyonu ölçümü için göz bebeği hacmi değişimini kamera yardımıyla kaydedip ölçen bilgisayar tabanlı EYELINK 1000 (SR Research, Ontario, Kanada) pupillometri cihazı kullanılmıştır. Bu sistem aracılığıyla pupil çapındaki değişimler 1000 Hz'lik bir örnekleme hızında kaydedilmiştir. Pupillometri, cihazın bulunduğu odada ilk kalibre edildiği ışık seviyelerinde (31,5 asb, 1 asb = 0.31831 cd / m<sup>2</sup>) gerçekleştirilmiştir. Deney öncesinde cihaz, ekranda bulunan 9 noktalı



kalibrasyon gridi kullanılarak kalibre edilmiştir. Daha sonra, R v4.2 ile komut dosyaları kullanılarak, her denemeden elde edilen pupil çapı dalga formları -1 ile 7 saniye aralığında olmak üzere daha fazla işlem ve analiz için derlendi. Alışma, heyecan veya uyarılma gibi potansiyel etkilerden kaçınmak için ilk beş uyaran veri analizinden çıkarıldı. Ortalama pupil çapının üç standart sapmasının altındaki değerler göz kırpması olarak belirlendi. Ayrıca fiksasyon hedefinden 10°'den fazla sapma gösteren göz hareketleri analizden çıkarıldı. Bununla birlikte eğer deney boyunca katılımcının % 20'den fazla göz kırpması varsa o katılımcı analizden çıkarılmıştır. Bunun dışında herhangi bir sorun belirlenemeyen deneylerde katılımcının göz kırpmasından kaynaklanan artefaktları azaltmak için doğrusal interpolasyon kullanıldı. İnterpolasyon, göz kırpmasının başlamasından 60 ms önce, göz kırpmasını takiben 130 ms'ye kadar gerçekleştirildi. Her katılımcıda deney sırasında ortalama pupil çapı değerlendirildi. Katılımcıların deney sırasında elde edilen maksimum pupil boyutu değişimini hesaplamak için *taban çizgisi olarak noise-vocoded speech* başlamadan önceki (0-1 s) gürültü sırasındaki ortalama pupil çapı ele alındı. Sonrasında her katılımcının maksimum pupil boyutu için uyarının çözümleme süreci (2-6 s) içerisindeki ortalama pupil boyutu incelendi. Bu süreç içerisinde yer alan maksimum pupil çapından taban çizgisi sırasındaki pupil ortalama pupil çapı değeri çıkarıldı ve elde edilen bu değer taban çizgisi sırasındaki ortalama pupil çapına bölündü. Sonrasında maksimum pupil çapının taban çizgisi sırasındaki ortalama pupil çapından yüzde kaç değişiklik gösterdiğini belirlemek için bu değer 100 ile çarpıldı.

### 3.2.7. İstatistik

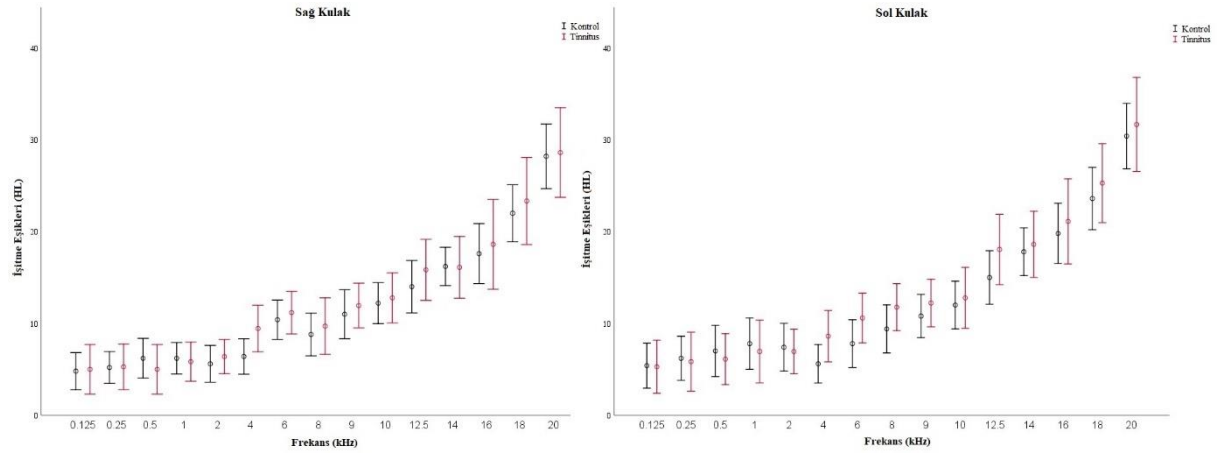
Çalışmaya dahil edilecek örneklem büyüklüğünü belirlemek için G\*Power programı kullanılmıştır. Güç analizine dayalı olarak, bu çalışma minimum, klinik olarak anlamlı bir farkı saptamak için %5 tip I hata düzeyi ve %95 güç ile her gruptan 15 katılımcı içermelidir. Verilerin değerlendirilmesi için SPSS version 26.0 (IBM Inc., Armonk, NY, USA) paket programı kullanıldı. Tinnitus ve kontrol grupları arasındaki Pupillometri, EEG alfa bandı genliği ve MoCA sonuçları bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldı. Varyans homojenliği varsayımı Levene testi ile kontrol edildi ( $p < 0,001$ ). Ayrıca THI, MoCA anket sonuçları ile pupil çapı ve

EEG alfa bandı genliği arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı ile değeriendirildi. İstatistiksel analiz sonucunda p değeri 0.05'den küçük olduğu durumlarda gösterilen ilişki veya fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Katılımcıların demografik özelliklerine göre tanımlayıcı istatistikler

Grupların yaş dağılımı incelendiğinde, tinnitus grubunun yaş ortalaması  $23,34 \pm 3,36$  iken, yaş aralığı 19-34 arasındadır. Kontrol grubunun yaş ortalaması  $22,41 \pm 2,22$  iken, yaş aralığı ise 19-30 arasındadır. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet açısından fark elde edilemedi ( $p > 0,05$ ). Tüm saf ses işitme eşiklerinde (0.125-20 kHz) her bir frekans için farklılık gruplar arasında anlamlı olarak elde edilememiştir ( $p > 0,05$ ). Grupların frekanslara göre ortalama işitme eşikleri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.1.** Grupların frekanslara göre sağ ve sol kulakların ortalama işitme eşikleri.

Tinnitus grubunun TEA puan ortalaması  $49,75 \pm 21,32$  olarak, MoCA skoru ortalamaları ise  $29 \pm 0,96$  olarak elde edilmiştir. Kontrol grubunun MoCA skoru ortalamaları ise  $29 \pm 0,78$  olarak elde edilmiştir. Gruplar arasında MoCA skoru açısından fark elde edilememiştir ( $p > 0,05$ ). Tüm katılımcıların MoCA puanları 21'in üzerindedir. Ayrıca katılımcıların tinnitus özellikleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Tinnitus grubunun psikosomatik değerlendirme sonuçları ve MoCA skorları.

<u>Katılımcı No</u>	<u>Tinnitus Lateralizasyonu</u>	<u>Tinnitus Perdesi</u>	<u>Tinnitus Gürlüğü</u>	<u>Minimum Maskeleme Seviyesi</u>	<u>Rezidüel İnhibisyon</u>	<u>TEA Skoru</u>	<u>MoCA Skoru</u>
1	Bilateral	14 kHz	35 dB	10 dB	+	42	29
2	Bilateral	8 kHz	45 dB	25 dB	+	62	28
3	Baş içinden	10 kHz	30 dB	25 dB	+	38	29
4	Bilateral	8 kHz	30 dB	25 dB	+	36	30
5	Sağ kulak	6 kHz	35 dB	30 dB	+	30	30
6	Baş içinden	6 kHz	40 dB	20 dB	+	62	28
7	Bilateral	4 kHz	50 dB	35 dB	-	30	30
8	Baş içinden	6 kHz	35 dB	25 dB	+	56	29
9	Baş içinden	10 kHz	70 dB	30 dB	+	50	30
10	Baş içinden	6 kHz	45 dB	30 dB	-	48	30
11	Baş içinden	10 kHz	80 dB	30 dB	+	68	29
12	Bilateral	0.25 kHz	35 dB	15 dB	+	24	28
13	Sol kulak	0.25 kHz	30 dB	25 dB	-	60	30
14	Baş içinden	18 kHz	10 dB	0 dB	+	90	28
15	Sağ kulak	6 kHz	30 dB	20 dB	-	14	27
16	Baş içinden	8 kHz	55 dB	35 dB	+	86	29

TEA: Tinnitus Engellilik Anketi

MoCA: Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi

Tablo 4.2., grupların ortalama %80 SGO ve GAÖ skorlarının yanında bu verilerin istatistiksel değerlendirmesini göstermektedir. İstatistiksel değerlendirme sonucunda tinnitus grubunda GAÖ skoru kontrol grubuna göre daha yüksek elde edilmiştir ( $p < 0.01$ ).

**Tablo 4.2.** Grupların ortalama SGO'ları ve GAÖ skorları.

<u>Değişken</u>	<u>Tinnitus Grubu</u>		<u>Kontrol Grubu</u>		p
	Ortalama	Std.	Ortalama	Std.	
<b>%80 SGO (dB)</b>	2.26	0.21	2.12	0.25	>0.05
<b>GAÖ</b>	4.37	1.5	1.56	0.92	<b>0.03*</b>

Std.: Standard Sapma

SGO: Sinyal Gürültü Oranı

GAÖ: Görsel Analog Ölçeği

\*bağımsız örneklem t-testi

### Gruplar arasındaki EEG alfa bandı genliği farkları

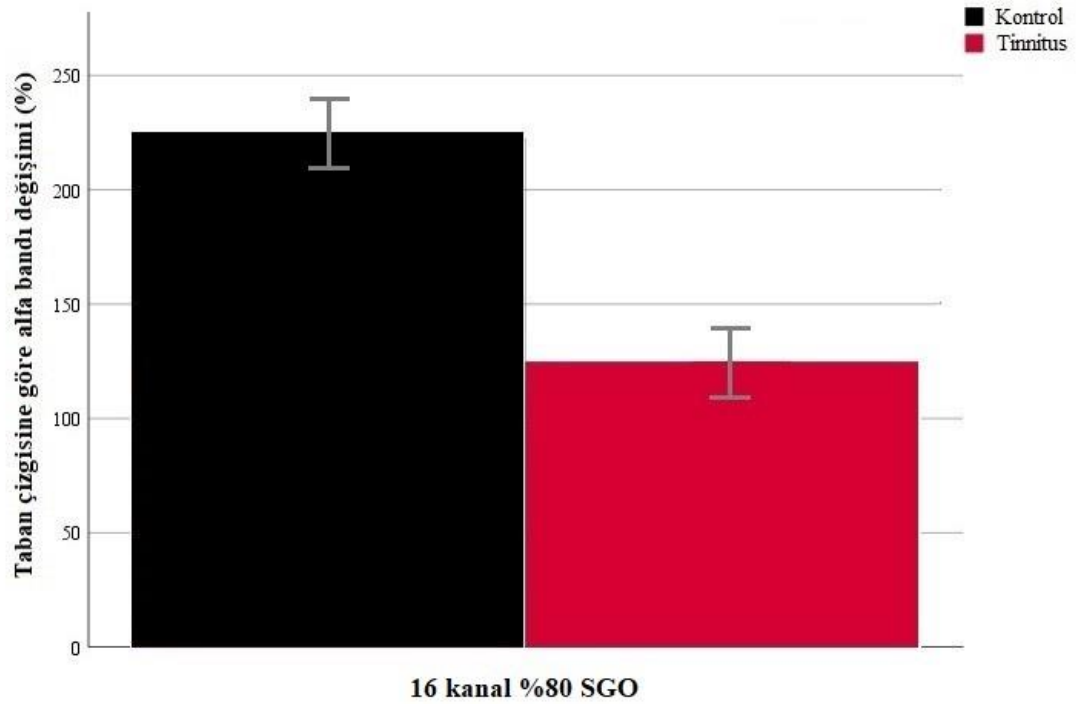
Tablo 4.3., 16 kanallı %80 SGO dinleme durumunda uyarının çözümlenme aşamasında grupların EEG alfa bandı genliğinin taban çizgisine göre yüzdelik değişimini ve bu verilerin istatistiksel değerlendirmesini göstermektedir. Bu sonuçlara göre tinnitus grubunda EEG alfa bandı genliği genliğindeki artış kontrol grubuna kıyasla daha düşük elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Bununla birlikte uyarının çözümlenme aşamasında katılımcıların parietal elektrotlardaki (P3, P4, Pz) ortalama EEG alfa bandı genliğinin yüzdelik değişimi Şekil 4.2.'de gösterilmektedir. Ayrıca parietal elektrotlarda (P3, P4, Pz) uyarının çözümlenme aşamasında ortalama EEG alfa bandı genliğinin zamana bağlı değişimi ve kafa dağılımı sırasıyla Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te gösterilmektedir.

**Tablo 4.3.** 16 kanallı %80 SGO dinleme durumunda uyarının çözümlenme aşamasında grupların EEG alfa bandı genliğinin taban çizgisine göre yüzdelik değişimini ve bu verilerin istatistiksel değerlendirmesi.

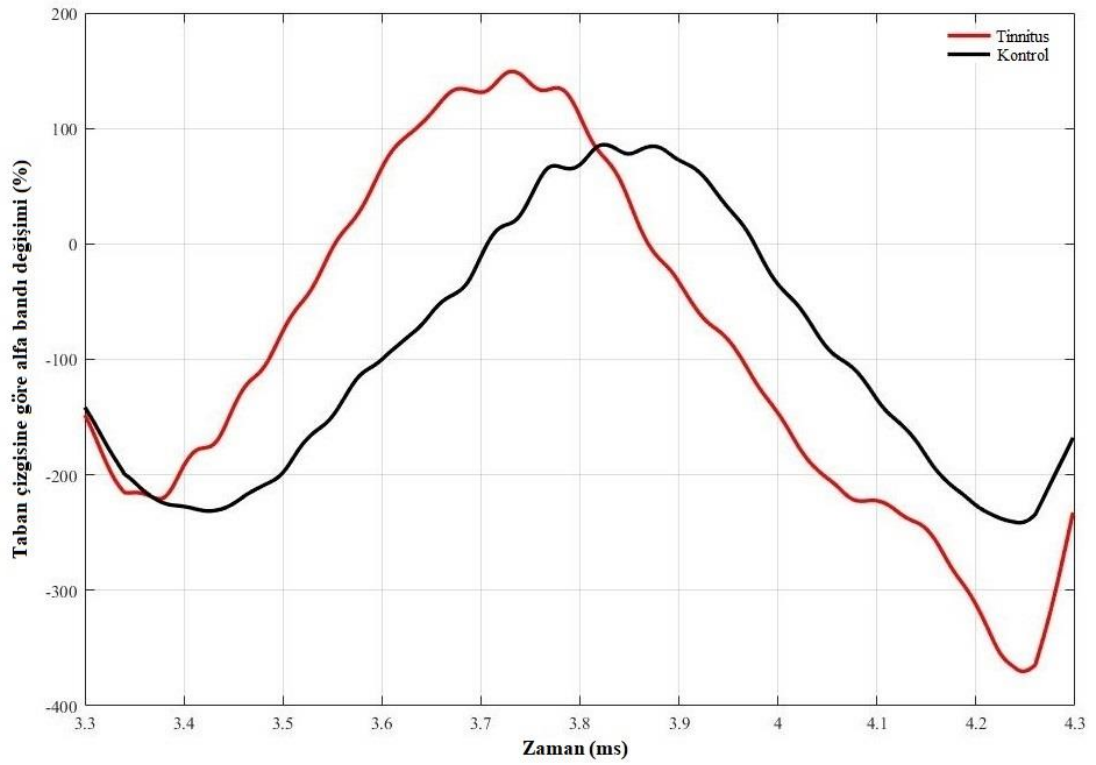
<u>Değişken</u>	<u>Tinnitus Grubu</u>		<u>Kontrol Grubu</u>		p
	Ortalama (%)	Std.	Ortalama (%)	Std.	
<b>EEG alfa bandı genliği değişimi</b>	123.92	67.42	211.13	96.66	<b>0.01*</b>

Std.: Standart Sapma

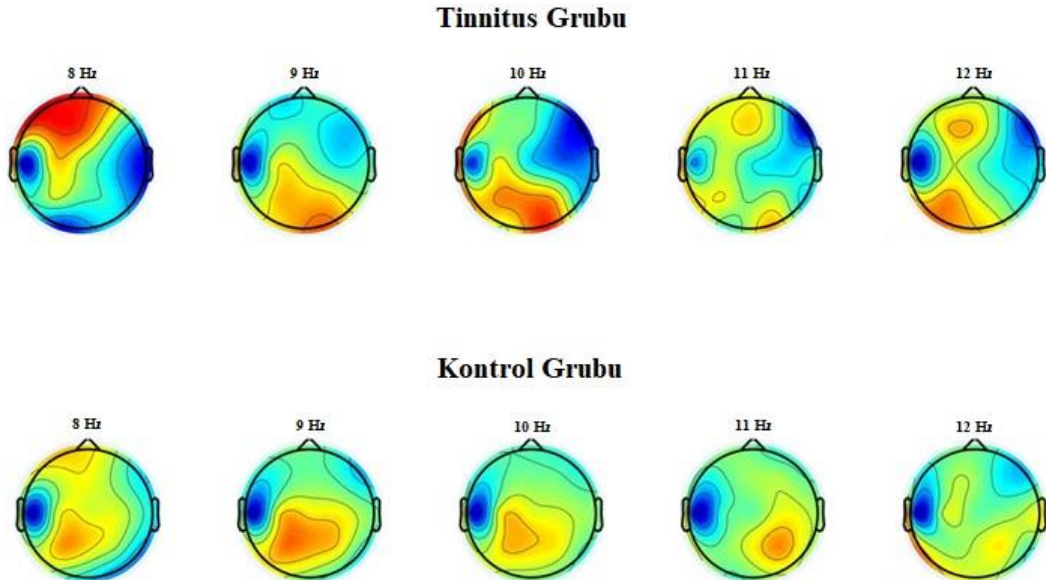
\* bağımsız örneklem t-testi



**Şekil 4.2.** Katılımcıların parietal elektrotlardaki (P3, P4, Pz) ortalama EEG alfa bandı genliğinin yüzdelerik değışimi.



**Şekil 4.3.** Katılımcıların parietal elektrotlardaki (P3, P4, Pz) uyarının çözümlenme aşamasında ortalama EEG alfa bandı genliğinin zamana bağılı değışimi.



**Şekil 4.4.** Gruplara göre EEG alfa bandı cevabının kafa dağılımı.

Ayrıca EEG alfa bandı genliği değişimi ile TEA ve MoCA skorları açısından katılımcılar arasında ilişki araştırıldı. İstatistiksel değerlendirme sonucunda TEA ve MoCA skorları ile EEG alfa bandı genliği değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamadı ( $p > 0.05$ ).

### Gruplar arasındaki pupil çapı farkları

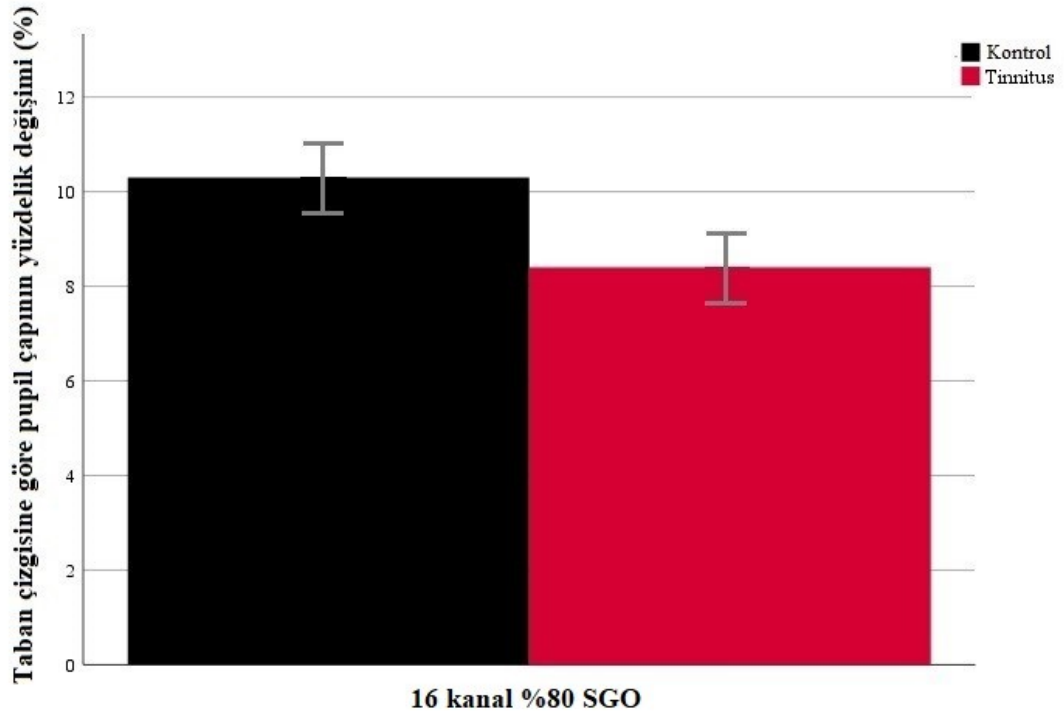
Tablo 4.4., 16 kanallı %80 SGO dinleme durumunda uyarının çözümlenme aşamasında grupların maksimum pupil çaplarının taban çizgisine göre yüzdelerik değişimini ve bu verilerin istatistiksel değerlendirmesini göstermektedir. Bu sonuçlara göre tinnitus grubunda maksimum pupil çapının taban çizgisine göre yüzdelerik değişimi kontrol grubuna kıyasla daha düşük elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Uyarının çözümlenme aşamasında katılımcıların ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre yüzdelerik değişimi Şekil 4.4.'te gösterilmektedir. Ayrıca uyarının çözümlenme aşamasında ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre zamana bağlı değişimi Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.

**Tablo 4.4.** Uyarının çözümlenme aşamasında grupların maksimum pupil çaplarının taban çizgisine göre yüzdelerik değişimi ve bu verilerin istatistiksel değerlendirmesi.

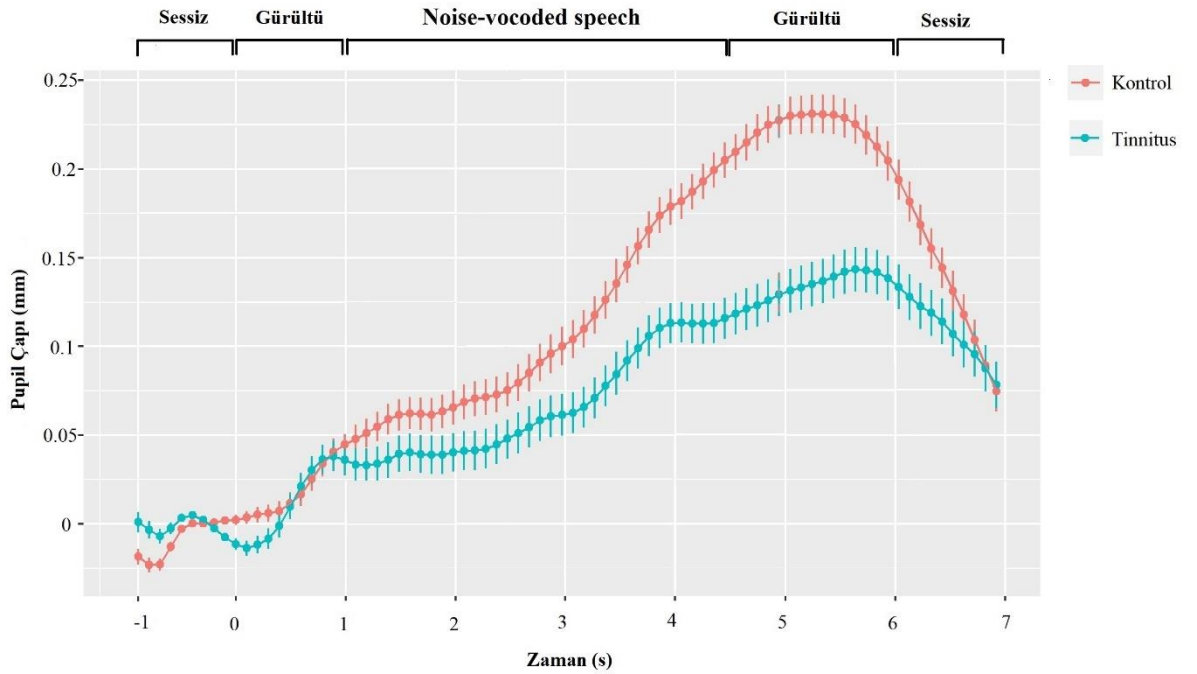
<u>Değişken</u>	<u>Tinnitus Grubu</u>		<u>Kontrol Grubu</u>		p
	Ortalama (%)	Std.	Ortalama (%)	Std.	
<b>Pupil çapı değişimi</b>	8.4	4.3	10.3	4.7	<b>0.01*</b>

Std.: Standart Sapma

\* bağımsız örneklem t-testi



**Şekil 4.5.** Uyarının çözümlenme aşamasında katılımcıların ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre yüzdelik değişimi.



**Şekil 4.6.** Uyarının çözümlenme aşamasında ortalama pupil çaplarının taban çizgisine göre zamana bağlı değişimi.



## 5. TARTIŞMA

Çalışmamızın temel amacı tinnituslu bireylerde dinleme eforunu, hem merkezi sinir sistemi üzerinden değerlendiren EEG ile hem de otonom sinir sistemi aktivitesi üzerinden değerlendiren pupillometri ile farklı açılardan aynı anda değerlendirip, her iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırarak bu sonuçların tinnitus ile ilişkili fizyolojik temelini araştırmaktı. Çalışmamızın sonucunda, tinnituslu hastalarda işitsel uyarının çözümlenme aşamasında taban çizgisine göre EEG alfa bandı genliğindeki artış, kontrol grubuna göre daha düşük elde edilmiştir. Aynı zamanda tinnituslu hastaların uyarının çözümlenme aşamasında taban çizgisine göre maksimum pupil çapı büyüklüğünün değişim yüzdesi ise kontrol grubuna kıyasla daha düşük elde edilmiştir. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, dinleme eforunu EEG ve pupillometri perspektifinden analiz eden ve işitme kaybının dinleme eforu üzerindeki olası etkisini dışlamak adına 0.125-20 kHz aralığında gruplar arasında benzer işitme eşikleri sağlayan ilk çalışmadır.

Önceki çalışmalarda, EEG alfa bandı genliğindeki değişiklikler ile aktif dinleme durumunda sunulan uyarın için tahsis edilen nöral kaynakların büyüklüğü arasında ilişki gösterilmiştir (88). Bu ilişki şu şekilde açıklanmaktadır: Aktif dinleme sırasında, sunulan uyarının anlaşılması için sarf edilen efor düzeyi artış gösterir. Eforun artmasıyla birlikte uyarının santral işitsel sistemde doğru kodlanmasını sağlamak için beyinde ayrılan nöral kaynaklarının sayısı artar. Sonrasında uyarının kodlaması için ihtiyaç duyulan nöral kaynak ihtiyacının artmasıyla birlikte beyinde mevcut genel inhibisyon mekanizması azalır. Önceki çalışmalarda, EEG alfa bandı genliğinin beyindeki inhibisyon mekanizması ile yakından ilişkili olduğunu gösterilmiştir. Bu çalışmalarda, beyinde genel inhibisyon mekanizmasının azalması ile birlikte EEG alfa bandı genliğinin azaldığı, inhibisyon mekanizmasının artmasıyla da EEG alfa bandı genliğinin arttığı gösterilmiştir (89). Bu nedenle, bireylere sunulan işitsel uyarana karşı oluşan dinleme eforu ile birlikte beyinde genel inhibisyon mekanizmasının azalması ve bunun sonucunda ise EEG alfa bandı genliğinde azalma beklenilebilir. Nitekim yapılan çalışmalarda katılımcılara farklı zorluklara sahip dört farklı işitsel uyarın sunularak çeşitli seviyelerde dinleme eforu oluşturulması hedeflenmiştir. Bu çalışmaların sonucunda, katılımcıların dinlemek için en az efor

sarf ettikleri uyaranda EEG alfa bandı genliğindeki artışın en fazla olduğu, en fazla efor sarf edilen uyarın sunulduğunda ise EEG alfa bandı genliğindeki artışın en az olduğu görülmüştür (90, 91). Farklı işitsel uyarınlar ile bu durumun tekrarının sağlanmasını hedefleyen sonraki çalışmalarda, katılımcılara sunulan uyarının zorluk derecesi arttıkça EEG alfa bandı genliğinin azaldığı görülürken uyarının zorluk seviyesi belirli bir noktaya geldikten sonra EEG alfa bandı genliğinin artmaya başladığı görülmüştür. Bu durum daha sonra şu şekilde açıklanmıştır: Sunulan işitsel uyarının zorluğunun artmasıyla birlikte bir süre sonra bu uyarının katılımcılar tarafından anlaşılması için gerekli işitsel ipuçlar sağlanamayacaktır. Bu noktadan sonra katılımcılar uyarana karşı ilgilerini kaybedecekler ve beyinde işitsel uyarının çözümlenmesi için ayrılan nöral kaynak sayısı azalacaktır. Bu durumu araştırmacılar yorulma olarak adlandırmıştır. Yorulma sonucunda beyinde işitsel uyarının çözümlenmesi için ayrılan nöral kaynak sayısının azaldığı ve bununla birlikte beyinde genel nöral inhibisyon mekanizmasının artmasıyla EEG alfa bandı genliğinin arttığı gösterilmiştir (92)

Diğer yandan, yapılan araştırmalarda pupil çapının otonom sinir sisteminin iki bileşeni, sempatik ve parasempatik sinir sistemi (PSS) tarafından belirlendiği öne sürülmüştür. Bu iki sistemin, pupil boyutunu irise bağlı *dilatör* ve *sfincter* kaslar aracılığıyla değiştirdiği düşünülmektedir (93). Sempatik sinir sisteminde (SSS) artan aktivite ile pupil çapının arttığı gözlenirken, diğer yandan PSS'de artan aktivite ile pupil çapının azaldığı gösterilmiştir (93). Sunulan işitsel uyarana karşı geliştirilen dinleme eforu durumunda ise pupil çapının artan SSS aktivitesi ile birlikte arttığı gösterilmiştir (94, 95). Ancak, sunulan işitsel uyarının zorluk derecesi, katılımcının sunulan uyarın için gerekli işitsel ipuçlarını sağlayamayacağı ve uyarana karşı ilgisini kaybedeceği düzeye kadar arttığında ise pupil çapındaki artışın durduğu ve yorulma nedeniyle PSS'nin pupil boyutunda azalmaya yol açtığı gösterilmiştir (96, 97).

Literatürde tinnituslu hastalarda dinleme eforunu araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Bu konuda yapılan ilk çalışmada Deegest ve ark. dinleme eforunu davranışsal çift görev paradigması aracılığıyla değerlendirmiştir. Bu çalışma sonucunda tinnitus grubunda daha yüksek düzeyde dinleme eforu olduğu öne

sürülmüştür. Ancak bu çalışmada katılımcıların yüksek frekans işitme eşikleri (8-20 kHz) değerlendirilmemiş olup gruplar arasındaki olası yüksek frekans işitme eşik farklılığı kontrol altına alınamamıştır. Önceki çalışmalarda, yüksek frekans işitme eşiklerinin bireylerin gürültüde konuşmayı anlama becerilerine etkisi gösterilmiştir (29, 30). Bu nedenle, yüksek frekanslı işitme eşiklerinin, bireylerde dinleme eforunu doğrudan etkileyen bir faktör olabileceği düşünülebilir. Bu nedenle, Deegest ve ark.'nın çalışması sonucunda tinnitus hastalarında görülen dinleme eforunun nedeni doğrudan tinnitus patofizyolojisi ile mi ilişkili yoksa yüksek frekans işitme eşiklerinin bu sonucun elde edilmesinde bir etkisi olabilir mi sorusunu gündeme getirilebilir. Konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise Jensen ve ark. tinnituslu hastaların ve sağlıklı bireylerin dinleme eforu düzeylerini pupillometri kullanarak karşılaştırmışlardır (98). Çalışma sonucunda tinnitus grubunda daha düşük pupil çapı elde edilmiştir. Ancak tinnituslu bireyler ile kontrol grubu arasında ortaya çıkan pupil çapı farklılığının yorulmadan mı yoksa efordan mı kaynaklandığı tespit edilememiştir. Tinnitus ile otonom sinir sistemi arasındaki ilişki, tinnitusun patofizyoloji teorilerinden biri olan nörofizyolojik teoride gösterilmiştir (68). Bu nedenle Jensen ve ark. yaptıkları çalışmada tinnitus ile otonom sinir sistemi arasındaki ilişki nedeniyle, pupillometrinin dinleme eforunu değerlendirmek için yararlı bir yöntem olduğunu varsaymıştır. Ancak çalışmanın sonucunda da gruplar arasında ortaya çıkan farklılığın efor veya yorulma ile ilgili olup olmadığı belirlenemediği için pupillometrinin dinleme eforunu değerlendirmek açısından yeterince sensitif bir yöntem olamayabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak bu çalışmada da gruplardaki yüksek frekanslı işitme eşik farklılıkları dikkate alınmamıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, yüksek frekans işitme eşikleri, dinleme eforunu etkileyen bir faktör olabilir. Bu nedenle çalışmamız tasarlanırken gruplar arasındaki yüksek frekans işitme eşikleri arasındaki farkı gözetilerek iki grup arasında işitme eşiklerinin benzer olmasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda literatürde yapılan bu iki çalışma dikkate alındığında, çift görev paradigması ile yapılan çalışmada tinnitus hastalarında dinleme eforu gözlenirken, pupillometri ile yapılan çalışmada sonuçların efor ile mi yoksa yorulma ile mi ilişkili olduğu belirlenememiştir. Literatürdeki bu tutarsızlık göz önüne alınarak, çalışmamızda tinnituslu hastalardaki dinleme eforu iki farklı objektif test yönteminin aynı anda

kullanılmasıyla otonom ve merkezi sinir sistemi olmak üzere iki farklı sistem aracılığıyla değerlendirilerek tinnitusun dinleme eforuna olan etkisinin patofizyolojik temelini araştırılması hedeflendi.

Daha önce de belirtildiği gibi önceki çalışmalarda uyarının çözümlenmesi sırasında EEG alfa bandı genliğindeki azalma dinleme eforu ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmamız sonucunda sunulan işitsel uyarının çözümlenme aşamasında, tinnitus grubundaki alfa bandı genliği artışı kontrol grubuna göre daha düşük olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, tinnitus hastalarında Deegest ve ark.'nı destekleyerek potansiyel bir dinleme eforunun kanıtı olabilir. Bahsedildiği üzere Jensen ve ark. pupillometri çalışmasında tinnitus ile kontrol grubu arasındaki farkın efordan mı yoksa yorulmadan mı kaynaklandığı belirleyememiştir (98). Ancak çalışmamız sonucunda gruplar arasında ortaya çıkan EEG alfa bandı genliğindeki artış yüzdesi farkının yorulma ile ilişkili olmadığı düşünülmüştür. Eğer bu fark yorulma ile ilişkili olsaydı yorulma durumunda katılımcı, uyarının çözümlenmesi için normalden daha fazla nöral kaynağa ihtiyaç duymayacağından dolayı beynin genel inhibisyon mekanizması baskın olacaktı. Bunun sonucunda EEG alfa bandı genliğinde azalmadan ziyade artış görülmesi beklenecekti (89).

Diğer yandan pupillometri sonucunda ise tinnitus grubunda uyarının çözümlenme aşamasında taban çizgisine göre maksimum pupil çapı büyüklüğünün değişim yüzdesi kontrol grubuna kıyasla daha düşük elde edilmiştir. Bu durum tinnitus hastalarının gelen işitsel uyarıyı analiz etmek için yeterli işitsel ipucu sağlayamadıklarından dinleme için sarf ettikleri efor düzeylerinin yorulmaya neden olacak kadar ileri gittiğinin göstergesi olabilir. Pupil çapının SSS ve PSS tarafından doğrudan kontrol edildiği düşünülmektedir (99). Dinleme eforu durumunda ise sağlıklı bireylerde PSS'nin baskılanıp SSS'nin devreye girmesiyle pupil çapının arttığı önceki çalışmalarda gösterilmiştir (99, 100). Ancak tinnitus ile birlikte oluşan otonom sinir sistemi davranışının değiştiği önceki çalışmalarda belirtilmiştir (101). Bu durum ise nörofizyolojik teorinin temel alt yapısını oluşturmaktadır (68). Bu teoriye göre tinnitustan rahatsızlık duyulduğu zamanlarda SSS sağlıklı bireylere göre tinnituslu hastalarda daha yüksek düzeyde aktivite oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu teoriye göre çalışmamızda tinnitus grubunun pupil çapının kontrol grubuna göre

artmış SSS aktivitesi nedeni ile daha fazla olması beklenilebilirdi. Ancak çalışmamız sırasında katılımcılara sunulan uyarının en az 65 dB SPL olduğu görülmektedir. Çalışmamıza katılan tinnituslu hastaların MML değerleri göz önüne alındığında tüm hastaların MML değerleri 65 dB SPL'nin altında yer almaktadır. Dolayısıyla çalışma sırasında hastalar tinnitusunu algılayamamaktadır. Bu durum, işitsel uyarıların sunumu sırasında tinnituslu hastaların olağan durumlarına göre rahatlamalarına ve dolayısıyla stres düzeyinin sağlıklı bireylere göre daha düşük olmasına olanak sağlamış olabilir. Bu durum ise tinnituslu hastalarda kontrol grubuna göre daha yüksek PSS aktivasyonuna neden olmuş olabilir. Artmış PSS aktivitesi ise pupil çapını düşürüp tinnituslu hastalarda ortaya çıkabilecek dinleme eforunu ileri noktaya taşıyarak, dinleme sırasında pupillometri sonuçlarının yorulma olarak yorumlanmasına neden olmuş olabilir. Tinnitus patofizyolojisinin otonom sinir sistemi ile yakından ilişkisi önceki çalışmalarda gösterilmiş olup bu sistemin tinnituslu hastalarda sağlıklı bireylere göre olağandan farklı cevaplar oluşturduğu bilinmektedir (21, 68, 101). Dolayısıyla bu durum ve çalışma sonucumuz, daha önce de Jensen ve ark.'nın çalışma prensibi otonom sinir sisteminin cevabına dayanan pupillometrinin tinnituslu hastalarda dinleme eforu düzeyini değerlendirmek için yeterince güvenilir bir değerlendirme yöntemi olmadığı hipotezini destekleyebilir. Nitekim literatürde dual-task paradigma ile gerçekleştirilen çalışmaların tamamında tinnituslu hastalarda dinleme eforu lehine sonuç elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışmamızda literatürde bildiğimiz kadarıyla ilk defa pupillometri dışında objektif bir test yöntemi ile tinnituslu hastalarda dinleme eforu varlığı değerlendirilmiştir. Çalışmamız sonucunda da tinnituslu hastalarda EEG alfa bandı genişliğindeki azalma dinleme eforu olarak yorumlanmış olup bu alanda gerçekleştirilen önceki davranışsal çalışmaları desteklemiştir.

Dinleme eforu, zorlu koşullar altında dinleme görevini yerine getirirken karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için kullanılan bilişsel kaynakların yönetimi olarak tanımlanabilir (13). Dinleme eforunu etkileyen temel olarak iki faktör vardır. Birincisi, uyarana bağlı, yani verilen görevin zorluğu ile ilgili faktörlerdir. İkincisi ise, çalışma belleği (102), hafıza (103), dikkat (100) gibi bilişsel beceriler, işitme kaybı (104) gibi merkezi işitsel yollara eksik girdiye sebep olan nedenler veya efor için yeterli motivasyon (13) gibi bireye bağlı faktörlerdir.

Dinleme eforunu ortaya çıkaran uyararla ilişkili faktörler, kontrol grubu için de geçerli olduğundan bu etkenler tinnituslu hastalarda ortaya çıkan dinleme handikabının olası bir nedeni olarak gösterilemeyeceği düşünülmektedir. Birey ile ilgili faktörler göz önüne alındığında ise, önceki çalışmalarda tinnitus hastalarında ortaya çıkan dinleme eforunun nedeni olarak katılımcıların dikkatlerinin verilen işitsel uyarana yerine tinnitus üzerinde olması gösterilmiştir (24). Çalışmamız sonucunda işitsel uyarının çözümlenmesi sırasında pupil çapı artışının tinnitus grubunda daha düşük elde edilmesi bu sonucu destekleyebilir. Çünkü bu durumda hastanın dikkati sunulan işitsel uyarandan ayrılıp tinnitusa kayacağı için SSS, PSS'ye göre daha baskın olacak ve pupil çapı tinnituslu grupta daha düşük olacaktır. Ancak gönderilen işitsel uyarana düzeyinin en az 65 dB SPL olduğu ve tinnituslu hastaların MML düzeylerinin 65 dB SPL'den daha az olduğu düşünülürse teorik olarak katılımcılar tinnituslarını algılayamayacaklardır. Bu nedenle, değerlendirme sırasında katılımcıların dikkatlerinin tinnitusa yönelme ihtimalinin oldukça zayıf olduğu görülmektedir. Nitekim EEG değerlendirmesi sırasında katılımcıların dikkatinin, işitsel uyarandan ziyade tinnitusa yönelmesi durumunda sunulan işitsel uyarının kodlanması için ayrılan nöral kaynak sayısının azalması beklenilecektir. Bunun sonucunda ise kortikal inhibisyonun artması ve tinnitus grubunda uyarının kodlanması sırasında EEG alfa genliğinin kontrol grubuna göre daha fazla olması beklenilebilirdi (89). Dolayısıyla tinnitus hastalarının dikkatlerinin işitsel uyarandan ziyade tinnituslarında olduğu varsayımının, tinnituslu hastalar için elde edilen dinleme eforu bulgusunun nedenlerinden biri olarak gösterilemeyeceği düşünülmektedir.

Literatürde tinnitusun bireylerde kronik anksiyeteye neden olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (105). Önceki çalışmalarda tinnitus hastalarında kronik anksiyete nedeniyle bilişsel kaynak kullanımının etkilendiği gösterilmiştir (106). Bilişsel kaynakların kullanımının etkilenmesi, çalışmamızda tinnitus grubunda görülen dinleme eforunun nedenlerinden biri olabilir. Çalışmamızda tinnitus hastalarının anksiyete durumları hakkında temel bilgi almak adına hastaların tinnitusa karşı geliştirdikleri olumsuz düşüncelerin günlük hayatlarına ne düzeyde yansıttığını belirleyen TEA kullanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda TEA skorları ile EEG alfa bandı genliği veya pupil çapı genişliği artış yüzdeleri arasında

bir ilişki bulunamamıştır. Dolayısıyla, en azından bu sonuca göre tinnitus hastalarının tinnitusa karşı geliştirdiği temel anksiyete seviyeleri ile dinleme eforu arasında bir ilişki olmayacağı düşünülmektedir. Bu sonucu yalnızca TEA gibi tinnitus ile ilişkili anksiyete hakkında temel bilgi veren bir anket ile savunmak mümkün değildir. Sonraki çalışmalarda katılımcıların anksiyete düzeylerini daha detaylı değerlendirmeye olanak sağlayan yöntemler ile dinleme eforu ilişkisi değerlendirmesi önerilmektedir. Diğer yandan dinleme eforunu etkileyebilecek dinleyiciye bağlı faktörlerden biri olan motivasyonu elimine etmek için ise tüm tinnitus ve kontrol grubuna yapılan değerlendirmeler aynı uzman aracılığı ile yapıldı. Aynı zamanda tüm katılımcılara tamamen aynı yönergeler verildi. Dolayısıyla gruplar arasında ortaya çıkan farklılıkların motivasyon ile ilişkili olmadığı düşünülmektedir.

Dinleme eforunun ortaya çıkmasında potansiyel faktörlerden olan çalışma belleği ve genel bellek süreçlerinin tinnitus hastalarında daha zayıf olduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (102, 103). Ancak Deegest ve ark.'nin yaptıkları çalışmalarında tinnitus hastalarında ortaya çıkan dinleme eforunu çalışma belleği ve genel bellek süreçleri ile ilişkilendirememişlerdir (107). Fakat bu çalışmada, dinleme eforu davranışsal bir yöntem olan çift görev paradigması ile değerlendirilmiştir. Literatürde EEG, pupillometri ve vücut kortizol düzeyi gibi farklı perspektiflerden dinleme eforunu objektif olarak değerlendiren birçok yöntem bulunmaktadır. Deegest ve ark.'nin davranışsal çift görev paradigması çalışmasında, dinleme eforu ile bilişsel beceriler arasında bir ilişkinin bulunamaması, bilişsel becerilerin gerçekten dinleme eforuyla ilişkili olmadığı anlamına gelmeyebilir. Bu nedenle çalışmamızda dinleme eforunu objektif olarak değerlendirmeye olanak sağlayan pupillometri ve EEG'den elde edilen verilerin genel bellek süreçleri, işleyen bellek ile yakından ilişkili olan MoCA skorları ile ilişkisi değerlendirildi. Değerlendirme sonucunda MoCA skorları ile pupil çapı ve EEG alfa bandı genliği arasında ilişki bulunamadı. MoCA, bilişsel beceriler ile yakından ilgili bir değerlendirme yöntemi olmasına rağmen, sadece MoCA sonuçlarıyla bilişsel beceriler hakkında kesin bir yargıya ulaşmanın zor olduğu düşünülmektedir. Sonraki çalışmalar, bilişsel beceriler ile dinleme eforu arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için bilişsel becerilerin daha kapsamlı değerlendirilmesine olanak sağlayan test yöntemleri kullanılabilir.

Çalışmamızda katılımcıların işitme eşikleri gruplar arasında tüm frekans aralığında (0.125-20 kHz) benzer olacak şekilde seçmiştir. Bu şekilde dinleme eforuna neden olan bireye bağımlı faktörler içerisinde gösterilen işitme kaybı etkisinin ekarte edilmesi amaçlanmıştır. Ancak benzer işitme eşikleri, iki grubun merkezi işitsel yolları arasında fark olmadığı anlamına gelmeyebilir. Nitekim literatürde işitme eşikleri (0.125-20 kHz) gruplar arasında farklılık göstermemesine rağmen tinnitus grubunda santral işitsel yolların proksimal ve distal alanlarında sağlıklı gruba göre farklılık gösterildiği çalışmalar mevcuttur (108, 109). Aynı zamanda literatürde yer alan çalışmalarda santral işitsel işleme becerilerindeki zayıflığın dinleme eforu üzerinde doğrudan bir etkisi olduğu gösterilmiştir (110, 111). Bu nedenle, çalışmamız sonucunda tinnitus hastalarında görülen dinleme eforunun nedenlerinden biri, tinnitus hastalarındaki merkezi işitsel işleme becerilerindeki farklılık olabilir.

Çalışmamızın temel amaçlarından biri de dinleme eforunu değerlendiren iki farklı objektif yöntem kullanarak tinnitusa ilişkin patofizyoloji teorilerine ışık tutmaktır. Literatürde tinnitus patofizyolojisine ilişkin temel iki model vardır. Bu teorilerden birisi *talamokortikal disritmi* teorisidir. Bu teoriye göre, periferik işitsel yollardaki girdi eksikliği nedeniyle kortikal bölgelerin periferik işitsel yollar üzerine olan inhibisyon etkisi azalmaya başlar. Kortikal inhibisyon mekanizmasının azalmasıyla santral işitsel yollarda hipereksitasyon meydana geldiği düşünülmektedir (112). Yapılan çalışmalarda EEG alfa bandı genliğinin kortikal alanlardaki inhibisyon seviyesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (27, 89, 113). Tinnitusun santral işitsel sistemdeki hiperaktivasyonla yakından ilişkisi bilinmektedir (109). Bu nedenle çalışmamızın sonucunda işitsel uyarının çözümlenme aşamasında EEG alfa bandı genliğindeki artışın tinnitus grubunda daha düşük elde edilmesinde talamokortikal disritmi teorisinde yer alan mekanizmanın katkısı olabilir. Tinnitus patofizyolojisine ilişkin temel alınan teorilerden bir diğeri ise nörofizyolojik teoridir. Nörofizyolojik teori, limbik sistem ile doğrudan ilişkili olan otonom sinir sistemindeki *eksitasyon inhibisyon* dengesinin bozulmasıyla tinnitus algısının meydana geldiğini savunmaktadır. Bu teoriye göre *eksitasyon inhibisyon* dengesinin bozulması ile birlikte tinnitus hastalarında ortaya çıkan SSS aktivitesinin sağlıklı bireylere göre daha fazla olduğu düşünülmektedir (21, 114). Yapılan çalışmalarda da SSS



aktivitesinin artmasıyla beraber pupil çapının arttığı gösterilmiştir (115, 116). Çalışmamız sonucunda tinnitus grubunda pupil çapının kontrol grubundan daha düşük elde edilmesi tinnituslu hastalarda SSS aktivitesinin artması ile değil PSS aktivitesinin artmasıyla açıklanabilmektedir. Bu sonuçlar ise tinnituslu hastalarda dinleme sırasında gerçekleşen efor düzeyinin artarak yorulmaya neden olduğunun göstergesi olabilir. Ancak literatürde tinnituslu hastalarda davranışsal yöntemler ile dinleme eforunu değerlendiren çalışmaların tamamında ve çalışmamızın otonom sinir sistemi cevabından bağımsız merkezi sinir sistemi aracılığıyla değerlendiren EEG komponentiyle birlikte uyguladığımız GAÖ sonucunda, tinnituslu hastalarda doğrudan dinleme eforu lehine sonuçlar elde edilmiştir. Pupillometrinin farklı sonuç vermesinin nedeni nörofizyolojik teorinin temelini oluşturan, tinnituslu hastalarda otonom sinir sistemi cevabının sağlıklı bireylere göre farklılık göstermesi düşüncesi olabilir. Deney sırasında katılımcıların tinnitusunun, verilen işitsel uyarın nedeniyle geçici olarak maskelenmesi ve hastalara tinnitustan dikkati uzaklaştıracak bir görev (deneye katılması, cümlelerin tekrar edilmesi gibi) verilmesi tinnitus grubunun tinnitus ile ilişkili stres düzeyini azaltmış olabilir. Bu nedenle tinnituslu hastalarda normal şartlarda baskın olan SSS yerine PSS baskın hale gelmiş olabilir. Ardından artmış PSS cevabı tinnitus grubunda pupil kontraksiyonuna yol açmış olabilir. Hatta bu kontraksiyon tinnituslu hastalarda pupillometride dinleme eforunun (daha yüksek düzeyde pupil çapı) görülmesini engellemiş olabilir. Bu nedenle tinnituslu hastalarda görülebilecek efor daha ileri seviyeye taşınmış gibi görünüp sonuçlarımıza yorgunluk olarak yansımış olabilir. Sonuç olarak pupillometride görülen bu sonuç nörofizyolojik teoriyi destekleyerek otonom sinir sisteminin tinnituslu hastalarda ne derecede etkili olabileceğinin kanıtı olabilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamız sonucunda tinnitus hastalarında işitsel uyarının çözümlenme aşamasında EEG alfa bandı genliğindeki artış kontrol grubuna göre daha düşük elde edilmiştir. Aynı zamanda tinnitus grubunda GAÖ skorları daha yüksek elde edilmiştir. Bu sonuçlar hipotezimizle uyumlu olarak tinnituslu hastalarda potansiyel bir dinleme eforu lehine yorumlanmıştır. Diğer yandan pupillometri sonuçları, tinnituslu hastalarda işitsel uyarının çözümlenme aşamasında meydana gelen eforu bir adım ileriye taşıyıp yorulma olarak sonuçlarımıza yansıtmıştır. Bu sonucun katılımcıların tinnitustan dikkatlerini uzaklaştırmaları nedeniyle tinnitusa karşı duydukları kaygı seviyelerinin azalmasıyla PSS'nin baskın hale gelmesi sonucunda ortaya çıktığı düşünülmüştür. Bu nedenle pupillometrinin otonom sinir sistemi cevabının etkilendiği koşullarda dinleme eforu düzeyini değerlendirme açısından yeterli güvenilirlikte sonuç sağlayamayabileceği düşünülmektedir.

Dinleme eforunun bireylerin mevcut kelime dağarcığı ile yakından ilişkili olduğu önceki çalışmalarda gösterilmiştir (117, 118). Çalışmamızda tinnitus grubu ve kontrol grubu olmak üzere iki grup kullanıldı ve çalışmanın hipotezlerini test etmek için bu iki grup karşılaştırıldı. Bireylerin kelime dağarcığı hakkında fikir veren değişkenlerden olan yaş durumu her ne kadar gruplar arasında farklılık göstermese de katılımcıların kelime dağarcığını doğrudan değerlendiren bir yöntem kullanmadan katılımcılar arasında herhangi bir farklılık olmadığını savunmak mümkün değildir. Kelime dağarcığının dinleme eforuna olan etkisi düşünüldüğünde bu durumun çalışmamızın kısıtlılıklar arasında yer alabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle sonraki çalışmalarda gruplar arası kelime dağarcığının kontrol altına alınması önerilmektedir. Ayrıca çalışmamızda dinleme eforunu etkileyen potansiyel her bir faktör çalışmamızdan elde edilen bulgular ile tartışılmıştır. Ancak bu faktörlerin bir kısmı (çalışma belleği, hafıza, dikkat) çalışmamızın materyal ve metodu içerisinde değerlendirilmemiş olup literatürde yer alan önceki çalışmalar sonucunda elde edilen verilerden alıntı yapılarak çalışma bulgularımız ile tartışılmıştır. Sonraki çalışmalarda tinnitus grubunda dinleme eforuna neden olabilecek olası faktörlerin çalışma kapsamında değerlendirilip tartışılması, tinnituslu hastalarda ortaya çıkan

dinleme handikabının olası mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi açısından değerli olabileceği düşünülmektedir.

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, EEG ve pupillometri perspektifinden dinleme eforunu analiz eden ve işitme kaybının dinleme eforu üzerindeki olası etkisini dışlamak için 0.125-20 kHz aralığında gruplar arasında benzer işitme eşikleri sağlayan ilk çalışmadır. Aynı zamanda çalışmamızın EEG alfa bandı ile tinnitus patofizyolojisine ilişkin *talamokortikal disritmi* teorisinin, pupillometri ile de tinnitus patofizyolojisine ilişkin *nörofizyolojik teorinin* temel aldığı prensiplere ışık tuttuğu düşünülmektedir. Bu yönüyle bu çalışma yalnızca tinnitusun bireylerdeki dinleme becerileri üzerine olan etkisini sorgulamakla kalmayıp aynı anda EEG ve pupillometri kullanarak tinnitusun patofizyolojisine ilişkin iki temel teoriye de katkı sağlamaktadır. Klinik pratikte, kliniğe başvuran tinnitus hastalarında klinisyenlerin temel amacı tinnitusun neden olduğu kaygı düzeyini ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik olmaktadır. Ancak çalışmamız sonucunda tinnitusun bireylerdeki dinleme becerilerine olan potansiyel etkisi göz önünde bulundurularak, klinisyenlerin tedavi/terapi protokollerine tinnitusla ilgili olumsuz algıyı azaltmanın yanı sıra tinnitus hastalarının günlük hayatta, özellikle gürültülü ortamlarda yaşayabilecekleri dinleme handikabını azaltmak eklenebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Langguth B, Kreuzer PM, Kleinjung T, De Ridder D. Tinnitus: causes and clinical management. *The Lancet Neurology*. 2013;12(9):920-30.
2. Axelsson A, Ringdahl A. Tinnitus—a study of its prevalence and characteristics. *British journal of audiology*. 1989;23(1):53-62.
3. Xu X, Bu X, Zhou L, Xing G, Liu C, Wang D. An epidemiologic study of tinnitus in a population in Jiangsu Province, China. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2011;22(09):578-85.
4. Gudwani S, Munjal SK, Kohli A. Association of chronic subjective tinnitus with neuro-cognitive performance. *The international tinnitus journal*. 2017;21(2):90-7.
5. Wang Y, Zhang JN, Hu W, Li JJ, Zhou JX, Zhang JP, et al. The characteristics of cognitive impairment in subjective chronic tinnitus. *Brain and behavior*. 2018;8(3):e00918.
6. Nagaraj MK, Bhaskar A, Prabhu P. Assessment of auditory working memory in normal hearing adults with tinnitus. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2020;277(1):47-54.
7. Rossiter S, Stevens C, Walker G. Tinnitus and its effect on working memory and attention. 2006.
8. Waechter S, Wilson WJ, Brännström JK. The impact of tinnitus on working memory capacity. *International Journal of Audiology*. 2021;60(4):274-81.
9. Waechter S, Hallendorf L, Malmstein E, Olsson A, Brännström KJ. The impact of tinnitus on N-back performance in normal hearing individuals. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2019;30(03):169-77.
10. Brueggemann P, Neff PK, Meyer M, Riemer N, Rose M, Mazurek B. On the relationship between tinnitus distress, cognitive performance and aging. *Progress in Brain Research*. 2021;262:263-85.
11. Lima DO, Araújo AMGDd, Branco-Barreiro FCA, Carneiro CdS, Almeida LNA, Rosa MRDd. Auditory attention in individuals with tinnitus☆. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2020;86:461-7.
12. Heeren A, Maurage P, Perrot H, De Volder A, Renier L, Araneda R, et al. Tinnitus specifically alters the top-down executive control sub-component of attention: evidence from the attention network task. *Behavioural brain research*. 2014;269:147-54.
13. Pichora-Fuller MK, Kramer SE, Eckert MA, Edwards B, Hornsby BW, Humes LE, et al. Hearing impairment and cognitive energy: The framework for understanding effortful listening (FUEL). *Ear and hearing*. 2016;37:5S-27S.
14. Peelle JE. Listening effort: How the cognitive consequences of acoustic challenge are reflected in brain and behavior. *Ear and hearing*. 2018;39(2):204.
15. Winn MB, Wendt D, Koelewijn T, Kuchinsky SE. Best practices and advice for using pupillometry to measure listening effort: An introduction for those who want to get started. *Trends in hearing*. 2018;22:2331216518800869.
16. Koelewijn T, Zekveld AA, Festen JM, Kramer SE. The influence of informational masking on speech perception and pupil response in adults with hearing impairment. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014;135(3):1596-606.
17. Wendt D, Dau T, Hjortkjær J. Impact of background noise and sentence complexity on processing demands during sentence comprehension. *Frontiers in psychology*. 2016;7:345.
18. Leiberg S, Lutzenberger W, Kaiser J. Effects of memory load on cortical oscillatory activity during auditory pattern working memory. *Brain research*. 2006;1120(1):131-40.
19. Karrasch M, Laine M, Rapinoja P, Krause CM. Effects of normal aging on event-related desynchronization/synchronization during a memory task in humans. *Neuroscience letters*. 2004;366(1):18-23.

20. Obleser J, Weisz N. Suppressed alpha oscillations predict intelligibility of speech and its acoustic details. *Cerebral cortex*. 2012;22(11):2466-77.
21. Jastreboff P, editor *The neurophysiological model of tinnitus and hyperacusis*. Proceedings of the sixth international tinnitus seminar; 1999: Citeseer.
22. Saunders JC. The role of central nervous system plasticity in tinnitus. *Journal of communication disorders*. 2007;40(4):313-34.
23. Callaway S, Lunner T, Wendt D. Measuring the Impact of Tinnitus on Aided Listening Effort Using Pupillary Response. *Trends in Hearing*. 2018;22:2331216518795340-.
24. Degeest S, Keppler H, Corthals P. The effect of tinnitus on listening effort in normal-hearing young adults: a preliminary study. *Journal of speech, language, and hearing research*. 2017;60(4):1036-45.
25. GÜRSES E, ERCAN S, TÜRKYILMAZ MD, AKSOY S. Tinnituslu Bireylerde Dinleme Eforunun Değerlendirilmesi: Bir Ön Çalışma. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*. 2018;1(1):15-20.
26. Miles K, McMahon C, Boisvert I, Ibrahim R, De Lissa P, Graham P, et al. Objective assessment of listening effort: Coregistration of pupillometry and EEG. *Trends in hearing*. 2017;21:2331216517706396.
27. Seifi Ala T, Graversen C, Wendt D, Alickovic E, Whitmer WM, Lunner T. An exploratory study of EEG alpha oscillation and pupil dilation in hearing-aid users during effortful listening to continuous speech. *Plos one*. 2020;15(7):e0235782.
28. Basso D, Ferrari M, Palladino P. Prospective memory and working memory: Asymmetrical effects during frontal lobe TMS stimulation. *Neuropsychologia*. 2010;48(11):3282-90.
29. Motlagh Zadeh L, Silbert NH, Sternasty K, Swanepoel DW, Hunter LL, Moore DR. Extended high-frequency hearing enhances speech perception in noise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019;116(47):23753-9.
30. Hunter LL, Monson BB, Moore DR, Dhar S, Wright BA, Munro KJ, et al. Extended high frequency hearing and speech perception implications in adults and children. *Hearing research*. 2020;397:107922.
31. Henry JL. *The psychological management of chronic tinnitus: A cognitive behavioral approach*. ALLYN AND BACON. 2001.
32. Dietrich S. Earliest historic reference of 'tinnitus' is controversial. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2004;118(7):487-8.
33. Maltby MT. Ancient voices on tinnitus: the pathology and treatment of tinnitus in Celsus and the Hippocratic Corpus compared and contrasted. *International Tinnitus Journal*. 2012;17(2).
34. Oiticica J, Bittar RS. Tinnitus prevalence in the city of São Paulo. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015;81(2):167-76.
35. Nondahl DM, Cruickshanks KJ, Wiley TL, Klein BEK, Klein R, Chappell R, et al. The ten-year incidence of tinnitus among older adults. *International Journal of Audiology*. 2010;49(8):580-5.
36. McCormack A, Edmondson-Jones M, Fortnum H, Dawes P, Middleton H, Munro KJ, et al. The prevalence of tinnitus and the relationship with neuroticism in a middle-aged UK population. *Journal of Psychosomatic Research*. 2014;76(1):56-60.
37. Sogebi OA. Characterization of tinnitus in Nigeria. *Auris Nasus Larynx*. 2013;40(4):356-60.
38. Fujii K, Nagata C, Nakamura K, Kawachi T, Takatsuka N, Oba S, et al. Prevalence of tinnitus in community-dwelling Japanese adults. *Journal of epidemiology*. 2011;21(4):299-304.
39. McCormack A, Edmondson-Jones M, Somerset S, Hall D. A systematic review of the reporting of tinnitus prevalence and severity. *Hearing Research*. 2016;337:70-9.

40. Günay O, Borlu A, Horoz D, Günay İ. Tinnitus prevalence among the primary care patients in Kayseri, Türkiye. *Erciyes Medical Journal*. 2011;33(1):39-46.
41. Baguley D, McFerran D, Hall D. Tinnitus. *The Lancet*. 2013;382(9904):1600-7.
42. Hinchcliffe R. Prevalence of the commoner ear, nose, and throat conditions in the adult rural population of Great Britain: a study by direct examination of two random samples. *British journal of preventive & social medicine*. 1961;15(3):128.
43. Chan Y. Tinnitus: etiology, classification, characteristics, and treatment. *Discovery medicine*. 2009;8(42):133-6.
44. Liyanage S, Singh A, Savundra P, Kalan A. Pulsatile tinnitus. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2006;120(2):93-7.
45. Jastreboff PJ. Phantom auditory perception (tinnitus): mechanisms of generation and perception. *Neuroscience research*. 1990;8(4):221-54.
46. JASTREBOFF PJ. Tinnitus as a phantom perception theories and clinical implications. *Mechanisms of tinnitus*. 1995.
47. Moore BC. The relationship between tinnitus pitch and the edge frequency of the audiogram in individuals with hearing impairment and tonal tinnitus. *Hearing research*. 2010;261(1-2):51-6.
48. Sereda M, Hall DA, Bosnyak DJ, Edmondson-Jones M, Roberts LE, Adjamian P, et al. Re-examining the relationship between audiometric profile and tinnitus pitch. *International journal of audiology*. 2011;50(5):303-12.
49. Roberts LE, Eggermont JJ, Caspary DM, Shore SE, Melcher JR, Kaltenbach JA. Ringing ears: the neuroscience of tinnitus. *Journal of Neuroscience*. 2010;30(45):14972-9.
50. Wallhäusser-Franke E, Langner G, editors. Central activation patterns after experimental tinnitus induction in an animal model. *Proceedings of the sixth international tinnitus seminar London: The Tinnitus and Hyperacusis Centre; 1999*.
51. Norena AJ. An integrative model of tinnitus based on a central gain controlling neural sensitivity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2011;35(5):1089-109.
52. Eggermont J. Cortical tonotopic map reorganization and its implications for treatment of tinnitus. *Acta Oto-Laryngologica*. 2006;126(sup556):9-12.
53. De Ridder D, Vanneste S. Auditory cortex stimulation for tinnitus. *Textbook of tinnitus: Springer; 2011*. p. 717-26.
54. Robertson D, Irvine DR. Plasticity of frequency organization in auditory cortex of guinea pigs with partial unilateral deafness. *Journal of Comparative Neurology*. 1989;282(3):456-71.
55. Adjamian P, Sereda M, Hall DA. The mechanisms of tinnitus: perspectives from human functional neuroimaging. *Hearing research*. 2009;253(1-2):15-31.
56. Salvi R, Lockwood A, Burkard R. Neural plasticity and tinnitus. *Tinnitus handbook*. 2000;1:123-48.
57. Lotfi Y, Moossavi A, Javanbakht M, Faghih Zadeh S. Speech-ABR in contralateral noise: A potential tool to evaluate rostral part of the auditory efferent system. *Medical Hypotheses*. 2019;132:109355.
58. Veuille E. Tinnitus and medial cochlear efferent system. *Tinnitus* 91. 1992:205-9.
59. Lind O. Transient-evoked otoacoustic emissions and contralateral suppression in patients with unilateral tinnitus. *Scandinavian audiology*. 1996;25(3):167-72.
60. Eggermont J. Physiological mechanisms and neural models. *Tinnitus handbook*. 2000:85-122.
61. Hazell J. Tinnitus. III: The practical management of sensorineural tinnitus. *The Journal of otolaryngology*. 1990;19(1):11-8.
62. Jastreboff PJ, Hazell JW, Graham RL. Neurophysiological model of tinnitus: dependence of the minimal masking level on treatment outcome. *Hearing Research*. 1994;80(2):216-32.

63. Lockwood AH, Salvi R, Coad M, Towsley M, Wack D, Murphy B. The functional neuroanatomy of tinnitus: evidence for limbic system links and neural plasticity. *Neurology*. 1998;50(1):114-20.
64. Cacace A, editor *Delineating tinnitus-related activity in the nervous system: Application of functional imaging at the fin de siècle*. Sixth International Tinnitus Seminar; 1999.
65. Nelken I, Young ED. Why do cats need a dorsal cochlear nucleus? *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*. 1996;7(3):199-220.
66. Møssler AR. Pathophysiology of tinnitus. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 1984;93(1):39-44.
67. Eggermont JJ. On the pathophysiology of tinnitus; a review and a peripheral model. *Hearing research*. 1990;48(1-2):111-23.
68. Jastreboff PJ, Gray WC, Gold SL. Neurophysiological approach to tinnitus patients. *American Journal of Otology*. 1996;17(2):236-40.
69. Baguley DM, Beynon GJ, Thornton F. A consideration of the effect of ear canal resonance and hearing loss upon white noise generators for tinnitus retraining therapy. *The Journal of Laryngology & Otology*. 1997;111(9):810-3.
70. Rauschecker JP, Leaver AM, Mühlau M. Tuning out the noise: limbic-auditory interactions in tinnitus. *Neuron*. 2010;66(6):819-26.
71. Mattys SL, Davis MH, Bradlow AR, Scott SK. Speech recognition in adverse conditions: A review. *Language and Cognitive Processes*. 2012;27(7-8):953-78.
72. Shinn-Cunningham BG, Best V. Selective attention in normal and impaired hearing. *Trends in amplification*. 2008;12(4):283-99.
73. Taşdemir İ. *Unilateral Ve Bimodal Koklear Implant Kullanıcılarında Dinleme Eforunun Değerlendirilmesi: Marmara Üniversitesi (Turkey)*; 2019.
74. Mackersie CL, MacPhee IX, Heldt EW. Effects of hearing loss on heart-rate variability and skin conductance measured during sentence recognition in noise. *Ear and hearing*. 2015;36(1):145.
75. Larsby B, Hällgren M, Lyxell B, Arlinger S. Cognitive performance and perceived effort in speech processing tasks: effects of different noise backgrounds in normal-hearing and hearing-impaired subjects *Desempeño cognitivo y percepción del esfuerzo en tareas de procesamiento del lenguaje: Efectos de las diferentes condiciones de fondo en sujetos normales e hipoacúsicos*. *International Journal of Audiology*. 2005;44(3):131-43.
76. Bess FH, Hornsby BW. Commentary: Listening can be exhausting—Fatigue in children and adults with hearing loss. *Ear and hearing*. 2014;35(6):592.
77. Picou EM, Ricketts TA, Hornsby BW. How hearing aids, background noise, and visual cues influence objective listening effort. *Ear and Hearing*. 2013;34(5):e52-e64.
78. Howard CS, Munro KJ, Plack CJ. Listening effort at signal-to-noise ratios that are typical of the school classroom. *International journal of audiology*. 2010;49(12):928-32.
79. Picou EM, Ricketts TA. The effect of changing the secondary task in dual-task paradigms for measuring listening effort. *Ear and Hearing*. 2014;35(6):611-22.
80. Tun PA, McCoy S, Wingfield A. Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychology and aging*. 2009;24(3):761.
81. Mackersie CL, Cones H. Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2011;22(02):113-22.
82. Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. Pupil response as an indication of effortful listening: The influence of sentence intelligibility. *Ear and hearing*. 2010;31(4):480-90.
83. Peelle JE, Eason RJ, Schmitter S, Schwarzbauer C, Davis MH. Evaluating an acoustically quiet EPI sequence for use in fMRI studies of speech and auditory processing. *Neuroimage*. 2010;52(4):1410-9.
84. Bernarding C, Strauss DJ, Hannemann R, Seidler H, Corona-Strauss FI, editors. *Objective assessment of listening effort in the oscillatory EEG: Comparison of different*

- hearing aid configurations. 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2014: IEEE.
85. Sendesen E, Erbil N, Türkyılmaz MD. The mismatch negativity responses of individuals with tinnitus with normal extended high-frequency hearing—is it possible to use mismatch negativity in the evaluation of tinnitus? *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2021;1-10.
  86. Ozdilek B, Kenangil G. Validation of the Turkish Version of the Montreal Cognitive Assessment Scale (MoCA-TR) in patients with Parkinson's disease. *The Clinical Neuropsychologist*. 2014;28(2):333-43.
  87. Aksoy S, Firat Y, Alpar R. The Tinnitus Handicap Inventory: a study of validity and reliability. *International tinnitus journal*. 2007;13(2):94.
  88. Dimitrijevic A, Smith ML, Kadis DS, Moore DR. Neural indices of listening effort in noisy environments. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1-10.
  89. Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain research reviews*. 2007;53(1):63-88.
  90. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*. 2012;16(12):606-17.
  91. Weisz N, Hartmann T, Müller N, Lorenz I, Obleser J. Alpha rhythms in audition: cognitive and clinical perspectives. *Frontiers in psychology*. 2011;2:73.
  92. Li G, Huang S, Xu W, Jiao W, Jiang Y, Gao Z, et al. The impact of mental fatigue on brain activity: a comparative study both in resting state and task state using EEG. *BMC neuroscience*. 2020;21(1):1-9.
  93. McDougal DH, Gamlin PD. Autonomic control of the eye. *Comprehensive physiology*. 2015;5(1):439.
  94. Ohlenforst B, Zekveld AA, Lunner T, Wendt D, Naylor G, Wang Y, et al. Impact of stimulus-related factors and hearing impairment on listening effort as indicated by pupil dilation. *Hearing Research*. 2017;351:68-79.
  95. Wendt D, Hietkamp RK, Lunner T. Impact of noise and noise reduction on processing effort: A pupillometry study. *Ear and hearing*. 2017;38(6):690-700.
  96. Wang Y, Kramer SE, Wendt D, Naylor G, Lunner T, Zekveld AA. The Pupil Dilation Response During Speech Perception in Dark and Light: The Involvement of the Parasympathetic Nervous System in Listening Effort. *Trends in Hearing*. 2018;22:2331216518816603.
  97. Fiedler L, Ala TS, Graversen C, Alickovic E, Lunner T, Wendt D. Hearing Aid Noise Reduction Lowers the Sustained Listening Effort During Continuous Speech in Noise—A Combined Pupillometry and EEG Study. *Ear and hearing*. 2021;42(6):1590-601.
  98. Juul Jensen J, Callaway SL, Lunner T, Wendt D. Measuring the Impact of Tinnitus on Aided Listening Effort Using Pupillary Response. *Trends Hear*. 2018;22:2331216518795340.
  99. van der Wel P, van Steenberghe H. Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic bulletin & review*. 2018;25(6):2005-15.
  100. Koelewijn T, de Kluiver H, Shinn-Cunningham BG, Zekveld AA, Kramer SE. The pupil response reveals increased listening effort when it is difficult to focus attention. *Hearing research*. 2015;323:81-90.
  101. Jastreboff PJ. Tinnitus retraining therapy. *Textbook of tinnitus*. 2011:575-96.
  102. Amichetti NM, Stanley RS, White AG, Wingfield A. Monitoring the capacity of working memory: Executive control and effects of listening effort. *Memory & cognition*. 2013;41(6):839-49.
  103. Rudner M. Cognitive spare capacity as an index of listening effort. *Ear and hearing*. 2016;37:69S-76S.
  104. Rosemann S, Thiel CM. The effect of age-related hearing loss and listening effort on resting state connectivity. *Scientific Reports*. 2019;9(1):1-9.



105. Karaaslan Ö, Kantekin Y, Hacimusalar Y, Dağistan H. Anxiety sensitivities, anxiety and depression levels, and personality traits of patients with chronic subjective tinnitus: a case-control study. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*. 2020;24(3):264-9.
106. Mah L, Szabuniewicz C, Fiocco AJ. Can anxiety damage the brain? *Current opinion in psychiatry*. 2016;29(1):56-63.
107. Degeest S, Kestens K, Keppler H. Investigation of the Relation Between Tinnitus, Cognition, and the Amount of Listening Effort. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2022;65(5):1988-2002.
108. Sendesen E, Erbil N, Türkyılmaz MD. The mismatch negativity responses of individuals with tinnitus with normal extended high-frequency hearing—is it possible to use mismatch negativity in the evaluation of tinnitus? *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2022;279(7):3425-34.
109. Sendesen E, Kaynakoglu B, Veziroglu LB, Türkyılmaz MD. Auditory brainstem response in unilateral tinnitus patients: does symmetrical hearing thresholds and within-subject comparison affect responses? *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2022:1-7.
110. Danneels M, Degeest S, Dhooge I, Keppler H. Central auditory processing and listening effort in normal-hearing children: a pilot study. *International Journal of Audiology*. 2021;60(10):739-46.
111. Rosemann S, Thiel CM. Neuroanatomical changes associated with age-related hearing loss and listening effort. *Brain Structure and Function*. 2020;225(9):2689-700.
112. Weisz N, Dohrmann K, Elbert T. The relevance of spontaneous activity for the coding of the tinnitus sensation. *Progress in brain research*. 2007;166:61-70.
113. Kostandyan M, Bombeke K, Carsten T, Krebs RM, Notebaert W, Boehler CN. Differential effects of sustained and transient effort triggered by reward—A combined EEG and pupillometry study. *Neuropsychologia*. 2019;123:116-30.
114. Wallhäuser-Franke E, Schredl M, Delb W. Tinnitus and insomnia: is hyperarousal the common denominator? *Sleep Medicine Reviews*. 2013;17(1):65-74.
115. Turnbull PR, Irani N, Lim N, Phillips JR. Origins of pupillary hippus in the autonomic nervous system. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2017;58(1):197-203.
116. Karemaker JM. An introduction into autonomic nervous function. *Physiological measurement*. 2017;38(5):R89.
117. Walker EA, Sapp C, Oleson JJ, McCreery RW. Longitudinal speech recognition in noise in children: Effects of hearing status and vocabulary. *Frontiers in Psychology*. 2019;10:2421.
118. Zekveld AA, Kramer SE, Festen JM. Cognitive load during speech perception in noise: The influence of age, hearing loss, and cognition on the pupil response. *Ear and hearing*. 2011;32(4):498-510.

## 8. EKLER

### EK-1: Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onayı



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

Sayı : 16969557-2175

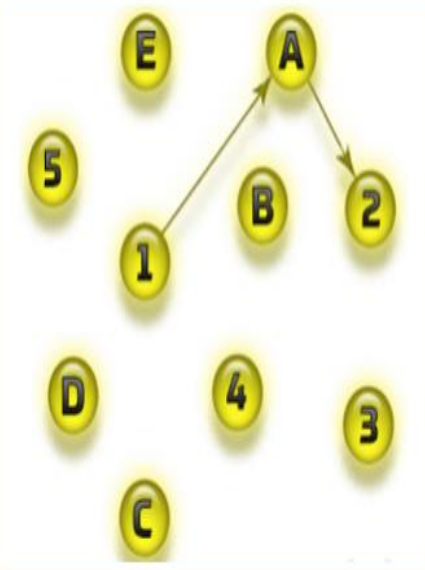
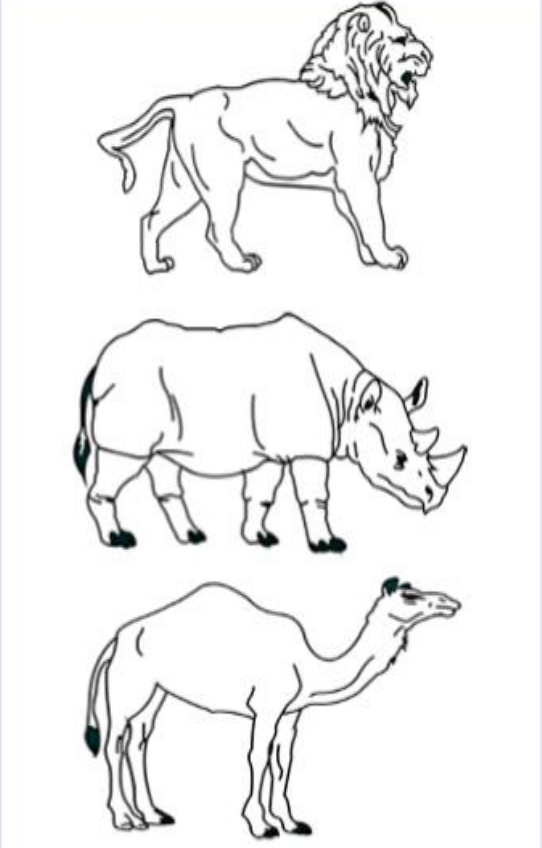
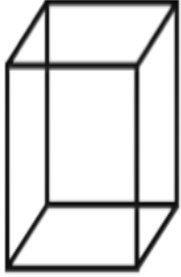
Konu :

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 29 HAZİRAN 2021 SALI  
**Toplantı No** : 2021/13  
**Proje No** : GO 21/827(Değerlendirme Tarihi: 29.06.2021)  
**Karar No** : 2021/13-38

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Dr. Öğr. Üyesi Nurhan ERBİL ile birlikte çalışacakları ve Arş. Gör. Eser SENDESEN'in doktora tezi olan, GO 21/827 kayıt numaralı "*Tinnitusun Dinleme Eforuna Etkisinin Değerlendirilmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 15 Eylül 2021-15 Eylül 2023 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

## EK-2: Montreal Bilişsel Değerlendirme Testi (MoCA)

<p>Lütfen '1'den başlayarak bir sayı bir harf sırası ile birbirini izleyen sayı ve harfleri bir çizgi ile birleştirin.</p> <p><b>1</b></p> <p><input type="checkbox"/></p> 	<p>Soldan başlayarak bu hayvanların ismini söyleyin (doğru bilinen her hayvan ismi için 1 puan).</p> <p><b>4</b></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> 						
<p>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.)</p> <p><b>2</b></p> <p><input type="checkbox"/></p> 	<p>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 her bir 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 her bir kelime için ilgili kutuya ilave bir işaret (x) koyun.)</p> <p><b>5</b></p> <p>'Testin sonunda sizden bu kelimeleri hatırlamanızı isteyeceğim' deyin.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Burun <input type="checkbox"/></td> <td>Kadife <input type="checkbox"/></td> <td>Cami <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Papatya <input type="checkbox"/></td> <td>Mor <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Burun <input type="checkbox"/>	Kadife <input type="checkbox"/>	Cami <input type="checkbox"/>	Papatya <input type="checkbox"/>	Mor <input type="checkbox"/>	
Burun <input type="checkbox"/>	Kadife <input type="checkbox"/>	Cami <input type="checkbox"/>					
Papatya <input type="checkbox"/>	Mor <input type="checkbox"/>						
<p>Bir saat çizin. Saatin tüm rakamlarını yazın ve saat 11' i 1 geçeyi göstereyin (çerçeve 1 puan, rakamlar 1 puan, akrep ve yelkovan 1 puan).</p> <p><b>3</b></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p>							

**6** Size bazı rakamlar söyleyeceğim, ben bitirdikten sonra, söylemiş olduğum rakamları sıra ile tekrar edin

<sub>1</sub> 2 1 8 5 4

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

<sub>1</sub> 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)

<sub>1</sub> FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOFAB

+ 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.)

<sub>2</sub> <sub>3</sub>

100	93	86	79	72
-----	----	----	----	----

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.

<sub>1</sub> *'Köpekler odadayken, kedi hep kanepenin altına saklanırdı.'*

<sub>2</sub> 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 kelimeleri okumuştum. Sizden o kelimeleri hatırlamanızı ve söylemenizi istiyorum. Hatırlayabildiğiniz kelimeleri söyleyin'. (Hiçbir ipucu olmaksızın spontan olarak doğru hatırlanmış her bir kelime için ilgili bölüme işaret konur.)

BURUN ipucu: vücut bölümü	KADIFE ipucu: kumaş türü
CAMI 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 hatırlamıyorsa, kodlamaya bağlı bir bellek bozukluğu düşünülür.

**11** 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 her bir 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 verilmeyin.)

<sub>1</sub> <sub>2</sub> <sub>3</sub> <sub>4</sub> <sub>5</sub> <sub>6</sub>

Gün <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Ay <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Yıl <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>
Günlere ne <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Buranın adı <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Şehrin adı <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>

**8** 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** 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.

<sub>1</sub> Her madde çiftine verilen doğru yanıt: 1 puan

<input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Tren	Bisiklet	ulaşım aracı, seyahat edilir, her ikisine de binilip gezilir benzeri (tekerlekleri var yanlıştır)
Saat	Cetvel	ölçü araçları, ölçmek için benzeri (sayılar var yanlıştır)

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

<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Burun <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Kadife <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Cami <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>
<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>			
<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>			
<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>			
<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>	Papatya <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>		Mor <input type="checkbox"/> <sub>1</sub>

**Toplam Puan (0-30):** ..... (>21 normal)

**EK-3: Tinnitus Engellilik Anketi****TİNNİTUS ENGELLİLİK ANKETİ**

Açıklama: Bu ölçeğin amacı çınlamanın sizde meydana getirdiği problemleri açıklığa kavuşturmadır. Her soru için evet, bazen veya hayır'ı daire içine alınız.

1- Çınlamanız nedeniyle dikkatinizi toplamada güçlük çekiyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

2-Çınlama sesinin yüksekliği nedeniyle insanları duymada güçlük çekiyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

3-Çınlamanız sizi sinirlendiriyor mu?

Evet Bazen Hayır

4-Çınlamanız kafanızın karışması hissi uyandırıyor mu?

Evet Bazen Hayır

5-Çınlamanız nedeniyle umutsuzluk hissediyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

6-Çınlamanızdan büyük oranda şikayetçi misiniz?

Evet Bazen Hayır

7-Çınlamanız nedeniyle gece uykuya dalmakta güçlük çekiyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

8-Çınlamanızdan kurtulamayacağınız hissine kapıyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

9-Çınlamanız sosyal aktivitelerden keyif almanızı engelliyor mu?

Evet Bazen Hayır

10- Çınlamanız nedeniyle kendiniz engellenmiş hissediyor musunuz?  
( dışarıda akşam yemeği yemek veya sinamaya gitme gibi)

Evet Bazen Hayır

11- Çınlamanız nedeniyle felaket bir hastalığa yalanmış hissine kapılıyor musunuz?

Evet Bazen Hayır

12- Çınlamanız hayattan zevk almanızı güçleştiriyor mu?

Evet Bazen Hayır

13- Çınlamanız işinize veya evinizle ilgili sorumluluklarınızı yerine getirmenizi engelliyor mu?

Evet Bazen Hayır

- 14- Çınlamanız nedeniyle kendinizi sıklıkla alıngan bulduğunuz oluyor mu?  
 Evet Bazen Hayır
- 15- Çınlamanız nedeniyle sizin için okumak güç oluyor mu?  
 Evet Bazen Hayır
- 16- Çınlamanız sizi üzüyor mu?  
 Evet Bazen Hayır
- 17-Çınlama probleminiz ailenizdeki bireylerle ve arkadaşlarınızla olan ilişkilerinizde baskıya yol açtığını hissediyor musunuz?  
 Evet Bazen Hayır
- 18-Dikkatinizi çınlamadan uzaklaştırmayı ve diğer şeylere odaklamayı güç buluyor musunuz?  
 Evet Bazen Hayır
- 19- Çınlamanız üzerinde hiçbir kontrolünüzün olmadığını hissediyor musunuz?  
 Evet Bazen Hayır
- 20- Çınlamanız nedeniyle sık sık kendinizi yorgun hissediyor musunuz ?  
 Evet Bazen Hayır
- 21- Çınlamanız nedeniyle kendinizi çökkün hissediyor musunuz?  
 Evet Bazen Hayır
- 22- Çınlamanız sizi sinirli hissettiriyor mu?  
 Evet Bazen Hayır
- 23- Çınlamanızla artık başa çıkamadığınızı düşünüyor musunuz?  
 Evet Bazen Hayır
- 24- Çınlamanız sıkıntılıyken daha kötü oluyor mu?  
 Evet Bazen Hayır
- 25- Çınlamanız sizde güvensizlik hissi uyandırıyor mu?  
 Evet Bazen Hayır

## EK-4: Turnitin Orijinallik Raporu

TİNNİTUSUN DİNLEME EFORUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ			
ORJİNALLİK RAPORU			
%5	%5	%1	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
BİRİNCİL KAYNAKLAR			
1	<a href="http://acikbilim.yok.gov.tr">acikbilim.yok.gov.tr</a> Internet Kaynağı	%2	
2	<a href="http://acikerisim.pau.edu.tr:8080">acikerisim.pau.edu.tr:8080</a> Internet Kaynağı	%1	
3	<a href="http://acikerisim.medipol.edu.tr">acikerisim.medipol.edu.tr</a> Internet Kaynağı	%1	
4	<a href="http://acikerisim.sakarya.edu.tr">acikerisim.sakarya.edu.tr</a> Internet Kaynağı	<%1	
5	<a href="http://libratez.cu.edu.tr">libratez.cu.edu.tr</a> Internet Kaynağı	<%1	
6	<a href="http://acikerisim.erbakan.edu.tr">acikerisim.erbakan.edu.tr</a> Internet Kaynağı	<%1	
7	<a href="http://acikerisim.ybu.edu.tr:8080">acikerisim.ybu.edu.tr:8080</a> Internet Kaynağı	<%1	
8	<a href="http://acikerisim.baskent.edu.tr">acikerisim.baskent.edu.tr</a> Internet Kaynağı	<%1	
9	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Internet Kaynağı	<%1	

**EK-5: Dijital Makbuz****Dijital Makbuz**

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Eser Sendesen  
Ödev başlığı: tez  
Gönderi Başlığı: TİNNİTUSUN DİNLEME EFORUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİL...  
Dosya adı: Tez.docx  
Dosya boyutu: 843.37K  
Sayfa sayısı: 54  
Kelime sayısı: 13,511  
Karakter sayısı: 94,258  
Gönderim Tarihi: 22-Ara-2022 02:32ÖS (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1985834617





## 9. ÖZGEÇMİŞ

### 1. KİŞİSEL BİLGİLER

<b>ADI, SOYADI:</b>	Eser SENDESEN
HALEN GÖREVİ: Araştırma Görevlisi	
YAZIŞMA ADRESİ: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü	

### 2. EĞİTİM

YILI	DERECESİ	KURUM	ÖĞRENİM ALANI
2019-2022	Doktora	Hacettepe Üniversitesi	Odyoloji
2016-2018	Yüksek Lisans	Hacettepe Üniversitesi	Odyoloji
2012-2016	Lisans	Hacettepe Üniversitesi	Odyoloji
2007-2011	Lise	Karatay Fen Lisesi	-

### 3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
2017- 2018	Araştırma Görevlisi	Odyoloji Bölümü	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
2018-	Araştırma Görevlisi	Odyoloji Bölümü	Hacettepe Üniversitesi

### 4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Odyoloji	Tinnitus, İşitsel Uyarılmış Potansiyeller, İşitme Cihazı, Vertigo

## 5. SON BEŞ YILDAKİ ÖNEMLİ YAYINLAR

Sendesen, E., Erbil, N., & Türkyılmaz, M. D. (2022). The mismatch negativity responses of individuals with tinnitus with normal extended high-frequency hearing—is it possible to use mismatch negativity in the evaluation of tinnitus?. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 279(7), 3425-3434.

Sendesen, E., Kaynakoglu, B., Veziroglu, L. B., & Türkyılmaz, M. D. (2022). Auditory brainstem response in unilateral tinnitus patients: does symmetrical hearing thresholds and within-subject comparison affect responses?. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 1-7.

Atalık, G., Yağcıoğlu, S., Yiğit, Ö., Belgin, E., Sendesen, E., & Türkyılmaz, M. D. (2022). Multi-feature mismatch negativity: How can reliable data be recorded in a short time?. *Clinical Neurophysiology*.

SENDESEN, E., ÇOLAK, H., Okan, Ö. Z., YILDIRIM, S., ŞAHİN, M., KILIÇ, S., ... & TÜRKYILMAZ, D. (2022). Erişkinlerde sık görülen iç kulak hastalıklarında odyolojik bulgular. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 54-60.

ŞAHİN, M., ALTINKAYNAK, S., ADALİLAR, I., KILIÇ, S., Sendesen, E., D'ALESSANDRO, H. D., & TÜRKYILMAZ, D. (2022). Erişkinlerde Sık Görülen Dış ve Orta Kulak Hastalıklarında Odyolojik Bulgular. *Türk Odyoloji ve İşitme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 24-27.

KILIÇ, S., SENDESEN, E., & TÜRKYILMAZ, M. D. (2019). Bilateral İşitme Cihazı Kullanımının Erken Dönemde Yaşam Kalitesine Etkileri.

TUZ, D., İKİZ, M., KOCABAY PARLAK, A., KILIÇ, S., SENDESEN, E., YİĞİT, Ö., & SENNAROĞLU, G. (2019). Erişkin İşitme Taraması Bulguları.