T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜRÜLTÜYE BAĞLI İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERDE VESTİBÜLER FONKSİYONLARIN VE ÇİFT GÖREV PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre SÖYLEMEZ

ODYOLOJİ SES VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

Ankara, 2020

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜRÜLTÜYE BAĞLI İŞİTME KAYBI OLAN BİREYLERDE VESTİBÜLER FONKSİYONLARIN VE ÇİFT GÖREV PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre SÖYLEMEZ

ODYOLOJİ SES VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

Ankara, 2020

T.C
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı Olan Bireylerde Vestibüler Fonksiyonların ve Çift Görev Performansının Değerlendirilmesi

Emre SÖYLEMEZ

Yüksek Lisans Tezi

02.07.2020

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Banu MÜJDECİ

Jüri Üyeleri
Doç. Dr. Banu MÜJDECİ
Prof. Dr. Hacı Hüseyin DERE
Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ

Okuduğumuz ve Savunmasını dinlediğimiz bu tezin bir Yüksek Lisans derecesi için gereken tüm kapsam ve kalite şartlarını sağladığını beyan ederiz.

Prof. Dr. Seyfullah Oktay ARSLAN
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesi için gereken tüm şartları sağladığını tasdik ederim.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

02.07.2020

Emre SÖYLEMEZ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince katkıları olan ve eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Banu MÜJDECİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince her türlü desteği esirgemeyen Doç. Dr. Süha ERTUĞRUL'a, Doç. Dr. Kadri İLA'ya ve Dr. Öğretim Üyesi Nihat YILMAZ'a canıgönülden teşekkür ederim.

Eğitimim süresince beni hep destekleyen ve hep yanımda olan canım eşim Tuğçe SÖYLEMEZ'e hayatımda olduğu için çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni hep destekleyen ve hep yanımda olan canım babam Zekeriya SÖYLEMEZ'e, annem Fatma SÖYLEMEZ'e, kardeşlerim Dilek, Enes ve Zeynep Sare ile yeğenim Zeynep Miray'a hayatımda oldukları için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı 4
2.1.1. Tanım 4
2.1.2. Prevalans 7
2.1.3. Patofizyoloji 8
2.1.4. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybında Risk Faktörleri 10
2.1.5. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı ve Vestibüler Sistem Arasındaki İlişki 11
2.2. Çift Görev Performansı 12
2.2.1. Çift Görev ve Çift Görev Karmaşıklığı 12
2.2.2. Çift Görevde Teorik Yaklaşımlar 14
2.2.3. Çift Görevde Beyin Davranış İlişkisi 15
2.3. Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi 16
2.3.1. Videonistagmografi (VNG) 16
2.3.2. Head İmpulse Testi (HIT) 21
2.3.3. Fonksiyonel Uzanma Testi (FUT) 22
2.3.4. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) 22
2.3.5. Tek Ayak Üstünde Durma Testi (TADT) 23
2.4. Sayı Dizileri Testi 23
3. MATERYAL VE YÖNTEM **24**
3.1. Bireyler 24
3.2. Yöntem 26
3.2.1. Odyolojik Değerlendirme 26
3.2.2. Vestibüler Değerlendirme 27
3.2.3. Çift Görev Performansının Değerlendirilmesi 30

3.2.4. Vizüel Analog Skala (VAS) 31
3.2.5. Mini Mental Test 31
3.2.6. İstatistiksel Analiz 32
4. BULGULAR 33
5. TARTIŞMA 40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 50
7. KAYNAKLAR 52
8. EKLER 68
EK-1. ETİK KURUL ONAY FORMU 68
EK-2. VİZÜEL ANALOG SKALA 69
EK-3. STANDARTİZE MİNİ MENTAL TEST 70
EK-4. YAYIN BİLGİSİ 71
EK-5. ÖZGEÇMİŞ 72

ÖZET

Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı Olan Bireylerde Vestibüler Fonksiyonların ve Çift Görev Performansının Değerlendirilmesi

Gürültüye maruz kalan bireylerde sıklıkla gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) oluşmaktadır. GBİK'li bireyler iş yerlerinde zorlu koşullar altında çalışmaktadır ve sıklıkla aynı anda iki görevi yapmaları gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı GBİK olan bireylerde vestibüler fonksiyonların ve çift görev performansının değerlendirilmesidir. Bu çalışmaya GBİK olan 50 birey ile gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey dahil edildi. GBİK'li bireyler saf ses ortalamasına göre 2 gruba ayrıldı. GBİK 20 dB ile 40 dB arasında olan 25 birey 1. gruba dahil edildi. GBİK 40 dB'den fazla olan 25 birey 2. gruba dahil edildi. Gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey ise 3. grup (kontrol grubu) olarak kabul edildi. Bu bireylerin vestibüler fonksiyonlarını değerlendirmek için tek ayak üstünde durma testi (TADT), fonksiyonel uzanma testi (FUT), zamanlı kalk ve yürü testi (ZKYT), head impulse test (HIT), videonistagmografi ile baş sallama testi, spontan nistagmus testi ve kalorik test uygulandı. Vizüel analog skala (VAS) ise bireylerin dengesizlik seviyesini belirlemek için kullanıldı. Bireylerin çift görev performanslarını değerlendirmek için bireylere ZKYT ile eş zamanlı bilişsel ve motor ek görevler verildi. GBİK fazla olan bireyler (2. grup) daha fazla anormal kalorik cevaba sahipti ($p<0.05$). Ayrıca bu bireyler gözler kapalı TADT ile bilişsel ve motor çift görev testlerinde de daha kötü performans gösterdi ($p<0.05$). Ancak gruplar arasında HIT, spontan nistagmus testi, baş sallama testi, ZKYT, FUT, VAS ve gözler açık TADT açısından bir fark saptanmadı ($p>0.05$). GBİK fazla olan bireylerde (>40 dB) daha fazla vestibüler etkilenim olduğu ve çift görev performansının daha kötü olduğu bulundu. GBİK olan fabrika işçilerinde vestibüler değerlendirme ve çift görev performansının değerlendirilmesi, bu bireylerde düşme riskinin ve düşmeyi önleme stratejilerinin belirlenmesinde faydalı bilgiler sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Çift görev performansı, gürültüye bağlı işitme kaybı, vestibüler sistem

ABSTRACT

Evaluation of Vestibular Functions and Dual- Task Performance in Individuals with Noise- Induced Hearing Loss

Noise- induced hearing loss (NIHL) frequently occurs in individuals exposed to noise. Individuals with NIHL work in difficult conditions at workplaces and often have to perform dual tasks at the same time. The aim of this study is to evaluate vestibular functions and dual task performance in individuals with NIHL. This study included 50 individuals with NIHL and 25 individuals who were exposed to noise but without hearing loss. Individuals with NIHL were divided into 2 groups according to pure tone avarage. Twenty-five individuals whose NIHL was between 20 dB and 40 dB were included in the 1. group and 25 individuals with whose NIHL was higher than 40 dB were included in the 2. group. Twenty-five healthy individuals who were exposed to noise but did not have hearing loss were determined as the 3. group (control group). To assess the vestibular functions of these individuals, one-leg standing test (OLST), functional reach test (FRT), timed up and go test (TUGT) and head impulse test (HIT) were performed. Also head shaking test, spontaneous nystagmus test and caloric test were performed with videonistagmography. Visual analog scale (VAS) was used to determine the level of individuals' imbalance complaints. In order to evaluate the dual-task performances of the individuals, individuals were given cognitive and motor tasks simultaneously with TUGT. Individuals with higher NIHL (group 2) had more abnormal caloric responses ($p < 0.05$). In addition, these individuals performed worse in eyes closed OLST and cognitive and motor dual task tests ($p < 0.05$). However, there was no difference between the groups in terms of HIT, spontaneous nystagmus test, head shaking test, TUGT, FRT, VAS and eyes open OLST ($p > 0.05$). It was found that individuals with higher NIHL (> 40 dB) had more vestibular deficit and had worse dual-task performance. Vestibular evaluation and dual-task performance assessment of factory workers with GBİK can provide useful information in determining the risk of falling and fall prevention strategies in these individuals.

Keywords: Dual-task performance, noise-induced hearing loss, vestibular system

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

(k)Hz : (kilo) Hertz

cVEMP : Cervical Vestibular Myogenic Potential

ÇGE : Çift Görev Etkisi

Db : Desibel

DTH : Dış Tüylü Hücreler

FUT : Fonksiyonel Uzanma Testi

GBİK : Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı

HIT : Head İmpulse Test

İTH : İç Tüylü Hücreler

Leq : Temel Eşdeğer Enerji Prensibi

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health

oVEMP : Ocular Vestibular Myogenic Potential

SNİK : Sensörinöral İşitme Kaybı

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

SSK : Semisürküler Kanal

SSO : Saf Ses Ortalaması

TADT : Tek Ayak Üstünde Durma Testi

VAS : Vizüel Analog Skala

vHIT : Video Head İmpulse Test

VNG : Videonistagmografi

ZKYT : Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Gruplara göre bireylerin ortalama sağ kulak saf ses hava yolu işitme eşiklerinin odyogram üzerinde gösterilmesi..... 34
Şekil 4.2. Gruplara göre bireylerin ortalama sol kulak saf ses hava yolu işitme eşiklerinin odyogram üzerinde gösterilmesi..... 34

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Gürültü şiddeti ile önerilen maksimum gürültüye maruz kalma süresi. 5
Tablo 3.1. Gruplara göre yaş dağılımı. 24
Tablo 4.1. Bireylerin gruplara göre eğitim seviyeleri. 33
Tablo 4.2. Gruplara göre bireylerin sağ ve sol kulak saf ses hava yolu işitme eşikleri ve SSO değeri. 33
Tablo 4.3. Bireylerin gruplara göre gürültülü ortamda çalışma sürelerinin karşılaştırılması. 35
Tablo 4.4. Gruplara göre bireylerin gözler açık ve gözler kapalı TADT sonuçlarının karşılaştırılması. 35
Tablo 4.5. Gruplara göre bireylerin FUT sonuçlarının karşılaştırılması. 35
Tablo 4.6. Gruplara göre bireylerin ZKYT sonuçlarının karşılaştırılması. 36
Tablo 4.7. Gruplara göre bireylerin dengesizlik şiddetini gösteren VAS değerlerinin karşılaştırılması. 36
Tablo 4.8. Gruplara göre anormal HIT bulgusu elde edilen bireylerin karşılaştırılması. 36
Tablo 4.9. Gruplara göre bireylerin baş sallama testi sonuçlarının karşılaştırılması. 37
Tablo 4.10. Gruplara göre bireylerin spontan nistagmus testi sonuçlarının karşılaştırılması. 37
Tablo 4.11. Gruplara göre bireylerin kalorik test sonuçlarının karşılaştırılması. 38
Tablo 4.12. Gruplara göre bireylerin bilişsel ve motor çift görev performanslarının karşılaştırılması. 39

1. GİRİŞ

İşitme en önemli duyulardan biridir. Dil ve konuşma edinimi, psiko-sosyal ve bilişsel gelişim, işitme ile yakın ilişkilidir. Son çalışmalar işitmenin denge sistemi üzerinde de etkilerinin olduğunu göstermektedir (1). Ototoksitite, gürültüye maruz kalma, yaşlanma ve sistemik hastalıklar gibi faktörler işitme duyusuna zarar verebilir ve iletişimi olumsuz yönde etkileyebilir.

Sanayinin gelişmesi ve teknolojik cihazların daha çok kullanılması, insanların daha yüksek şiddette seslere ve gürültüye maruz kalmasına neden olmuştur. Gürültü ve yüksek şiddette sesler insanların ruhsal, fiziksel ve biyolojik sağlığını etkilemektedir. Bu seslere uzun süre maruz kalındığında işitme kaybı, kulak çınlaması, konsantrasyon azalması, hipertansiyon, uyku bozukluğu ve dikkat dağınıklığı gibi kalıcı sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir (2). Gürültüye uzun süre maruz kalmakla ortaya çıkan sensörinöral işitme kaybı (SNİK) gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) olarak isimlendirilmektedir. Bir günde 8 saat süre ile 85 dB (A) düzeyinde gürültü maruziyeti, gürültüye maruz kalma eşiği olarak belirlenmiştir (3). Bu seviyenin üstündeki sesler GBİK için risk faktörü oluşturmaktadır. GBİK, işitme kayıplarının en kolay önlenebilen çeşidi olmasına rağmen en yaygın kronik hastalıklardan biridir (4, 5). Fabrika işçileri, askerler, uzun yol şoförleri, balıkçılar ve müzisyenler GBİK için en riskli meslek gruplarıdır. GBİK'in ilerlemesi gürültünün şiddetine, gürültüye maruz kalma süresine, bireysel farklılıklara ve gürültünün devamlılığına bağlıdır. GBİK için ilk ve en önemli bulgu, saf ses odyometri testinde 3, 4 veya 6 kHz'de görülen akustik çentik (4 kHz) olarak da isimlendirilen eşik kaymasıdır. Bu çentik daha sonra 8, 0.25, 0.5, 1 ve 2 kHz'lere de yayılarak ilerlemektedir (6).

Vestibüler; otolit organlar (utrikül ve sakkül), semisürküler kanallar (SSK) ve vestibüler siniri kapsayan periferik kısımlardan ve vestibüler çekirdekler, okülomotor bağlantılar, talamus, serebellum ve serebral korteksi kapsayan santral kısımlardan oluşmaktadır (7). Periferik vestibüler yapılar ve işitme reseptörleri, lokasyon olarak birbirlerine çok yakındır, ayrıca anatomik benzerlikler de göstermektedir (8, 9).

Vasküler bozukluklar, otoimmünite, akustik travma, toksik ilaçlar ve tümöral durumlar her iki sistemi de etkileyebilmektedir (10). Bu nedenle yüksek frekansları etkileyen ve SNİK'e neden olan gürültü, işitmenin yanında sakkül, utrikül ve SSK'ları da etkileyebilmektedir (8, 9). Ancak gürültü, GBİK'te olduğu gibi vestibüler sistemi de yavaş yavaş ve bilateral olarak etkilemektedir. Bu nedenle vestibüler sistemin santral kompanzasyon mekanizması denge sorunlarını gizleyebilmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı GBİK'li bireylerde objektif vestibüler testlerin yanında subjektif denge şikayetlerinin ve fonksiyonel dengenin araştırılması da önem taşımaktadır (11).

Günlük yaşamda birçok durumda ana göreve, ikincil bir motor ve/veya bilişsel görev eşlik eder. Çift görev durumlarında yüksek bilişsel gereksinimler olduğu için tek görevlere göre tepki hızı yavaşlamakta ve hata oranı artmaktadır. Çift görev durumlarındaki bu performans kaybı çift görev karmaşası olarak isimlendirilmektedir (12). Motor ve bilişsel çift görevlerin uygulanmasında vestibüler sistem, proprioseptif sistem, vizüel sistem, dikkat ve bilişsel süreçler birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu nedenle çift görev performansının düşme riski için bir belirteç olabileceği ve çift görev egzersizlerinin düşme riskini azaltabileceği belirtilmişir (12). İş yerlerinde aynı anda iki görevi bir arada yapması gereken GBİK'li bireylerin bir çoğu ağır sanayi sektöründe çalışmaktadır. Bu nedenle GBİK'li bireylerin çift görev performanslarının anlaşılması, bu bireylerin çalışma performanslarının ve düşme (iş kazası geçirme) ihtimallerinin bilinmesine yardımcı olacaktır. Literatürde son 20 yılı aşkın süredir üzerinde çalışılan çift görev performansı ile işitme kaybı arasındaki ilişkiyi araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (12,13). Ayrıca literatürde GBİK'li bireylerde çift görev performansını araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, GBİK olan bireylerin vestibüler fonksiyonlarını ve çift görev performanslarını değerlendirmektir.

Bu çalışmanın hipotezleri şunlardır;

Hipotez 1

H_0: GBİK'li bireyler ile gürültüye maruziyeti olan ve işitme kaybı olmayan bireyler arasında vestibüler fonksiyonlar açısından anlamlı fark yoktur.

H_1: GBİK'li bireyler ile gürültüye maruziyeti olan ve işitme kaybı olmayan bireyler arasında vestibüler fonksiyonlar açısından anlamlı fark vardır.

Hipotez 2

H_0 :GBİK'li bireyler ile gürültüye maruziyeti olan ve işitme kaybı olmayan bireyler arasında çift görev performansı açısından anlamlı fark yoktur.

H_1: GBİK'li bireyler ile gürültüye maruziyeti olan ve işitme kaybı olmayan bireyler arasında çift görev performansı açısından anlamlı fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı

2.1.1. Tanım

Uzun süre yüksek şiddette gürültüye ve seslere maruz kalma sonucunda ortaya çıkan, gürültü devam ettiği süre boyunca ilerleyici olan ve geri dönüşü olmayan SNİK, GBİK olarak isimlendirilmektedir (6).

GBİK için önerilen tanı kriterleri aşağıda sunulmuştur (6).

- Gürültü iç kulağa zarar verir ve gürültüye bağlı işitme kaybı daima SNİK'tir.
- Genellikle bilateraldir ve her iki kulaktaki işitme kayıpları benzerdir. Ancak bazı durumlarda asimetrik işitme kaybı da olabilir.
- GBİK'te görülen eşik kayması genellikle alçak frekanslarda 40 dB HL'i, yüksek frekanslarda ise 75 dB HL'i geçmez.
- Gürültü sona erdiğinde işitme kaybının ilerlemesi durur.
- GBİK arttıkça işitme kaybının ilerleme hızı yavaşlar.
- İşitme kaybı ilk olarak 3, 4 ve 6 kHz'lerde başlar, zamanla 0.25, 0.5, 1, 2 ve 8 kHz'lere de yayılır.
- Sabit bir enerjideki gürültüye 10 ile 15 yıl maruz kalındıktan sonra 3, 4 ve 6 kHz'lerdeki işitme kaybı bir plato oluşturur.
- GBİK'li işçiler seslere karşı hassaslaşabilir, işçilerin konuşma anlaşılırlıkları etkilenebilir ve bu işçilere tinnitus şikayeti eşlik edebilir.
- Yaşlanmaya bağlı işitme kaybı varlığında GBİK derecesi daha da kötüdür.

Eş Değer Enerji Prensibi

Temel Eşdeğer Enerji Prensibi (Leq), belirli bir zaman diliminde (dakika/saat), şiddetleri farklı olan gürültünün enerji açısından sabit değerini ifade eder (dBA). Bu kavram, belirli bir şiddetteki gürültünün işitmeye zarar vermemesi için olması gereken maksimum maruz kalma eşiğini belirlemek amacı ile kullanılır. Gürültü miktarı arttığı zaman maruz kalma süresinin azalması gerekir. National Institute for Occupational Safety and Health'ye (NIOSH) göre gürültü seviyesi ile maksimum maruz kalma süresi arasındaki ilişki Tablo 2.1 de gösterilmiştir (14).

Tablo 2.1. Gürültü şiddeti ile önerilen maksimum gürültüye maruz kalma süresi (14).

Gürültü Seviyesi (dB)(A)	Günlük Maksimum Maruz Kalma Süresi
85	8 saat
86	6 saat 21 dakika
87	5 saat 2 dakika
88	4 saat
89	3 saat 10 dakika
90	3 saat 31 dakika
91	2 saat 30
92	1 saat 35 dakika
93	1 saat 16 dakika
94	1 saat
95	47 dakika
96	37 dakika 48 saniye
98	23 dakika 49 saniye
100	15 dakika
102	9 dakika 22 saniye
104	5 dakika 57 saniye
106	3 dakika 45 saniye
108	2 dakika 22 saniye
110	1 dakika 29 saniye
112	56 saniye
114	35 saniye
115	28 saniye

Kalıcı İşitme Kaybı ve Evreleri

Gürültünün kokleaya verdiği zarar dış tüylü hücreler (DTH), iç tüylü hücreler (İTH) ve bu tüylü hücrelerin sinir bağlantılarının değerlendirilmesi ile belirlenir (15). Gürültünün iç kulağa verdiği zarar 3 evrede incelenir (15,16).

Birinci evre, gürültüye ilk maruz kalındıktan sonra ortaya çıkan değişimlerdir. Bu evrede tinnitus ve işitsel bir rahatsızlık olabilir ancak tüylü hücrelerdeki hasarlar saf ses odyometrisi ile fark edilemez. Bu hasarların tespitinde otoakustik emisyon etkili olabilir. Tüylü hücrelerdeki hasarlar iyileşmez, yerleri skar dokusu ile doldurulur (15,16).

İkinci evre, gürültünün haftalar ile yıllar arasında devam etmesiyle oluşur. Bu evrede gürültü, dış kulak yolunun rezonans frekansı etkisi (17) ile kokleanın vasküler, metabolik ve anatomik olarak en hassas olan yerine yani kokleanın ilk üçte birlik bölümüne (Koklea tabanının ilk 10 mm bölümü) hasar verir. Bu evrede saf ses odyometride 3000, 4000 ve 6000 Hz de kalıcı eşik kayması görülür. Konuşma anlaşılırlığı ciddi şekilde etkilenmediği için bu hasarlar işitme testi yapılmadan nadiren fark edilebilir (16).

Üçüncü evre, gürültüye maruz kalmanın üstünden yıllar geçmesiyle oluşur. Bu evrede kokleadaki hasarlar daha da artmıştır ve orta ile alçak frekansları da etkilemiştir. Hastalar işitme kayıplarının farkındadır ve genellikle medikal tedavi arayışındadır (16).

Geçici İşitme Eşiği Kayması

Yüksek şiddette seslere maruz kalmanın ardından mutlak işitme eşiği, yorgunluk nedeniyle geçici olarak değişebilir. Geçici eşik kayması olarak isimlendirilen bu durumun, eş değer enerjinin 90 dBA'yı geçtiği durumlarda ortaya çıktığı bildirilmiştir (18). Sessizlikte dinlenme sonrasında normale dönen geçici eşik kaymasının büyüklüğü 10 ile 37 dB arasında olmakta (19- 25) ve en fazla 4-6 kHz'ler etkilenmektedir (19). Koklear sinir dejenerasyonu, iç ve dış tüylü hücre disfonksiyonu geçici eşik kaymasının nedenleri olabilir (19). Gürültüye maruz kalma ile ortaya çıkan koklear hasarın glutamat analoğu kainik asit aracılığıyla düzelebileceği bildirilmiştir (26).

Akustik Travma

Bir patlama sırasında ilk hasar alan, aynı zamanda en hassas olan organ kulaktır. Kısa süreli, ani ve çok yüksek şiddetteki (>139 dB) sesler iç kulaktaki sensör organların yanında kulak zarı ve orta kulak kemikçiklerine de zarar verebilir. Akustik travmaya maruz kalan hayvan modellerinde iç ve dış tüylü hücrelerde anatomik değişiklikler, korti organının tamamen hasarı, reissner membranın yırtılması gibi durumlar görülmüştür (27). Genellikle kan damarlarında, spiral ligamentte ve limbusta herhangi bir değişiklik olmaz (27). Travmadan birkaç dakika sonra stria vaskulariste ödem oluşur ve birkaç gün sürebilir. İnsanlarda ise akustik travma ilk olarak steriosilyaları etkilemektedir. Steriosilya kaybında tüylü hücreler ölmektedir. Saf ses odyometride akustik travmanın etkisi 3-6 kHz arasında ve 4 kHz'ye odaklanan eşik artışı şeklinde görülmektedir (27).

2.1.2. Prevalans

Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre dünyada yaklaşık 466 milyon işitme kayıplı birey vardır (28). Tinnitus ve hiperakuzi, işitme kaybına en sık eşlik eden komorbitelerin başında gelmektedir. Ayrıca bu bireylerin büyük çoğunluğu orta ve az gelişmiş ülkelerde yaşadığı (29) için medikal ve rehabilitatif tedaviye ulaşmakta zorluk çekebilmektedir.

Gürültü ve yüksek şiddetli sesler işitme kaybı oluşumunda önemli bir faktördür. GBİK, presbiakuziden sonra en yaygın görülen SNİK çeşididir (30). GBİK'in dünya çapındaki prevalansının % 16 olduğu, bölgelere ayrıldığında ise batı ülkelerindeki prevelansının %7, gelişmekte olan ülkelerdeki prevalansının ise %21 olduğu belirtilmiştir (31). GBİK'in prevelansını, hiç şüphesiz, gürültü şiddeti ve süresi gibi dış faktörlerin yanında eğitim düzeyi, bilinçlenme ve gürültüden korunma gibi bireysel faktörler de etkilemektedir (11).

İşçiler, askerler, balıkçılar ve müzisyenler gibi meslek gruplarında GBİK'in görülme sıklığı artmaktadır. Ülkemizde, genel popülasyonu değerlendiren ve GBİK'i araştıran geniş çaplı bir araştırma yapılmamıştır. 2009 yılında yayınlanan bir çalışmada, döküm işkolunda çalışan işçilerdeki GBİK prevalansı araştırılmış ve

İzmir'de toplam 7 fabrikadaki 388 işçi değerlendirilmiştir. Bu işçilerde GBİK prevalansı %23.5 olarak tespit edilmiştir (32).

2.1.3. Patofizyoloji

Yüksek şiddetli seslerin kokleanın hücresel yapısını etkilediği ve işitme kaybına neden olduğu bilinmektedir. Korti organında bulunan sterosilyalar mekanoelektirik dönüştürücü gibi çalışmaktadır. GBİK'te, sterosilyaların membran hücrelerini kaplayan protein, transdüksiyon kanallarının geçirgenliği azalır (33). Bu durum steriosilyaların mekanoelektrik özelliğini azaltmaktadır. Dış tüylü hücrelerdeki sterosilyaların uçları hareket eder ve bu durum steriosiyaların hassasiyetini azaltır (34). Geçici eşik kaymasının, sterosilyalarda meydana gelen hasarlar ve sonra bu hasarın tekrar tamir edilmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir (33, 35).

Koklea tonotopik bir organizasyona sahiptir. Kokleanın bu özelliğini sürdürebilmesi için yapısının ve direncinin korunması gerekmektedir. Gürültü, kokleadaki pillar hücrelerine de zarar vermektedir (36). Pillar hücrelerinin hasarı, kokleadaki vibrasyonun lokal direncini etkiler. Sonuç olarak pillar hücrelerinin hasarı, sesin frekansına göre maksimum amplitüde ulaşan baziler membran vibrasyonunu etkiler ve bu durum sesin kodlanmasında aksaklıklar oluşturur. Ek olarak pillar hücrelerinin hasarı DTH kaybına da neden olabilir (26).

Aşırı gürültü ayrıca işitme sinirinin afferent liflerindeki dendrit terminallerinde şişme ve kırılmaya neden olmaktadır. Bu durum kokleadaki glutamat eksitasyon mekanizmasını etkilemektedir (37, 38). Glutamat VIII. sinir ile İTH'ler arasındaki sinapsları eksite edici nörotransmitterdir. Şiddetli sesler sırasında, İTH'lerden VIII. sinirin tip I fibrillerine aşırı miktarda glutamat salınımı olur. Sinapslardaki glutamat miktarı post-sinaptik hücrelerdeki glutamat reseptörlerinde aşırı uyarıma neden olur. Aşırı uyarım post sinaptik hücrelerde ve dendritlerde iyon akışı, iyon akışı ise post sinaptik hücrelerde ve dendritlerde şişmeler ile sonuçlanır (39). Bu durumda gulutamat blokerların uygulanması GBİK'in oluşmasını engelleyebilmektedir. Eğer gürültü devam etmezse dendrit terminallerindeki şişlikler ve kırılmalar tamir edilebilir. Böylelikle işitme eşiklerinde de düzelmeler olabilir (Geçici eşik kayması) (40).

Koklea, spiral ganglion, stria vaskularis ve spiral ligamentten kan damarları tarafından zengin şekilde beslenmektedir. Yüksek şiddetteki sesler stria vaskulariste akut şişmelere neden olabilmektedir (41). Bu şişmeler strianın intermedial hücrelerine kalıcı şekilde zarar verir (42). Stria hasarı da endokoklear potansiyeli etkiler (43).

Gürültü, lateral duvardaki (stria vaskularis, spiral gangliyon) kan damarlarına zarar verdiği için kokleanın beslenmesi etkilenmektedir (44-49). Kokleanın beslenmesi geçici olarak bile dursa koklea dokularında ölümcül hasarlar olabilmektedir (26).

Bunlara ek olarak normal bir işitme için normal fonksiyonlara sahip olması gereken tüylü hücrelerin apikal membranları da gürültüden etkilenir. Endolenf içerisindeki potasyum (K+) seviyesi bir döngü şeklinde ayarlanır. Genellikle uyarı sırasında oluşan bu döngüde iyonlar DTH'ler boyunca ilerler daha sonra lateral duvarın dış sulkus bölgesindeki fibrositlere gider ve oradan stria vaskularise geri dönerler (50). Gürültünün dış tüylü hücrelere zarar verdiği bölgedeki tip II ve IV fibrositlerinin de hasar aldığı bildirilmiştir (41). Tip II ve tip IV fibrositlerinin kaybı K+ iyon döngüsünü etkileyebilir. Bu etkilenme stria vaskularisteki sodyum potasyum pompasını bozabilir (26).

Gürültü tüm koklear sistemi etkilemesine rağmen en fazla zarar DTH'lerde görülür. Kokleanın basal kısmındaki DTH'ler çok hassastır ve beyaz gürültüden de ilk bu bölge etkilenir. Sadece DTH hasarlarında 40-60 dB işitme kaybı ortaya çıkabilmektedir. Yüksek sese ilk maruz kalındığında DTH'lerde ilk hasar oluşur. Bu hasar, odyogramda 4000 Hz'de 30 dB'ye çıkan akustik çentik şeklinde görülür. Daha yüksek şiddette ve uzun süre etkilenmelerde ise bu hasarlar İTH'lere, işitsel sinir fibrillerine ve stria vaskularise de yayılır (51).

Gürültü, kokleaya doğrudan mekanik olarak da zarar verebilir. Uyaranın büyüklüğüne bağlı olarak korti organı baziler membrandan yırtılabilir. Pillar ve Hensen hücreleri zarar görebilir. Bunlara ek olarak tüylü hücreler, Deiters hücreleri ve Hansen hücreleri arasındaki hücre kavşakları kırılabilir (52). Aşırı gürültüye maruz kaldıktan sonra oluşan hasarlar oldukça küçüktür ama gürültü geçse bile bu hasarlar 2 ile 30 gün sonra oldukça büyümektedir (52). Bu hasarların büyümesinin

nedeni endolenfin retiküler laminadaki deliklerden geçerek kortilenfe karışması olarak açıklanmıştır (53, 54).

2.1.4. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybında Risk Faktörleri

Değiştirilemeyen Risk Faktörleri

GBİK için değiştirilemeyen risk faktörleri yaş, cinsiyet, ırk ve genetiktir. Bu faktörlerden en önemli olanı yaştır. İleri yaşlarda GBİK riski daha da artmaktadır. Uluslararası İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü'ne göre 65 ile 75 yaş arasındaki bireylerin %23'ü, 75 yaş ve üstündeki bireylerin ise %40'ı çok ileri derecede GBİK'e sahiptir (55). Ancak son zamanlarda, özellikle yüksek sesle müzik dinleme yüzünden gençlerde de GBİK oranı artmaktadır (56).

Genetik faktörlerin ve cinsiyetin de işitme kaybı ile ilişkili olduğu bilinmektedir (56). Siyah ırkta (57) ve 0 grubu kan grubuna sahip bireylerde de GBİK riskinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (58). Ayrıca işitme kaybının erkeklerde kadınlara göre görülme ihtimalinin daha fazla olduğu bilinmektedir (59). Bu etmenlere ek olarak gürültüye bağlı işitme kaybı ile kısa boyluluk arasında pozitif bir ilişkinin olduğu da belirtilmiştir (60).

Değiştirilebilen Risk Faktörleri

GBİK'le alakalı bazı risk faktörleri modifiye edilebilmekte ve risk faktörleri azaltılabilmektedir. Kulak tıkacı kullanımı gürültüye karşı alınabilecek önlemlerin başında gelmektedir. Kulak tıkacı kullanımının GBİK riskini azalttığı bilinmektedir. Ancak gürültüye maruz kalan bireyler risk altında olduklarını bilseler bile, rahatsız edici olduğu gerekçesi ile kulak tıkacı kullanmak istemeyebilmektedir (56). Bu bireylerde kişiye özel kalıp geliştirilmesi tıkaç kullanma oranlarını arttırabilmektedir (61).

Sigara birçok hastalıkta olduğu gibi işitme kaybı içinde önemli bir risk faktörüdür. Sigara içeriğindeki toksik maddeler, yüksek frekanslarda işitme kaybına neden olmaktadır. Sigara ve yüksek şiddetli sesler birleştiğinde ise bir sinerji oluşturmaktadır ve GBİK riskini artırmaktadır (62). Bu durum sigara dumanına maruz kalan bireyler için de geçerli olmaktadır (63).

Yeterli beslenme de işitme kaybından korunmak için önemlidir. A, E ve C vitaminleri önemli antioksidan maddelerdendir (56). Bu maddelerin yeterli tüketimi gürültüyle ortaya çıkan serbest radikallerin ve düzensiz oksijen bileşiminin neden olduğu zararları azaltabilmektedir (64). Bu vitaminlere ek olarak magnezyum, B9 ve B12 vitaminlerinin de işitme kaybıyla ilişkisinin olduğu bilinmektedir (56, 65).

İşitmenin korunması için iç kulağın beslenmesi çok önemlidir. Düzenli egzersiz akciğer hacmini artırmaktadır. Bu sayede dokulara giden oksijen miktarı da artmaktadır. Diyabet ve kardiyovasküler hastalıklarda ise iç kulaktaki kılcal damarlar daralmakta, kan dolaşımı yavaşlamakta ve sekteye uğramaktadır. Sonuç olarak iç kulağın yetersiz beslenmesi iç kulağı gürültüye karşı daha hassas hale getirmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, diş sorunları olan bireylerde işitme kaybının daha sık yaşandığı belirtilmiştir (66).

2.1.5. Gürültüye Bağlı İşitme Kaybı ve Vestibüler Sistem Arasındaki İlişki

İç kulak hem denge reseptörlerini hem de işitme reseptörlerini bünyesinde bulundurur. Dengeden sorumlu olan SSK'lar 3 adettir ve her biri birbirine dik açı yaparak iç kulağa yerleşmiştir. Dengeden sorumlu olan diğer yapılar ise otolit organlar olarak da adlandırılan utrikül ve sakküldür. Bu yapılardan SSK'lar açısal hareketlerden sorumluyken otolit organlar daha çok doğrusal hareketlerden sorumludur. İç kulakta bulunan diğer bir yapı ise işitmeden sorumlu olan kokleadır. Koklea, tonotopik bir özellik göstermektedir. Kokleanın bazal kısmı yüksek frekanslı seslere hassasken apex kısmı alçak frekanslı seslere hassastır. Koklea, otolit organlar ve SSK'lar zar ve kemik labirent vasıtasıyla birbirleriyle kompakt ve bütündür. Her iki sistem de anatomik ve fizyolojik benzerlikler göstermektedir. Kokleanın bazal kısmında, orta kulakla iç kulağı birbirinden ayıran oval pencere bulunmaktadır. Ayrıca kokleanın bazal kısmı reuniens kanalıyla sakküle bağlanmaktadır. Bu nedenle kokleada gerçekleşen olaylar denge organlarını da etkileyebilmektedir (8,9).

Yapılan hayvan ve insan çalışmalarında gürültüye maruz kalan bireylerde işitme kaybının yanında gürültüye bağlı vestibüler bir kayıp olduğu da belirtilmiştir (67-71). Sürekli gürültüye maruz kalan hayvanların histolojik olarak daha fazla vestibüler hasara sahip olduğu bildirilmiştir (68). Ayrıca gürültünün Gine piglerin

vestibüler sistemlerine vermiş olduğu hasar elektrofizyolojik ve morfolojik olarak ortaya konmuştur (69). Yapılan insan çalışmalarında ise gürültünün vestibüler organlara zararı gösterilmiştir (70,71). Gürültünün her üç SSK'yı da etkileyebileceği fizyolojik bir test olan vHIT ile belirlenmiştir (72). Ayrıca gürültünün lateral SSK'ya olan etkisi kalorik test ile sakküle olan etkisi cVEMP ile ve utriküle olan etkisi oVEMP ile saptanmıştır (70,71).

Sonuç olarak başlangıçta yüksek frekansları etkileyen, devam etmesiyle birlikte alçak frekanslarda da işitme kaybına neden olan gürültü, işitmenin yanında vestibüler sistemi de etkilemektedir. Bu etkilenim histolojik (68), morfolojik (69), fizyolojik (69) ve elektrofizyolojik (71) olarak belirlenmiştir.

Vestibüler end organda fizyolojik olarak iki tür tüylü hücre vardır, bunlar; Tip I ve Tip II tüylü hücrelerdir. Tip I tüylü hücreler geniş, kadeh şeklinde, düzensiz afferent liflerle sinaps yapmış ve yüksek ivmeli uyarılara hassas iken, Tip II tüylü hücreler silindirik şekilde, düzenli afferent liflerle sinaps yapmış ve düşük ivmeli uyarılara hassastır (73,74). Meniere'li hastalar üzerinde yapılan çalışmalarda, vHIT'in kalorik teste göre daha fizyolojik bir test olduğu ve daha çok Tip I hücrelerinin hasarından etkilendiği, kalorik testin ise daha çok Tip II hücrelerinin hasarından etkilendiği belirtilmiştir (73-75). GBİK'li bireylerde cVEMP (70), oVEMP (71), kalorik test (71) ve vHIT'in (72) anormal sonuçları, gürültünün tüm vestibüler *end* organlara ve tüylü hücrelere zarar verdiğinin bir göstergesi olabilir.

2.2. Çift Görev Performansı

2.2.1. Çift Görev ve Çift Görev Karmaşıklığı

Bilgiyi yönetme ve işleme, dikkat yönetimi sayesinde olmaktadır. Dikkat yönetme kapasitesi sınırlıdır ve herhangi bir görevi yerine getirmek için belirli bir kapasitenin kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle çoklu görevlerde normalde olandan daha fazla kapasiteye ihtiyaç duyulmaktadır. Sınırlı olarak bulunan kapasite görevlere bölüştürülür ve görevlerden birinin veya her ikisinin de performansında azalmalar meydana gelir (76).

Günlük durumlarda, bireylerin aynı anda birçok benzer olmayan görevi etkili bir şekilde yerine getirmeleri gerekir. Bu görevleri uygulamak için dikkatin ve birden fazla sürecin aynı anda çalışması gerekir. Örneğin, ders çalışırken bir şeyler yemek, yürürken müzik dinlemek gibi. Bunlar günlük olaylar olmasına rağmen temel süreçler oldukça karmaşıktır ve bireylerin aynı anda iki görevi nasıl entegre edip gerçekleştirdikleri tam olarak anlaşılamamıştır. Çift görev ile ilgili yapılan araştırmalar halen devam etmesine rağmen genel olarak iki konuda uzlaşılmıştır. Birincisi, bireylerin çoklu görevlerde performans düşüklüğü yaşaması ve performans düşüklüğünün büyüklüğünün, görevlerin karmaşıklığına bağlı olmasıdır (77-79). Tekli görevlere göre yaşanan bu performans düşüklüğü çift görev karmaşası veya çift görev etkisi (ÇGE) olarak adlandırılır. İkincisi ise bireyin dikkatini bir görevden diğerine rahat bir şekilde aktarabilmesidir (80, 81). Bu bilgiler ve çift görev araştırmaları motor kontrol ve dikkat yönetimi hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.

Çift görevleri uygulama yöntemi otomatiklik, hemisferik lokus ve işlemlemenin yapısal bağımsızlığı ile ilgili bilgi sağlar. Çift görevde iki görevden biri temel görev olarak ayarlanır. Temel görev performansı, çift görevlerin uygulanması sırasında maksimum seviyede korunur. Eğer çift görev durumunda, ikinci görevin performansı tek görevdeki performansına göre azalır ise bu durum temel görevi gerçekleştirmek için daha fazla dikkat gereksinimi olduğunu gösterir ve ikinci görevin yapılması için temel düzeyde dikkat yönetme kapasitesinin yeterli olmadığını açıklar. Çift görev yönteminde kullanılan deneyler, çift görev performansı ile tek görev performansını karşılaştıran ölçümleri içerir (82).

Çift görev karmaşası, her bir görevdeki çift görev etkisi hesaplanarak ölçülür. Geleneksel olarak ÇGE'yi hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır (80).

$$\frac{(Çift\ görev\ yürüme\ hızı - Tekli\ görev\ yürüme\ hızı)}{Tekli\ görev\ yürüme\ hızı} \times 100 = \%ÇGE$$

Formüle göre değerin büyük çıkması sonucun kötü olduğunu belirtir. Bazı durumlarda ise çift görev performans süresini kısaltır. Bu durumlarda ise formüle negatif (-) işareti eklenir.

$$\frac{-(Çift\ görev\ yürüme\ hızı - Tekli\ görev\ yürüme\ hızı)}{Tekli\ görev\ yürüme\ hızı} \times 100 = \%ÇGE$$

Çift görev karmaşasında önemli olan ancak çoğu durumda gözden kaçırılan nokta çift görev etkisinin her iki görevi de etkileyebilmesidir. Yürüme ile bilişsel bir görevin eşzamanlı yapılması durumunda yürüme hızındaki azalma 3 varsayım ile anlatılabilir (83). Birincisi, bilişsel bir görev her iki görevin de performansını düşürebilir (karşılıklı karmaşa). Karşılıklı karmaşa varsayımında, dikkat kaynakları tekli görev için yeterlidir ancak görevler birlikte ve eş zamanlı uygulandığında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle her iki görevin de performansında düşüşler meydana gelmektedir. İkincisi, çift görev sırasındaki bilişsel görev performansı ile tekli görevdeki bilişsel performans arasında bir değişiklik olmaz ancak yürüme hızında azalma olur (motor görev performansında azalma olmasına rağmen bilişsel görev performansında bir değişiklik olmaması). Bu varsayımda ise bilişsel göreve öncelik verilir bu sayede bilişsel göreve ayırılan dikkat değişmezken yürümeye ayırılan dikkat normale göre azalır. Yani, bilişsel görev için birincil kapasite ayırımı vardır ve bu şekilde kapasite paylaşımı olur. Son varsayımda ise çift görev sırasındaki bilişsel görev performansı tekli görevdeki bilişsel performansa göre daha iyidir ancak yürümeye ayırılan dikkat normale göre azalır (motor bir karmaşaya rağmen bilişsel görevde pozitif bir etki olması). Üçüncü varsayımda dikkat kaynaklarında bir değiş tokuş vardır bu nedenle bilişsel görev performansı artarken motor performans azalır. Yani motor görevdeki performans azalması yetersiz kaynak nedeniyle değil bilişsel göreve çok daha fazla kaynak aktarımıyla gerçekleşir. Bu örneklerde gösterildiği gibi çift görev etkisini doğru şekilde yorumlamak için her iki görevdeki performansın tek ve çift görev koşullarında ölçülmesi önemlidir. Böylece dikkat stratejisi ve çift görev performansı daha iyi anlaşılabilir (83).

2.2.2. Çift Görevde Teorik Yaklaşımlar

Çift görev karmaşasının nasıl oluştuğu halen tartışma konusudur. Ancak bu durumu açıklamak için 3 temel teori vardır. *Serial bottleneck* teorisine göre aynı anda sadece bir bilgi işlenebilir çünkü işlemci, öncelikli görevin işleyişini tamamlayıncaya kadar ikinci görevin işleyişini geciktirir ve ortaya bir karmaşa çıkar (84, 85). Buna karşın, kapasite paylaşım *(capacity sharing)* modeli birden fazla görevin işlenmesinin paralel olarak devam edebileceğini ancak merkezi işlem kapasitesi

sınırlı olduğu için ortaya bir karmaşa çıktığını savunur (76). Aynı anda iki işlemi eş zamanlı gerçekleştirmek için sınırlı bir kapasite olduğunda, bir iş için diğerine kapasite tahsis edilebilir (76, 86). Kapasite paylaşımı, görevin niteliğinden etkilenir veya bir göreve istemli olarak daha fazla önem verilebilir (76). Bu nedenle kapasite paylaşım teorisi bir seri süreç içerir. Bu yönüyle kapasite paylaşım teorisi, Serial bottleneck teorisine benzer (76). *Cross-competition* modelinde ise çift görev durumunda aynı modaliteler kullanılıyorsa birey daha fazla zorlanır. Bunun nedeni ise benzer görevlerde aynı kognitif alanın kullanılıyor olmasıdır (85).

Çift görev için belirli bir strateji seçme düşüncesi görev önceliği modeliyle tutarlılık göstermektedir (87). Görevler arasında görev önceliği için bir çekişme vardır ve birey bu önceliğe kendisi karar verir. Karar verme sürecinde minimum tehlike maksimum memnuniyet faktörleri önemli bir yer tutmaktadır. Örnek olarak postural kontrol görevi ile eşzamanlı bilişsel bir görev yapıldığı koşulda, birey düşmemek için dikkatini postural kontrole daha fazla yönlendirebilir ve bu nedenle bilişsel görev performansı azalabilir veya bu durum çok iyi postural kontrole sahip bireylerde tam tersi olarak sonuçlanabilir. Sonuç olarak minimum tehlike maksimum memnuniyet faktörleri çift görevdeki her bir görevin performansını belirler (87).

2.2.3. Çift Görevde Beyin Davranış İlişkisi

Çift görevde beyin davranış ilişkisi tam olarak bilinmemektedir. Ancak son zamanlarda yapılan görüntüleme araştırmaları; çift görev daha fazla seri cevap seçimini gerektirdiğinde, lateral prefrontal kortikal yapıların etkin olduğunu göstermektedir. Çift görev daha fazla paralel cevap seçimini gerektirdiğinde ise, bazal ganglionların strial yapılarının etkin olduğu belirtilmiştir (88). Diğer bir çalışmada ise çift görevde bazal ganglionların görev önceliğindeki yeri tanımlanmıştır (87). Bazal ganglionların iyi alışılmış çift görevlerde (otomatikleşmiş ve az dikkat kaynağı gerektiren) ve hızlı davranılması gereken durumlarda egemen olduğu ayrıca otomatikleşmiş yanıtların paralel işleme ile karakterize olduğu belirtilmiştir. Tam tersine, hedefe yönelik davranışlar ise daha çok seri işleme ile karakterize edilmektedir (87). Parkinson hastası olan bireyler, alışılmış tepkilerden sorumlu bazal ganglion yapılarını etkileyen nörodejenerasyon yaşadıkları için, hedefe yönelik tepkilere daha fazla güvenmektedir. Böylece bu bireyler yürüme gibi

daha önce alışılmış (otomatik) yanıtlarda daha fazla dikkat kaynağına ihtiyaç duyar ve bu nedenle parkinsonlu hastalar çift görev karmaşasına daha fazla maruz kalır (87). Bu örnek paralel cevap seçimlerinin strial yapıların etkisinde olduğunu, seri cevap seçimlerinin ise prefrontal yapıların etkisinde olduğunu gösteren çalışmayla da uyumluluk göstermektedir (88). Bu çalışmalar çift görevde beyin davranış ilişkisine dair açıklamalarda bulunmasına rağmen beyin yapıları ile davranış çıktıları arasındaki etkileşim; görevlerin türünden, motivasyon kaynağından ve kaygı veya yorgunluk gibi genel psikolojik ve fiziksel faktörlerden de etkilenebilir (89).

2.3. Vestibüler Sistemin Değerlendirilmesi

2.3.1. Videonistagmografi (VNG)

Videonistagmografi (VNG), vestibüler sistemi değerlendirmek için kullanılan ön önemli testlerden biridir. Elektronistagmografiden farklı olarak VNG de video kaydı alınır. Bu kayıt kolayca kaydedilebilir, tekrar tekrar izlenebilir ve dalga traselerinde belirsiz olan göz hareketleri (rotatuar nistagmus) kolayca fark edilebilir. VNG sistemi donanım olarak ışıklı bar, ana cihaz ve VNG gözlüğünden (goggles) oluşmaktadır. VNG yazılımının özelliklerine göre bu donanımlara ek olarak kalorik stimülasyon cihazı ve Vorteq gibi donanımlar da eklenebilir. VNG ile gaze testinde, okülomotor testlerde (sakkad, smooth pursuit ve optokinetik testler), pozisyonel testlerde, kalorik testte, baş itme (head impulse test, HIT) testinde, baş sallama (head shake) testinde ve spontan nistagmus araştırmasında oluşan göz hareketleri kayıt altına alınabilir (90).

VNG'de güzel, doğru ve standart bir değerlendirme yapabilmek için teste başlanmadan önce kalibrasyon yapılmalıdır. Kalibrasyon için ışıklı bar hastanın tam karşısına ve hastadan 1 metre uzağa yerleştirilir. Hastaya goggles takılır. Goggles sayesinde gözler kızılötesi ışık ile aydınlatılır ve gözlerin görüntüsü bir ayna ile kameraya yansıtılır. Daha sonra göz konumları pupil belirleme yazılımı tarafından bilgisayar programı ile tespit edilir, pupillerin eşik ayarı yapılır ve pupil tam olarak tespit edilir. Kalibrasyon işleminden sonra ışıklı barın yerinden oynatılmaması gerekir. Kalibrasyon işlemini gerçekleştirmek için hastalardan horizontal planda 20 derece ve vertikal planda 10 derece ile gelen ışıkları takip etmesi istenir (91).

Gaze Testi

Gaze, diğer adıyla bakış testi, hastalarda bakışla uyarılan nistagmus varlığını araştırmak için kullanılır. Hastalardan ışıklı bar üzerindeki noktaya başını oynatmadan bakması ve hedefe odaklanması istenir. Hasta merkezde 20 saniye, sağ-sol ve yukarı-aşağıda 15 saniye olmak üzere hedefe odaklanır. Vertikal ve horizontal plandaki hedeflerin açıları 15-25 derecedir. 30 derecenin üzerindeki açılar bireylerde fizyolojik bir nistagmus oluşturabilir. Bu nedenle bu açıların 30 dereceyi geçmemesi gerekir (92). Gaze uyarılmış nistagmus sedatif, antikonvülsan ve trankilazan ilaçlarla, serebellum lezyonlarında ve göz kaslarına ait patolojilere bağlı ortaya çıkabilir (93). Bakışla uyarlan horizontal nistagmus bazen periferik nistagmusta da görülebilir. Akut periferik vestibüler lezyonlarda (vestibüler nörinit, meniere hastalığı ve labirentit gibi) da nistagmusun hızlı faz yönüne bakışta bir nistagmus oluşabilir (94).

Okulomotor Testler

Okulomotor testler sakkad, smooth pursuit ve optokinetik testlerden oluşmaktadır. Sakkad, hedefi olabildiğince hızlı yakalama işlevidir. Bu testte sakkadın hızı, doğruluğu ve latansı önemlidir. Sakkadın hızı ipsilateral paramedian pontin retikular disfonksiyonunda, nörodejeneratif hastalıklarda ve rostral interstitial medial longitudinal fasikülüs lezyonlarında yavaşlamaktadır (95). Bu durumlar ve yaşlanma hipometrik sakkadlara sebep olmaktadır. Hipermetrik sakkadlar ise serebellum bağlantılı lezyonlarda ve Wallenberg sendromunda gözlenmektedir (96).

Hareketli bir hedefi fovea üzerinde tutmayı sağlayan smooth pursuit fonksiyonundan görme korteksi, harekete duyarlı bölgeler, MT, V5, frontal göz sahası, dorsolateral pontin çekirdek, serebellum, vestibular ve okular motor çekirdekler sorumludur (97). Bu testte pursuitin kazancı ve asimetrisi değerlendirilir. Hedefi takip ederken ortaya çıkan düzeltici sakkadlar, smooth pursuitin kazancını düşürmektedir ve ortaya bir asimetri çıkarmaktadır. Smooth pursuit hastanın uyanıklık durumundan, çeşitli ilaçlardan, yaştan, ekstrapramidal sistem ve serebellum lezyonlarından etkilendiği belirtilmiştir (97). Bu durumlara ek olarak sağlıklı bireylerde de düzeltici sakkadlar görülebilmektedir.

Optokinetik test, hedefi hem takip etme (smooth pursuiti) hem de yakalama (sakkad) fonksiyonlarını içerir. Bu nedenle pursuit ve sakkad fonksiyonlarını etkileyen her türlü lezyon optokinetik testi etkileyebilmektedir (98).

Okülomotor testlerde değerlendirme, kullanılan VNG sistemin yazılımına göre sayısal veya kategorik şekilde olabilir ve normatif veriler yaşa göre farklılık gösterebilir (99).

Spontan Nistagmus Testi

Spontan nistagmus, herhangi bir uyarı olmaksızın var olan nistagmusu tanımlamak için kullanılmaktadır. Spontan nistagmus, vertigonun akut döneminde şiddetli olduğundan çıplak gözle de görülebilir. Ancak daha sonraki dönemlerde birincil pozisyonda görülmesi ve şiddetinin belirlenmesi için frenzel gözlüğü veya VNG ile yapılmalıdır (94).

Spontan nistagmusta, santral- periferik lezyon ayırımı yapmak için nistagmusun özelliklerine bakılır. Periferik spontan nistagmuslar konjuge, horizontal ve rotatuardır, bakışla yön değiştirmezler ve fikse edilebilirler (93, 94). Serebellum, vestibüler çekirdekler, vestibüler korteks ve okümotor çekirdekler gibi santral patolojilerden kaynaklanan spontan nistagmus ise santral spontan nistagmus olarak sınıflandırılır ve bu nistagmuslar vertikal, fikse olmayan, dikonjüge ve yön değiştiren karakterde olabilirler (94, 100). Akut periferik spontan nistagmusların yönü daima lezyon tarafının zıt tarafına doğrudur (94, 101). Gözler lezyon tarafına doğru baktığında nistagmusun şiddeti artar, karşı tarafa baktığında ise azalır (Alexander kanunu) (101).

Baş Sallama (Head Shake) Testi

Baş sallama testinde hastadan gözlerini kapatması istenir. Test uygulanırken lateral semisürküler kanalı yere paralel hale getirmek için hastanın başı 30 derece fleksiyona getirilir. Fiksasyonu önlemek için testin frenzel gözlüğüyle yapılması önerilir. Bu test, yatak başı muayenede yapılabileceği gibi vestibüler test odasında VNG sistemiyle yapılarak güvenilirliği arttırılabilir (102).

İlk olarak Barany tarafından tanımlanan baş sallama testinde başın hızlı bir şekilde horizontal planda sallanmasıyla her iki labirentteki denge merkezleri uyarılır

(103). 5 saniyeden daha uzun nistagmus varlığında test pozitif olarak kabul edilir (102). Nistagmusun provakasyon sonucunda oluştuğunu doğrulamak için testi uygulamadan önce mutlaka spontan nistagmus testinin yapılması ve spontan nistagmusun dışlanması gerekmektedir. Baş sallama testi periferik vestibüler sistemi değerlendirmek için kullanılır. Patolojinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi vermez. Testin anormal olması durumunda sadece vestibüler end organlar arasında bir asimetrinin olduğundan söz edilebilir (104). Testin sonunda nistagmusun periferik karakterde olduğunu doğrulamak için fiksasyon yapılması gereklidir. Uyarı sonrasında oluşan nistagmus genellikle horizontal olmaktadır. Ancak baş sallama testinde nadir de olsa vertikal ve/veya rotatuar komponentli nistagmuslar da görülebilir. Bu durumda posterior kanal benign paroksismal pozisyonel vertigodan (105) veya santral patolojilerden şüphelenilmelidir (93).

Kalorik Test

Kalorik test, her iki labirentteki lateral SSK'yi ayrı ayrı hava veya su uyaranla değerlendirme işlemidir. Kalorik testte fiksasyonu önlemek için VNG *goggles* kapakları kapatılmalıdır. Su için 44 derecede sıcak, 30 derecede soğuk; hava için ise 50 derecede sıcak, 24 derecede soğuk uyaran verilmesi önerilir. Vestibüler hipofonksiyonun belirlenmesinde altın standart test olarak kabul edilen kalorik testte sıcak uyaran ampullopedal akım oluşturur, soğuk uyaran ise ampullofugal akım oluşturur. Sıcak uyaranla oluşan nistagmusun yönü test edilen kulağa doğrudur, soğuk uyaran ile oluşan nistagmusun yönü ise test edilen kulağın tersi tarafınadır (106).

Kalorik test bitermal (her iki kulaktanda ayrı ayrı sıcak ve soğuk uyaran ile) yapılabileceği gibi monotermal (sadece sıcak veya sadece soğuk uyaran ile) olarak da yapılabilmektedir. Ancak monotermal kalorik testin sensivitesi ve spesifitesi bitermal kalorik teste göre daha düşüktür (107).

Kalorik test değerlendirilirken oluşan nistagmusun maksimum yavaş faz hızı temel alınır. Unilateral vestibüler hipofonksiyonu belirlemek için aşağıdaki formül kullanılır (108).

$$\frac{(R30°C + R44°C) - (L30°C + L44°C)}{(R30°C + R44°C) + (L30°C + L44°C)} \times 100 < \%25$$

Yön üstünlüğü aşağıdaki formüle göre değerlendirilir (106).

$$\frac{(L30°C + R44°C) - (R30°C + L44°C)}{(R30°C + R44°C) + (L30°C + L44°C)} \times 100 < \%25$$

Bilateral vestibüler hipofonksiyon aşağıdaki formüle göre değerlendirilir (106).

$$L30°C + L44°C < 12\frac{derece}{saniye}; R30°C + R44°C < 12\frac{derece}{saniye}$$

Vestibüler hipofonksiyonun etyolojisini bulmak oldukça zordur. Bazı vestibüler hasarlar zamanla iyileşebilmekteyken bazıları ise iyileşmemektedir. Kronik dönemde dizziness şikayetiyle gelen vestibüler hipofonksiyonlu hastaların etyolojisinin bulunmasında anamnez önemli bir yer tutmaktadır. Bu hastalarda etyoloji kesin neden, muhtemel neden ve idiopatik olarak sınıflandırılır. Unilateral vestibüler hipofonksiyona daha çok vestibüler nörinit, meniere gibi hastalıklar neden olmaktayken, bilateral vestibüler hipofonksiyona daha çok bilateral meniere, vestibülotoksitite, bilateral çok ileri derecede SNİK, menenjit gibi hastalıklar neden olur (109). Yön üstünlüğünün ise taban kayması *(baseline shifted)* ve kazanç asimetrisi olarak iki tipi vardır. Taban kaymasında her iki kulaktaki kalorik cevaplar yakındır ancak hastalarda kalorik uyarıma bağlı olmayan spontan nistagmus varlığı söz konusudur. Kazanç asimetrisinde ise yön üstünlüğü kalorik cevaplardan birinin üstünlüğüne bağlıdır (106).

Kalorik uyarım sonucunda anormal şiddette cevap elde edilmesi hiperaktif kalorik cevap olarak adlandırılır. Sıcak uyaran için üst sınır 80 derece/saniye iken soğuk uyaran için sınır 50 derece/saniyedir. Serebellumun flokülonodüler lobu vestibüler çekirdeklerden ve doğrudan vestibüler end organlardan afferent lifler alır. Flokülonodüler lobun vestibüler çekirdekler üzerinde inhibitör etkisi vardır. Bu nedenle hiperaktif kalorik cevap serebellum flokülonodüler lob disinhibisyonunda, kulak zarı perforasyonlarında ve anksiyete gibi psikiyatrik rahatsızlıklarda görülür (110).

Kalorik inversiyon çok nadir görülen bir olaydır. Kalorik testte nistagmusun yönünün olması gerekenin tersi yönünde olması durumudur. Genellikle posterior fossa lezyonları ile ilişkili ortaya çıkar (110).

Kalorik perversiyon, kalorik uyaranla horizontal nistagmusun dışında pür vertikal nistagmus oluşması durumudur. Bazen kalorik uyarım anterior ve posterior kanalı da uyarabilmektedir bu nedenle her zaman bir lezyon varlığını göstermez. Ancak lateral SSK'ın fokal hasarlarında anterior ve posterier SSK sağlam ise ortaya çıkabilir (111).

Kalorik testte santral lezyonlara işaret eden diğer bir bulgu ise fiksasyon indeksidir. Normal bir uyarımla oluşan kalorik nistagmus, periferik nistagmus özelliklerini taşımaktadır. Nistagmus ilk 60 saniye boyunca şiddetlenir, 70-90 saniye arasında maksimum amplitüde ulaşır. Kalorik testin 120. saniyesinde ise nistagmusu fikse etmek için *googles*'dan ışık yanar. Fiksasyon indeksinin %50'dan daha fazla olduğu durumlar santral patolojilerin göstergesi olarak düşünülmelidir (112, 113).

2.3.2. Head İmpulse Testi (HIT)

Head thrust test ile her iki labirentteki lateral SSK'lar ve süperior vestibüler sinirler değerlendirilir. Hastadan başını 30 derece fleksiyona getirmesi ve bir noktaya sabit bakması istenir. Baş, ani ve randomize olarak yüksek hızla sağa-sola çevrilir. Normal bireylerde baş hareketi sırasında gözler fiksasyonunu koruyabilir. Ancak anormal SSK ve/veya süperior vestibüler sinir fonksiyonu olan bireylerde, baş patoloji tarafına çevrildiğinde fiksasyonunu koruyamaz ve ortaya bir yakalama sakkadı çıkar (114). Head thrust testte sadece açık (overt) sakkadlar yakalanabilir (115).

Head thrust testi ile lateral SSK vestibülo-oküler refleks (VOR) değerlendirilir. VOR arkı (eksitasyon): 1- Lateral SSK- Süperior vestibüler sinir- Medial vestibüler çekirdek- Kontralateral abdusens çekirdeği (KAÇ)- Konralateral lateral rektus 2-Lateral SSK- Süperior vestibüler sinir- Medial vestibüler çekirdek- Okülomotor çekirdek (Medial longiditunal fasikülus ile KAÇ'tan da lifler alır) - İpsilateral medial rektus'tan oluşmaktadır (116).

Ampullalardaki tüylü hücrelerin dinlenme tonusu, yaklaşık 90 spikes/saniye iken eksitasyon tarafında (başın çevrildiği taraf) bu, 400 spikes/saniye'ye kadar çıkabilir. İnhibisyon tarafında ise bu uyarım yaklaşık 0 spikes/saniye'ye kadar düşebilir (117). Unilateral kanal parazisinde etkilenen tarafa baş çevirme sırasında eksitasyon gerçekleşmez ve VOR fiksasyonu koruyamaz (114).

2.3.3. Fonksiyonel Uzanma Testi (FUT)

Fonksiyonel uzanma testi (FUT), Duncan ve ark (118) tarafından geliştirilmiştir. FUT, birey sabit bir destek yüzeyindeyken kolunun uzanabileceği maksimum mesafe olarak tanımlanmıştır. Farklı engel gruplarının da uygulayabilmesi için modifikasyonları bulunan FUT (119) dinamik dengenin değerlendirilmesinde, yaşlı bireylerde düşme riskinin belirlenmesinde ve denge tedavisinin/rehabilitasyonunun etkinliğinin değerlendirilmesinde oldukça kullanışlıdır (120).

2.3.4. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT)

Zamanlı kalk ve yürü testi, kalk ve yürü testinden modifiye edilerek 1991 yılında Podsiadlo ve ark tarafından geliştirilmiştir (121). Zamanlı kalk yürü testini uygulamak için bireyden belirtilen bir sandalyeye (yerden yüksekliği yaklaşık 46 cm) oturması istenir. Daha sonra bireyden sandalyeden kalkıp 3 metrelik yürüme parkurunda yürümesi ve tekrar geri dönüp oturması istenir (122). Testi uygulama sırasında bireylerin her zaman giydiği ayakkabıları kullanması tercih edilir. Yürüme süresinin uzaması test başarısının azaldığı ve düşme riskinin artığı anlamına gelir (122). Literatürde yaşlı bireylere uygulanan zamanlı kalk ve yürü testi skorları 10 ile 33 saniye arasındadır (123, 124).

Zamanlı kalk yürü testi genellikle yaşlı bireylerde düşme riskini belirlemede kullanılmasına rağmen diğer denge bozukluklarında ve denge tedavisinin / rehabilitasyonunun etkinliğini belirlemede de kullanılabilir (122).

2.3.5. Tek Ayak Üstünde Durma Testi (TADT)

Tek Ayak Üstünde Durma Testi (TADT), statik dengenin değerlendirilmesinde kullanılan bir testtir. TADT, hızlı bir şekilde uygulanabilir ve testi uygulamak için herhangi bir ekipmana ihtiyaç duyulmaz. Bireyden istedikleri bir ayağını kaldırması istenir. Bireyin dengede durabildiği süre bir kronometre ile kayıt altına alınır. Birey kaldırdığı ayağını indirdiğinde, dengesini kaybettiğinde veya yerdeki ayağını oynattığında kronometre durdurulur (125).

TADT testi ile düşme, günlük yaşam aktivitesinde azalma ve osteroporoz gibi hastalıklar arasında bir ilişki olduğu ayrıca yaşlı bireylerin denge değerlendirmesinde bir tarama aracı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (125).

2.4. Sayı Dizileri Testi

Wechsler Yetişkinler için Zeka Ölçeği'nin alt testi olan sayı sizileri, görsel ve işitsel modaliteler ile dikkat ve kısa süreli belleği nöropsikolojik olarak değerlendirmektedir (126). Test ileri sayı dizileri ve geri sayı dizileri olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır. Ayrıca her iki bölümdeki sayı dizileri de görsel ve işitsel olarak sunulabilmektedir. İleri sayı dizileri bölümünde bireye sayılar birim saniyede görsel veya işitsel olarak sunulur ve testin sonunda bireyden sayıları aynı sırayla tekrar etmesi istenir. Geri sayı dizileri bölümünde ise bireye sayılar yine birim saniyede görsel veya işitsel olarak sunulur ancak testin sonunda bireyden sayıları ters sırayla (sondan başa) tekrar etmesi istenir. Bireyler sayıları doğru tekrar ettiğinde sayı dizileri bir sayı artırılır. Tekrar edemediklerinde ise benzer bir sayı (aynı sayıda) dizisi tekrar bireye sunulur, birey sayıları tekrar ederse teste devam edilir ve sayı 1 artırılır. Eğer birey yine tekrar edemezse test sonlandırılır. Bu şekilde her iki sayı dizisi içinde eşik bulunur (126).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı, Odyoloji, Ses ve Konuşma Bozuklukları tezli yüksek lisans programına bağlı olarak yürütüldü. Hastalar Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Odyoloji Birimi, Denge Kliniğinde alındı. Çalışma için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulundan onay alındı (16.10.2019-58). Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerden sözlü ve yazılı izin alındı.

3.1. Bireyler

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Odyoloji birimine başvuran ve gürültülü ortamlarda çalışan bireyler üzerinde gerçekleştirildi. Çalışmaya, gürültüye bağlı işitme kaybı olan 50 birey ile gürültülü ortamda çalışan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey dahil edildi. Gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireyler saf ses ortalamasına (SSO) göre (500, 1000, 2000 ve 4000 Hz) 2 gruba ayrıldı. Birinci gruba SSO'su 20 ile 40 dB arasında olan 25 birey, 2. gruba SSO'su 40 dB'den büyük olan 25 birey dahil edildi. Gürültülü ortamlarda çalışan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey 3. grup olarak belirlendi. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş özellikleri Tablo 3.1 de verildi.

Tablo 3.1. Gruplara göre yaş dağılımı.

	1. Grup **Ortalama ± ss** **Ortanca (min-max)**	**2. Grup** **Ortalama ± ss** **Ortanca (min-max)**	**3. Grup** **Ortalama ± ss** **Ortanca (min-max)**	**P***
Yaş	39.12 ± 8.09 40 (26-50)	42.60 ± 5.73 43 (25-50)	39.50 ± 7.38 38 (28-50)	0.180

***Kruskal Wallis Test*

Bireylerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

Tüm bireylerin çalışmaya dahil edilme kriterleri;

- Yaşın 19-50 aralığında olması,
- En az 5 yıldır, günde 8 saat ve daha fazla, minimum 85 dBA şiddet seviyesinde gürültüye maruz kalması (3),
- Her iki kulakta hava ve kemik yolu işitme eşikleri arasındaki farkın 10 dB'den fazla olmaması,
- Hastaların meniere, vestibüler nörinit, BPPV gibi tanılanmış nedenlere bağlı baş dönmesi hikayesinin olmaması,
- Bilateral tip A timpanogram (statik komplians değeri: 0.37 ile 1.67 cc; tepe basıncı: – 100 ile +50 daPa arasında) elde edilmesi (127),
- Ortopedik, sistemik ve nörolojik bir hastalığının olmaması,
- Snellen Eşeli ile 0.7 oranı kullanılarak normal görmeye sahip olması (128),
- Okülomotor testlerin (Sakkad hız >275; doğruluk %80- %134; latans <260; smooth pursuit kazanç >0.80 ve optokinetik kazanç >0.60; asimetri <%16) (99) ve gaze testi (93) sonucunun normal olması,
- Mini mental test skorunun 24'ten büyük (129) olmasıdır.

Yukarıdaki kriterlere ek olarak;

1. Grupta bireylerin bilateral SSO'sunun 20 ile 40 dB arasında olması,
2. Grupta bireylerin bilateral SSO'sunun 40 dB'den büyük olması,
3. Grupta bireylerin bilateral SSO'su nun 20 dB'den az olması şartı arandı.

3.2. Yöntem

Kulak burun boğaz muayenesi yapılan tüm bireylerden ayrıntılı hikaye alındı. Alınan hikâyeye göre gürültülü ortamda çalıştığı belirlenen hastalara odyolojik ve timpanometrik değerlendirme yapıldı ve bu bireyler SSO'ya göre 3 gruba ayrıldı. Üç gruba da sırasıyla mini mental test, snellen eşeli ile görme değerlendirmesi, FUT, TADT, ZKYT, HIT ve vizüel analog skala (VAS) uygulandı. Bireylerin çift görev performanslarını belirlemek amacıyla bireylerden bilişsel ve motor görevler ile eş zamanlı olarak zamanlı kalk yürü testini yapması istendi. Bilişsel ek görev olarak görsel sayı dizileri testi kullanıldı. Motor ek görev olarak ise bireylerden içinde su dolu bardak olan tepsiyi taşıması istendi. Daha sonra gruplara VNG ile sırasıyla gaze, okülomotor testler, spontan nistagmus testi, baş sallama testi ve kalorik test uygulandı.

3.2.1. Odyolojik Değerlendirme

Hikaye

Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerden ayrıntılı hikaye alındı. Bireylerin demografik bilgileri, eğitim durumları, ek hastalıkları, gürültüye maruz kalma süreleri ve gürültünün işitme sistemine olan etkileri hakkındaki bilgi düzeyini içeren hasta bilgi formu tüm bireyler için dolduruldu.

Saf Ses Odyometrisi

Çalışmaya dahil edilen tüm bireylere saf ses odyometri testi Madsen Astera marka bilgisayarlı odyometre (GN, Otometrics Taastrup, Danimarka) ile sessiz kabinde yapıldı. Bireylerin hava yolu işitme eşikleri TDH 39 supra-aural kulaklık kullanılarak bilateral 125-8000 Hz aralığında; kemik yolu eşikleri ise radio ear B71 kemik vibratör kullanılarak bilateral 500-4000 Hz aralığında tespit edildi.

İmmitansmetrik Değerlendirme

Çalışmaya dahil edilen tüm bireylerin timpanometrik ölçümleri Interacoustics AZ 26 (Middelfart, Danimarka) cihazı ile 226 Hz prob tonda yapıldı ve bilateral 500-4000 Hz aralığında ipsilateral ve kontrolateral akustik refleks eşikleri belirlendi (130).

3.2.2. Vestibüler Değerlendirme

Fonksiyonel Uzanma Testi (FUT)

FUT'un uygulanması için bireyden ayakları omuz hizasında açık, bir mezuranın yerleştirildiği duvara paralel ve duvara temas etmeyecek şekilde ayakta durması istendi. Sonrasında omzunu 90 derece fleksiyona getirmesi, elini yumruk yapması istenerek 3. interfalanks eklem seviyesi mezurada işaretlendi ve ayaklarını oynatmadan uzanabildiği kadar öne doğru uzanması istendi. Bireyin uzanabildiği maksimum mesafe mezurada tekrar işaretlendi ve son ölçülen nokta ile ilk ölçülen nokta arasındaki mesafe santimetre cinsinden hesaplandı. Test 3 kere tekrar edildi. Son iki testte saptanan mesafelerin ortalaması alınarak testin skoru hesaplandı (118).

Tek Ayak Üstünde Durma Testi (TADT)

Bireyden ayakkabılarını çıkarması ve tek ayak üzerinde gözler açık şekilde dengesini bozmadan ayakta durması istendi. Sonrasında test, gözler kapalı pozisyonda tekrarlandı. Bireyin gözler açık ve kapalı pozisyonda, dengesini kaybetmeden 30 saniye durması beklendi. Bireylerin tek ayak üstünde durma süreleri kronometre (Nokia 6, Android, Finlandiya) ile kaydedildi. Birey dengesini kaybettiğinde, ayağını indirdiğinde, yerdeki ayağını sektirdiğinde ve gözlerin kapalı olduğu pozisyonda gözlerini açtığında, test başarısız kabul edildi ve kronometre durduruldu. Test 3 kez tekrar edildi. 3 deneme sonucunda elde edilen sürelerin aritmetik ortalaması alınarak test skoru hesaplandı (131).

Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT)

Testte, yüksekliği 46 cm olan bir sandalyeye oturan bireyden "başla" komutu verildiğinde hızlı bir şekilde ayağa kalkması, 3 metreyi hızlı şekilde yürümesi, bitiş çizgisinden dönenerek tekrar hızlı bir şekilde sandalyeye oturması istendi (121). Zamanlı kalk ve yürü testi tüm bireylere 2 kez uygulandı. İlk testte bireyin testi öğrenmesi amaçlandı. İkinci testi tamamlama süresi kronometre (Nokia 6, Android, Finlandiya) ile ölçüldü ve kaydedildi.

Head İmpulse Testi (HIT)

Teste, birey ile karşılıklı oturma pozisyonunda iken başlandı ve bireyin başı 30 derece fleksiyona getirildi. Daha sonra "Birazdan başınızı hızlı bir şekilde sağa

veya sola çevireceğim, siz bu sırada benim burnuma bakın ve boynunuzu serbest bırakın' şeklinde yönerge verildi. Boynunu serbest bıraktığından emin olunduktan sonra bireyin başı hızlı bir şekilde 20 derece sağa ve sola çevrildi. Test sırasında bireyin gözünün hedefe fiksasyonunun devam etmesi durumunda test sonucu normal kabul edildi. Ancak bireyin hedefe fiksasyonunu koruyamaması ve yakalayıcı bir sakkadik hareket ortaya çıkması durumunda test edilen kulak yönünde (başın rotasyon yönünde) test sonucu anormal (rotasyon tarafı) olarak kabul edildi. Test her iki tarafa 3 kez tekrar edilerek sonuç kaydedildi (114).

Videonistagmografi (VNG)

Gaze, okülomotor testler, spontan nistagmus testi, baş sallama testi ve kalorik test tüm hastalara VNG (Spectrum; Micromedical Technologies Inc., Chatham, IL, ABD) cihazı ile aydınlık olmayan test odasında uygulandı. Hastalardan teste gelmeden 48 saat önce; alkol tüketmemeleri, vestibüler sistemi ve sinir sistemini baskılayan ilaçları kullanmayı bırakmaları, teste gelirken makyaj yapmamaları ve testten birkaç saat önce yemek yemeyi bırakmaları istendi.

Goggles, hastanın gözleri bilgisayar ekranında net olarak görülebilecek şekilde hastalara takıldı ve gözlerin fokus ayarı yapıldı. Kalibrasyon işlemine başlamak için ışıklı bar hastadan 1 m uzağa yerleştirildi. Hastalardan başlarını hareket ettirmeden ışıklı bardaki horizontal ve vertikal açılarda (20-15 derece) gelen hedefi takip etmeleri istendi. Kalibrasyonun doğruluğu VNG sistemindeki açı belirleme yazılımı ile kontrol edildi.

Gaze ve Okülomotor Testler

Gaze testi için hastadan başını oynatmadan ışıklı bar üzerinde horizontal ve vertikal eksende 20 derece açılarla yanan hedefe bakması istendi. Her iki eksende oluşan göz hareketleri 1 dakika boyunca kaydedildi. Bakışla uyarılan nistagmus varlığı anormal sonuç olarak kabul edildi.

Sakkad testinde hastadan ışıklı bar üzerinde, horizontal eksende, 2 saniye aralıklarla randomize olarak yanan ışıklara bakması istendi. Bu şekilde sağda veya solda yanan hedeflerden 40 adet hedef takibi alındı. Testte hastanın hedefi yakalama hızı, doğruluğu ve latansı değerlendirildi.

Smooth pursuit testi için hastadan ışıklı bar üzerinde 1, 2 ve 4 kHz hızlarla sağa ve sola hareket eden hedefi başını oynatmadan gözleri ile takip etmesi istendi. Testte smooth pursuitin kazancı değerlendirildi.

Optokinetik testte hastadan ışıklı bar üzerinde önce sağa, sonra sola doğru 10 derece/saniye hızla hareket eden ışıkları takip etmesi istendi. Her iki yönde oluşan fizyolojik nistagmusun kazancı ve asimetrisi değerlendirildi.

Spontan Nistagmus Testi

Spontan nistagmus testini uygulamak için *goggles* kapakları kapatıldı. Hastadan sağ/sol üstte yanan ışığa bakması, ışık söndükten sonra gözlerini oynatmaması istendi. Gözlerde oluşan hareketler vertikal ve horizontal planda kayıt altına alındı.

Baş Sallama Testi

Baş sallama testini uygulamak için *goggles* kapakları kapatıldı Hastanın başı 30 derece fileksiyonda iken 20 saniye boyunca horizontal eksende baş sağa-sola çevrildi ve hastadan çevirme bitmeden hemen önce gözlerini açması istendi. Provokasyon sonucunda nistagmus görülmesi durumunda test pozitif olarak kabul edildi (102).

Kalorik Test

Kalorik test, VNG'ye entegre edilen kalorik uyarım (Aquastar) cihazı ile uygulandı. Hastadan sırt üstü uzanması istendi ve hastanın başı 30 derece fleksiyona getirildi. Fiksasyonu önlemek için *goggles* kapakları kapatıldı. Bitermal hava kalorik testte 47 derecede sıcak; 27 derecede soğuk uyarım verildi. Test sonucunda oluşan nistagmus traseleri artefaktlardan temizlendi ve maksimum şiddette nistagmus alanı VNG yazılımı yardımıyla seçildi. Unilateral vestibüler hipofonksiyon kriteri için kulaklar arasındaki nistagmusun maksimum yavaş faz hızlarının oranının >%25 olarak kabul edildi (108). Bilateral vestibüler hipofonksiyon için her bir kulağa uygulanan sıcak ve soğuk uyaranlar sonucu oluşan nistagmusların toplamı <12 derece/saniye olarak kabul edildi (106).

3.2.3. Çift Görev Performansının Değerlendirilmesi

Bilişsel Ek Görev

Bireylerin bilişsel ek görev performansını değerlendirmek için görsel sayı dizileri testi kullanıldı. Sayı sizileri testinde sayı dizileri görsel olarak power point ile Dell masaüstü bilgisayardan 1.5 saniye arayla sunuldu (17 inç monitörde 144 punto siyah rakamlar ile beyaz fon üzerinde). Bireylerden sunumun sonunda sayıları aynı düzende tekrar etmesi istendi. Teste ikili sayı dizisinden başlandı. Bireyler sayı dizilerini doğru tekrar ettiğinde sayı dizisi bir sayı artırıldı. Sayı dizisini doğru tekrar edemediğinde ise aynı sayıdaki başka bir sayı dizisi tekrar bireye sunuldu. Bireyin bu sayı dizisini doğru tekrar etmesi durumunda sayı dizisi bir artırılarak teste devam edildi. İkinci sunulan sayı dizisini yine doğru tekrar edememesi durumunda son tekrar edebildiği sayı dizisi maksimum dizi olarak belirlendi ve test sonlandırıldı. İkinci kısımda bireyden aynı yöntem kullanılarak bilgisayar ekranından sunulan sayı dizilerini tersi düzende tekrar etmesi istendi. Bu şekilde bireylerin ileri ve geri maksimum sayı dizisi belirlendi.

Bireylerin bilişsel ek görevli çift görev performanslarını değerlendirmek için ZKYT ile görsel sayı dizileri testi aynı anda uygulandı. Birey sayı dizileri testinin uygulanacağı bilgisayardan 1.5 metre uzağa oturdu. “Ekrandan size sayı dizileri sunacağım. Sayı dizilerinin bitiminde başla komutu ile karşıdaki hedefe kadar hızlı bir şekilde gidip, dönerek sandalyeye oturmanızı isteyeceğim. Bu sırada size sunulan sayıları içinizden tekrar edin. Sandalyeye oturduktan sonra duyduğunuz düzende (geri görsel sayı dizileri testi performansı için duyduğunuz düzenin tersi olacak şekilde) sayıları bana tekrarlamanızı isteyeceğim” komutu verildi. Her birey için önceden belirlenen maksimum sayı dizileri, çift görev performansı için sunuldu. Bireyden, ZKYT testinin sonunda sandalyeye oturduktan sonra sayı dizisini tekrar etmesi istendi ve cevapları kaydedildi. İleri ve geri sayı dizileri ile eş zamanlı ZKYT random düzende yapıldı. Bireyin bilişsel ek görevli (hem ileri hem geri tekrarlı sayı dizileri) ZKYT’yi tamamlama süresi kronometre (Nokia 6) ile ölçüldü ve kaydedildi.

Motor Ek Görev

Motor ek görevli çift görev performanslarını değerlendirmek için bireylerden ZKYT sırasında tepsi üzerindeki içi su dolu bardağı taşıması istendi. Motor ek görevli ZKYT'yi tamamlama süresi, kronometre (Nokia 6) ile ölçüldü ve kaydedildi.

Çift Görev Karmaşası

Çift görev durumlarında, tekli görevlere göre daha yüksek bilişsel kapasite gerekmektedir. Bu nedenle bireylerin tepki hızlarında yavaşlama, hata oranlarında artma ve performanslarında kötüleşme meydana gelir. Çalışmamızdaki bireylerde oluşan bu çift görev etkisini (ÇGE) değerlendirmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır (80).

$$\frac{(Çift\ görev\ yürüme\ hızı - Tekli\ görev\ yürüme\ hızı)}{Tekli\ görev\ yürüme\ hızı} \times 100 = \%ÇGE$$

3.2.4. Vizüel Analog Skala (VAS)

Bireylerin dengesizlik şiddetlerini değerlendirmek için VAS kullanıldı. Kağıt üzerine çizilmiş olan 10 cm'lik bir çizginin uç noktaları 0 (dengesizliğim yok) ile 10 (aşırı derecede dengesizliğim var) şeklinde numaralandırıldı. Bireyden bu çizgi üzerinde kendi dengesizlik şiddetine uygun bir noktayı işaretlemesi istendi (Ek-2) (132).

3.2.5. Mini Mental Test

2002 yılında Gülgen ve ark tarafından Türkçeye uyarlanan Mini Mental Test hatırlama, kayıt hafızası, lisan, dikkat ve hesaplamayı içeren beş ana bölümden, toplam on bir sorudan oluşmaktadır. Testte toplam skor 30 puan üzerinden değerlendirildi (Ek-3). Testten 24 puan ve üzeri alan bireyler çalışmaya dahil edildi (129).

3.2.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için IBM SPSS 21 (Statistical Package for the Social Sciences software, SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Normallik dağılımı Shapiro Wilk testi ile incelendi. Normal dağılan gösteren veriler ortalama ± standart sapma (ss) ile, normal dağılım göstermeyen veriler ortanca (min-max) ile sunuldu. Grupları karşılaştırmak için normallik ve varyansların homojenliği varsayımlarının sağlandığı durumlarda parametrik testlerden One Way ANOVA testi, bu varsayımların sağlanmadığı durumlarda ise nonparametrik testlerden Kruskal Wallis testi kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak için ise Ki-kare testi kullanıldı. $P<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda GBİK'li 50 bireyin ve gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan 25 bireyin TADT, ZKYT, FUT, HIT, baş sallama testi, kalorik test, VAS, motor ve bilişsel ek görev ile birlikte yapılan ZKYT testlerine ait bulgular ve istatistiksel analiz sonuçları aşağıda sunuldu.

Çalışmaya dahil edilen bireylerin 24'ü ilkokul, 14'ü ortaokul, 27'si lise, 7'si ön lisans ve 3'ü lisans mezunu idi. Bireylerin eğitim durumları Tablo 4.1'de gösterildi.

Tablo 4.1. Bireylerin gruplara göre eğitim seviyeleri.

	1. Grup		**2. Grup**		**3. Grup**	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
İlkokul	6	8	13	17.33	5	6.66
Ortaokul	5	6.66	6	8	3	4
Lise	10	13.33	4	5.33	13	17.33
Önlisans	3	4	2	2.60	2	2.60
Lisans	1	1.3	0	0	2	2.60

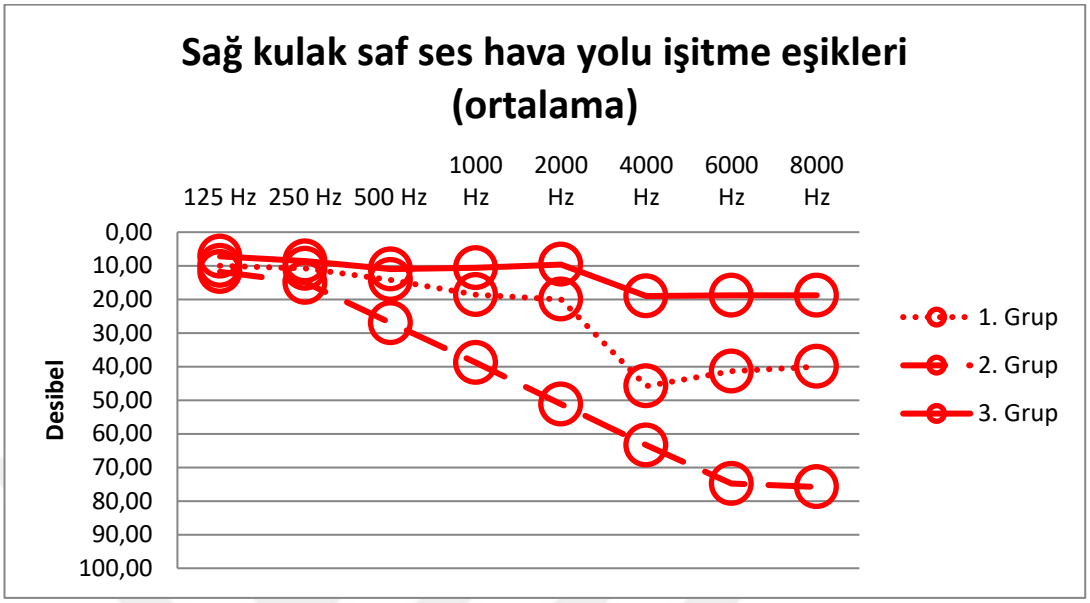
Grupların frekanslara göre saf ses işitme eşikleri ve SSO değeri Tablo 4.2'de gösterildi.

Tablo 4.2. Gruplara göre bireylerin sağ ve sol kulak saf ses hava yolu işitme eşikleri ve SSO değeri.

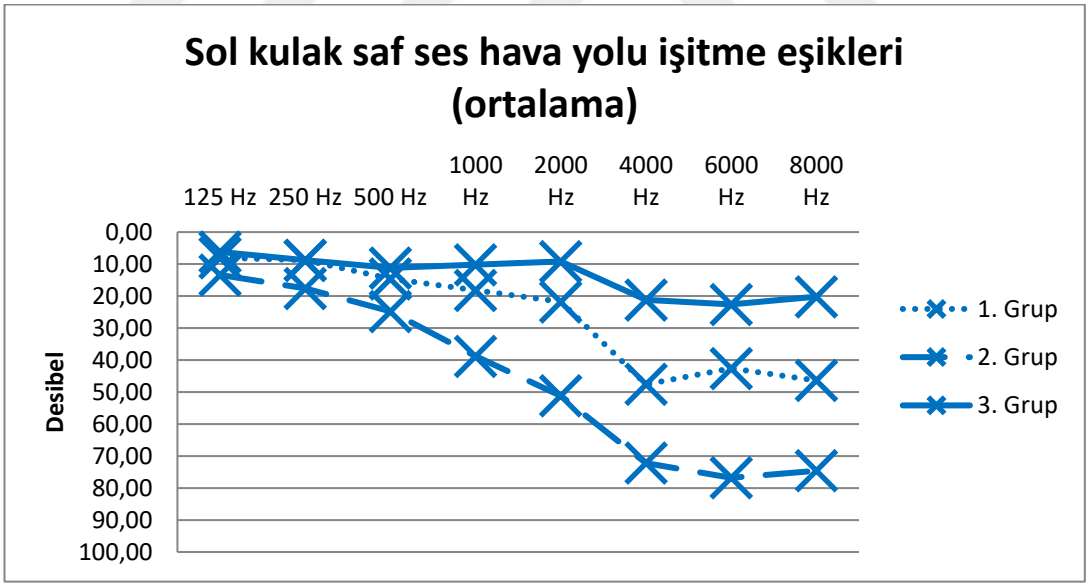
	Sağ kulak (dB HL)			**Sol kulak (dB HL)**		
Frekans (Hz)	**1. Grup Ort± ss**	**2. Grup Ort± ss**	**3. Grup Ort± ss**	**1. Grup Ort± ss**	**2. Grup Ort± ss**	**3. Grup Ort± ss**
125	10.00 ± 5.59	11.80 ± 7.75	7.20 ± 4.10	8.00 ± 3.81	13.40 ±8.62	6.20 ± 3.89
250	10.80 ± 4.71	15.00 ± 7.07	8.60 ± 3.95	8.80 ± 3.89	17.60 ± 7.08	8.80 ± 5.05
500	14.20 ± 5.33	27.00 ± 8.03	11.00 ± 5.95	14.60 ± 6.27	24.80 ± 7.70	11.20 ± 5.45
1000	18.60 ± 7.00	38.80 ± 13.63	10.60 ± 6.34	18.20 ± 7.05	38.80 ± 14.52	10.20 ± 5.49
2000	20.00 ± 9.78	51.20 ± 19.48	9.60 ± 5.57	21.80 ± 10.29	51.20 ± 15.96	9.20 ± 6.06
4000	45.80 ± 17.18	63.40 ± 22.48	19.00 ± 7.77	47.60 ± 16.08	72.20 ± 14.29	21.20 ± 7.67
6000	41.40 ± 18.84	74.80 ± 20.02	18.80 ± 4.45	42.60 ± 19.37	76.80 ± 18.97	22.60 ± 6.63
8000	40.00 ± 20.91	75.80 ± 20.24	16.80 ± 6.64	46.40 ± 21.14	74.60 ± 22.54	20.20 ± 9.06
SSO	24.65 ± 5.27	45.10 ± 10.02	12.65 ± 4.64	25.55 ± 4.71	46.75 ± 10.53	12.95 ± 4.20

SSO: Saf ses ortalaması

Bireylerin sağ ve sol kulakları saf ses hava yolu işitme eşikleri Şekil 4.1'de ve Şekil 4.2'de verildi.



Şekil 4.1. Gruplara göre bireylerin ortalama sağ kulak saf ses hava yolu işitme eşiklerinin odyogram üzerinde gösterilmesi.



Şekil 4.2. Gruplara göre bireylerin ortalama sol kulak saf ses hava yolu işitme eşiklerinin odyogram üzerinde gösterilmesi.

2. grupta bulunan bireylerin gürültülü ortamda çalışma süreleri 1. grupta bulunan bireylere göre, 1. grupta bulunan bireylerin gürültülü ortamda çalışma süreleri ise 3. gruba göre daha uzundu ($p<0.05$). Bireylerin gruplara göre gürültülü ortamda çalışma süreleri Tablo 4.3'te gösterildi.

Tablo 4.3. Bireylerin gruplara göre gürültülü ortamda çalışma sürelerinin karşılaştırılması.

	1. Grup Ortalama ± ss	2. Grup Ortalama ± ss	3. Grup Ortanca (min-max)	p*
Toplam çalışma süresi (Yıl)	16.60 ± 7.38	20.04 ± 6.30	10 (5-34)	0.003

**Kruskal wallis test*

Gruplar arasında gözler açık TADT süresi açısından anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Ancak 2. grupta bireylerin gözler kapalı TADT performansı, 1. ve 3. gruba göre daha kötüydü (p<0.05). Bireylerin gruplara göre TADT sonuçları Tablo 4.4'te gösterildi.

Tablo 4.4. Gruplara göre bireylerin gözler açık ve gözler kapalı TADT sonuçlarının karşılaştırılması.

TADT	1. Grup Ort ± ss	2. Grup Ort± ss	3. Grup Ort ± ss	p*	p**
Gözler açık (sn)	24.31 ± 5.80	22.16 ± 6.88	26.13 ± 2.97	0.180	0.587$^{1-2}$ 0.154$^{2-3}$ 0.635$^{1-3}$
Gözler kapalı (sn)	12.46 ± 6.55	12.07 ± 6.16	17.15 ± 8.52	**0.025**	0.979$^{1-2}$ **0.038**$^{2-3}$ 0.060$^{1-3}$

*TADT: Tek ayak üstünde durma testi *One Way ANOVA ** Post Hoc Test (Tukey)*

Gruplar arasında FUT mesafesi açısından anlamlı fark elde edilmedi (p>0.05). Bireylerin gruplara göre FUT sonuçları Tablo 4.5'te verildi.

Tablo 4.5. Gruplara göre bireylerin FUT sonuçlarının karşılaştırılması.

	1. Grup Ort ± ss	2. Grup Ort ± ss	3. Grup Ort ± ss	p*	p**
FUT (cm)	33.24 ± 5.16	30.24 ± 4.63	31.60 ± 3.96	0.078	0.063$^{1-2}$ 0.553$^{2-3}$ 0.425$^{1-3}$

*FUT: Fonksiyonel uzanma testi *One Way ANOVA ** Post Hoc Test (Tukey)*

Gruplar arasında ZKYT süresi açısından anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Bireylerin gruplara göre ZKYT sonuçları Tablo 4.6'da gösterildi.

Tablo 4.6. Gruplara göre bireylerin ZKYT sonuçlarının karşılaştırılması.

	1. Grup Ort ± ss	2. Grup Ort± ss	3. Grup Ort± ss	p*	p**
ZKYT (sn) (Tek görev)	5.97 ± 0.82	6.23 ± 0.56	6.05 ± 0.78	0.430	0.413^{1-2} 0.650^{2-3} 0.920^{1-3}

ZKYT: Zamanlı kalk yürü testi **One Way ANOVA* *** Post Hoc Test (Tukey)*

Gruplar arasında bireylerin dengesizlik şiddetini gösteren VAS değerleri açısından anlamlı fark elde edilmedi (p>0.05). 1. grupta 10 birey, 2. grupta 14 birey ve 3. grupta 7 birey VAS'a göre dengesizlik bildirdi. Bireylerin gruplara göre VAS bulguları Tablo 4.7'de gösterildi.

Tablo 4.7. Gruplara göre bireylerin dengesizlik şiddetini gösteren VAS değerlerinin karşılaştırılması.

	1. Grup Ortanca (min-max)	2. Grup Ortanca (min-max)	3. Grup Ortanca (min-max)	p*	p**
VAS	0 (0-7)	2 (0-7)	0 (0-6)	0.255	0.193^{1-2} 0.150^{2-3} 0.629^{1-3}

VAS: Vizüel Analog Skala **Kruskal Wallis Test* ***Mann Whitney-U test*

Gruplar arasında anormal HIT bulgusu elde edilen bireyler açısından anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Bireylerin gruplara göre HIT sonuçları Tablo 4.8'te verildi.

Tablo 4.8. Gruplara göre anormal HIT bulgusu elde edilen bireylerin karşılaştırılması.

HIT	**1. Grup (n=25)**		**2. Grup (n=25)**		**3. Grup (n=25)**		**p***
	N	**(%)**	**n**	**(%)**	**n**	**(%)**	
Toplam anormal HIT	1	(4)	0		0		0.363
Sağ taraf	1	(4)	0		0		
Sol taraf	0		0		0		
Bilateral	0		0		0		

HIT: Head impulse test **Ki-kare test*

Gruplar arasında baş sallama test bulgusu açısından anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Elde edilen baş sallama nistagmusları horizontal eksendeydi ve fiksasyonla baskılanmaktaydı. Bireylerin gruplara göre baş sallama testi sonuçları tablo 4.9'da verildi.

Tablo 4.9. Gruplara göre bireylerin baş sallama testi sonuçlarının karşılaştırılması.

Baş Sallama Testi	**1. Grup (n=25)**		**2. Grup (n=25)**		**3. Grup (n=25)**		**p***
	n	**(%)**	**n**	**(%)**	**n**	**(%)**	
Toplam anormal baş sallama testi	1	(4)	2	(8)	1	(4)	0.768
Sağa vuran nistagmus	0		1	(4)	0		
Sola vuran nistagmus	1	(4)	1	(4)	1	(4)	
Yukarı vuran nistagmus	0		0		0		
Aşağı vuran nistagmus	0		0		0		

**Ki-kare test*

Gruplar arasında spontan nistagmus testi bulguları açısından anlamlı fark elde edilmedi (p>0.05). Spontan nistagmuslar horizontal plandaydı ve fiksasyonla baskılanmaktaydı. Bireylerin gruplara göre spontan nistagmus testi sonuçları Tablo 4.10'da gösterildi.

Tablo 4.10. Gruplara göre bireylerin spontan nistagmus testi sonuçlarının karşılaştırılması.

Spontan nistagmus	**1. Grup (n=25)**		**2. Grup (n=25)**		**3. Grup (n=25)**		**p***
	N	**(%)**	**n**	**(%)**	**n**	**(%)**	
Toplam spontan nistagmus	2	(8)	2	(8)	1	(4)	0.807
Sağa vuran nistagmus	1	(4)	0		1	(4)	
Sola vuran nistagmus	1	(4)	2	(8)	0		
Yukarı vuran nistagmus	0		0		0		
Aşağı vuran nistagmus	0		0		0		

**Ki-kare test*

Gruplar arasında kalorik test bulguları açısından anlamlı fark elde edildi (p<0.05). 2. grup, 1. ve 3. gruba göre daha fazla anormal kalorik test sonucuna sahipti (sırasıyla: p:0.017; p:0.020). Ancak 1. grup ile 3. grup arasında kalorik test

anormalliği açısından anlamlı fark yoktu (p: 0.490). Yön üstünlüğü hiçbir grupta yoktu. Bireylerin gruplara göre kalorik test sonuçları tablo 4.11'de verildi

Tablo 4.11. Gruplara göre bireylerin kalorik test sonuçlarının karşılaştırılması.

Kanal parezisi	**1. Grup (n=25)**		**2. Grup (n=25)**		**3. Grup (n=25)**		**p***
	n	**(%)**	**n**	**(%)**	**N**	**(%)**	
Toplam kanal parazisi	2	(8)	9	(36)	0		0.001
Sağ taraf	1	(4)	2	(8)	0		
Sol taraf	0		7	(28)	0		
Bilateral	1	(4)	0		0		

**Ki-kare test*

ÇGE formülüne göre bireylerin yaşadıkları çift görev karmaşaları hesaplandığında, bireyler ZKYT ile eşzamanlı tepside bardak taşıma testinde %8.70, ZKYT ile eşzamanlı geri görsel sayı dizileri testinde % 2.79 ve ZKYT ile eşzamanlı ileri görsel sayı dizileri testinde %2.13 oranında çift görev karmaşası yaşadılar. Gruplara göre ÇGE hesaplandığında ise en fazla çift görev karmaşasını 2. gruptaki bireylerin %12.5 oran ile ZKYT ile eşzamanlı tepside bardak taşıma testinde yaşadığı saptandı.

Gruplar arasında ileri görsel sayı dizileri testi ile eş zamanlı yapılan ZKYT performansı açısından anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Ancak 2. grup, 1. ve 3. gruba göre hem geriye doğru görsel sayı dizileri testi ile hem de bardakta su taşıma testi ile eş zamanlı yapılan ZKYT performansı (çift görev performansı) açısından anlamlı olarak kötüydü ($p<0.05$). Gruplara göre bireylerin çift görev performanslarının karşılaştırılması Tablo 4.12'te verildi.

Tablo 4.12. Gruplara göre bireylerin bilişsel ve motor çift görev performanslarının karşılaştırılması.

	1. Grup (n=25) Ort ± ss veya ortanca (min-max)	**2. Grup (n=25) Ort ± ss veya ortanca (min-max)**	**3. Grup (n=25) Ort± ss veya ortanca (min-max)**	**p**	**p**
Çift Görev (Bilişsel ek görev)					
ZKYT+İleri görsel sayı dizileri (sn)	5.50 (4.73-7.88)	5.98 (5.42-7.63)	5.79 ± 0.83	0.060[a]	0.055[1-2 c] 0.130[2-3 c] 0.587[1-3 c]
ÇGE (%)	0.3	2.0	4.2		
ZKYT+Geri görsel sayı dizileri (sn)	5.75 ± 0.83	6.25 ± 0.53	5.76 ± 0.67	**0.016[b]**	**0.014[1-2 d]** **0.006[2-3 d]** 0.966[1-3 d]
ÇGE (%)	3.6	0.3	4.7		
Çift Görev (Motor ek görev)					
ZKYT+Tepside bardak taşıma (sn)	6.07 (5.04-8.90)	7.01 ± 0.81	6.38 ± 0.89	**0.022[a]**	**0.034[1-2 c]** **0.011[2-3 d]** 0.915[1-3 c]
ÇGE (%)	8.2	12.5	5.4		

ÇGE: Çift görev etkisi, ZKYT: Zamanlı kalk ve yürü testi, aKruskal Wallis test, bOne Way ANOVA test, cMann Whitney U test, dStudent t-test.

5. TARTIŞMA

Gürültüye bağlı işitme kaybı, geri dönüşü olmayan sensörinoral tip işitme kaybıdır. 4 kHz'de oluşan akustik çentik ve yüksek frekansları etkileyen işitme kaybı GBİK için tipik bir odyogram bulgusudur (6). İşitme sistemi ve vestibüler sistem birbiriyle anatomik ve fizyolojik benzerlikler göstermekte, her ikisi de iç kulakta birbiriyle bağlantılı kemik labirent içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenle işitme sistemini etkileyen gürültü, vestibüler sistemi de etkilemektedir. Vestibüler sistemdeki bu etkilenme işitme sisteminde olduğu gibi gürültünün süresi, gürültünün şiddeti ve gürültünün türü (sürekli, patlamalı) ile ilişkilidir. Ayrıca GBİK'li bireyler işitme kaybı ve vestibüler problemlerin yanında hipertansiyon, dikkat dağınıklığı, uyku bozukluğu, işitme kaybı ve dengesizlik ile bağlantılı sosyal, emosyonel ve psikolojik sorunlar da yaşayabilmektedir (2). Bu çalışmada GBİK'li bireyler işitme kaybı derecesine göre 2 gruba ayrılmış ve işitme kaybı olmayan kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Kontrol grubuna alınan bireyler en az 5 yıl gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan bireylerden seçilmiştir.

Coles ve ark (133), yaptıkları çalışmada GBİK'te odyogram bulgularını ve GBİK tanısı için güvenilir yöntemleri araştırmışlardır. Buna göre GBİK için 3 ana gereklilik belirtmişlerdir. Bunlar; yüksek frekans işitme kaybı, yüksek frekanslarda akustik çentik veya odyometrik çukur ve yüksek şiddette tehlikeli gürültüye maruz kalma hikayesidir. Bu kriterlere rağmen GBİK tanısı tam olarak konulamıyor ise 4 faktöre daha dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu faktörler; hastanın klinik durumu, gürültü maruziyeti ile hastanın yaşı arasındaki uyum, diğer sebepleri dışlamak için çeşitli istatistiksel yöntemleri içeren Robinson kriterleri (134), asimetrik, mixt ve iletim tipi işitme kaybı gibi karmaşık durumlardır. Bu bilgiler sonucunda araştırmacılar (133) tipik bir GBİK'te 3, 4 veya 6 kHz'de akustik çentik olduğunu belirtmiştir. McBride ve ark (135) ise 682 elektrik iletim işçisi üzerinde yaptıkları çalışmada, patlamalı ve sürekli gürültünün GBİK'te akustik çentiğe olan etkisini araştırmıştır. GBİK'te işitmenin 2 kHz'e kadar normal olduğunu, 4 veya 6 kHz de akustik çentik gözlemlendiğini belirtmişlerdir. 4 kHz'de oluşan çentik ile patlamalı gürültü arasında bir ilişki olduğu belirtilmesine rağmen 6 kHz'de oluşan çentiğin herhangi bir gürültü çeşidi ile ilişkili olmadığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da literatüre benzer şekilde işitmenin 2 kHz'e kadar normal olduğu, 2

kHz'den sonra 4 veya 6 kHz'de çentik şeklinde işitme kaybı ve 8 kHz de tekrar bir düzelme olduğu gözlemlenmiştir. Gürültü, ortalama merkez frekansı 3200 Hz olan frekans spektrumuna sahiptir (17). Dış kulak kanalının rezonans frekansı ise 3000-3500 Hz civarıdır. Dış kulak yolunun rezonans frekansı ile şiddeti artan gürültü, baziler membran üzerinde yarım oktavlık frekans kayması ile 4000 Hz bölgesini maksimum uyarır ve kokleanın zaten hassas olan üçte birlik kısmına hasar verir (15-17). Bu nedenle odyogramda 4000 Hz civarında bir çentik görülmektedir. Çentik frekansı dış kulak yolunun akustik özellikleri ve gürültü türü ile ilişkilidir (17). Odyogram üzerinde görülen akustik çentik frekansının (3, 4 veya 6 kHz) gürültünün türü için bir belirteç olabileceği belirtilmiştir (135). Genel olarak 4 kHz'deki çentiğin sürekli gürültü sonucunda oluştuğu, 6 kHz deki çentiğin patlamalı gürültü sonucunda oluştuğu ve 3 kHz'deki çentiğin alçak frekanslı gürültü sonucunda oluştuğu belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda GBİK fazla olan bireyler GBİK az olan bireylere göre, GBİK az olan bireyler ise kontrol grubundaki bireylere göre daha uzun süre gürültülü ortamda çalışmaktaydı ve bu bireylerin tümü sürekli gürültüye maruz kalmaktaydı. 1. gruptaki GBİK'li bireylerde akustik çentik daha çok 4 kHz'de oluşurken, GBİK fazla olan bireylerde çentiğin frekansının 6 kHz'e kaydığı ve çukur halini aldığı gözlendi. Akustik çentiğin frekansı için dış kulak yolunun akustik özellikleri ve gürültü türünün yanında GBİK'in derecesi ile maruz kalma süresi de önemli olabilir.

GBİK'li bireyler gürültünün (akustik titreşim) yanı sıra mekanik titreşim ve toksisiteye de maruz kalabilmektedir. Bu nedenle literatürde kontrol grubu olarak gürültüye maruz kalmamış (aynı ortamda çalışmamış) bireylerin alındığı çalışmalarda (67, 72, 136) GBİK'in vestibüler sisteme olan etkisi tam olarak anlaşılamamaktadır. Çalışmamızda GBİK'te vestibüler sistemi araştıran diğer çalışmalardan (67, 72, 136) farklı olarak doğrudan GBİK'in vestibüler sisteme ve çift görev üzerine etkisini araştırmak hedeflendi. Çalışmaya dahil edilen bireylerin vestibüler fonksiyonları kalorik test, baş sallama testi, spontan nistagmus testi, HIT ve vestibülospinal testler (ZKYT, TADT ve FUT) ile değerlendirildi. Bireylerin çift görev performansları ise ZKYT ile eş zamanlı yapılan bilişsel ve motor ek görevler ile değerlendirildi. Çalışmanın sonunda 40 dB'den daha fazla işitme kaybı olan GBİK'li bireylerin sağlıklı bireylere ve 20 ile 40 dB arası işitme kaybı olan GBİK'li

bireylere göre daha fazla anormal kalorik cevaba sahip olduğu, ayrıca gözler kapalı TADT performansının ve çift görev performanslarının daha kötü olduğu bulundu.

Kalorik test dış kulak yolundan sıcak ve soğuk uyarım verilerek lateral SSK'ları ve superior vestibüler siniri değerlendiren bir testtir. Literatürde GBİK'li bireylerde kalorik test bulguları üzerine bazı çalışmalar (67, 71, 136, 137) bulunmaktadır. Wang ve ark (67), 20 GBİK'li bireyin vestibüler fonksiyonlarını kalorik test ile değerlendirmiştir. Bu bireylerden 9'unda (%45) anormal kalorik cevap olduğu bildirilmiştir. Bunların 7'sinde (%45) kanal parazisi olduğunu, 2'sinde (%10) ise herhangi bir cevap alınamadığını belirtilmiştir. Tseng ve ark (71) 30 GBİK'li birey üzerinde yaptıkları çalışmada, 30 bireyin %33'ünde anormal kalorik cevap elde edildiğini bildirmiştir. Ayrıca gürültünün total kanal parazisine neden olabildiği de belirtilmiştir. Geçici (136), 34 GBİK'li bireye uyguladığı kalorik testte 10 (%29.4) bireyde tek taraflı zayıflık, 3 (%8.8) bireyde kazanç asimetrisi saptadıklarını ve 6 (%17.6) bireyde herhangi bir kalorik yanıt elde edemediklerini bildirmiştir. Manabe ve ark (137) ise vertigo şikayeti bulunan GBİK'li bireylere kalorik test ve elektrokokleografi testini uygulamıştır. Vertigosu bulunan GBİK'li bireylerin SP/AP oranında artma olduğu, ayrıca bu bireylerin %47.1'inin azalmış kalorik cevaba (nistagmus maksimum hızı <10 derece/saniye) sahip olduğunu belirtilmiştir. Sonuç olarak epizodik vertigo atağı yaşayan GBİK'li bireylerin vestibüler sistem patofizyolojisinin Meniere hastalığı ile benzerlik gösterdiği bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise kontrol grubundaki tüm bireylerde kalorik testte normal bulgu elde edildi. 1. grupta 2 (%8) birey anormal kalorik cevaba sahipti. 2. grupta ise 9 (%36) birey anormal kalorik cevaba sahipti. Anormal kalorik cevaba sahip toplam 11 (%44) GBİK'li bireyden 10'unda (%40) tek taraflı kalorik zayıflık elde edildi. 1. grupta bulunan 1 (%4) bireyde ise bilateral kalorik zayıflık saptandı. İşitme kaybının en fazla olduğu 2. grupta kalorik cevapların, işitme kaybının daha az olduğu 1. gruptan ve kontrol grubundan daha kötü olduğu bulundu. Bu bulgu 'GBİK'li bireyler ile sağlıklı bireyler arasında vestibüler fonksiyonlar açısından anlamlı fark vardır.' hipotezimizi desteklemektedir. İşitme sistemi ile vestibüler sistem aynı kemik ve membröz labirenti paylaşmaktadır. Her iki sistemin de reseptör hücreleri benzer yapıdadır ve iki sistemin kanlanması (beslenmesi) da birbiriyle ilişkilidir (8). Dolayısıyla gürültünün vestibüler sisteme hasarı birbiriyle bağlantılı 2 hipotez ile açıklanabilir. Bunlardan birincisi gürültü doğrudan vestibüler

yapıları ve vestibüler sistemi besleyen damarları etkileyebilir (138). Bu nedenle vestibüler sistem mekanik olarak hasar alabilir ve vestibüler sistemin beslenmesi bozulabilir. Diğer hipotez ise gürültü, stria vaskülarise ve spiral gangliyonlara hasar verdiği için kokleanın beslenmesi bozulmaktadır (44-49). Stria vaskülaris endolenf üretiminden sorumlu yapıdır ve stria vaskülaris hasarı endokoklear potansiyeli değiştirmektedir (43). Dolayısıyla aşırı gürültü GBİK'li bireylerde Meniere hastalığında olduğu gibi (137) aşırı endolenf salınımı ve yetersiz endolenf emilimi oluşturabilir ve vestibüler sistemi etkileyebilir. Ayrıca bunlara ek olarak çalışmamızda işitme kaybının en fazla olduğu 2. grupta kalorik testteki anormallik, lateral SSK'nın anatomik yerleşimiyle de açıklanabilir. Lateral kanalın anatomik yapısı gereği dış kulak kanalına en yakın kanal olması, gürültüye maruziyetten olumsuz etkilenmesinde etkili olmuş olabilir. GBİK'in derecesini arttıran gürültünün süresi, şiddeti ve türünün vestibüler organda bulunan Tip II hücrelerin hasarını da benzer şekilde artırmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Spontan nistagmus, vestibüler patolojilerde santral-periferik ayrımında oldukça faydalı bir bulgudur (93). Santral patolojilerde spontan nistagmuslar diskonjuge, horizontal, vertikal, rotatuar veya mixt olabilir. Fiksasyon ile nistagmus şiddetinde azalma olmaz. Periferik vestibüler patolojilerde nistagmus bakışla yön değiştirmez, hızlı faz yönüne bakışta şiddeti artar, horizonto-rotatuar karakterdedir (94,100). Çalışmamızda GBİK'li bireylerden 1. grupta 2 (%8) birey ve 2. grupta 2 (%8) birey olmak üzere toplam 4 (%8) bireyde spontan nistamus bulgusu elde edildi. Kontrol grubunda ise 1 (%4) bireyde spontan nistagmus saptandı. Gruplar arasında spontan nistagmus bulgusu açısından anlamlı fark saptanmadı. Bireylerdeki spontan nistagmuslar fiksasyonla baskılanmaktaydı ve nistagmusun hızlı yönü horizontal plandaydı.

Baş sallama nistagmusu başın horizontal eksende sağa sola 20 saniye boyunca çevrilmesinin ardından oluşan nistagmustur. Bu nistagmusun periferik vestibüler organlardaki asimetriye bağlı oluştuğu düşünülmektedir. Çalışmamızda 1. grupta 1 (%4) birey, 2. grupta 2 (%8) birey ve kontrol grubunda 1 (%4) birey olmak üzere toplam 4 bireyde baş sallama nistagmusu bulgusu elde edildi. Gruplar arasında baş sallama nistagmusu açısından bir fark saptanmadı. Geçici (136) bizim çalışmamıza benzer şekilde GBİK'li bireylerde baş sallama nistagmusunu

araştırmıştır. Çalışmasında kontrol grubundaki tüm bireylerin normal baş sallama testi bulgusuna sahip olduğunu, GBİK grubunda ise 3 (%8.8) bireyde anormal baş sallama nistagmusu bulgusu olduğunu bildirmiştir. Bizim bulgularımız ve Geçici'nin bulguları birbirine benzer olmasına rağmen bizim çalışmamızda Geçici'den farklı olarak kontrol grubundaki 1 (%4) birey anormal baş sallama nistagmusu bulgusuna sahipti. Bu durum kontrol grubu örneklem seçimiyle açıklanabilir. Bizim çalışmamızdaki kontrol grubu, gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı oluşmayan bireylerden seçilmiştir. Dolayısıyla gürültü, işitme kaybı oluşturmadan önce periferik vestibüler sistemi etkilemiş olabilir. Ayrıca çalışmamızda kontrol grubunda 1 (%4) bireyde spontan nistagmusun görülmesi de bu şekilde açıklanabilir. Ancak bu mekanizmanın açıklanabilmesi için gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı oluşmayan bireylerdeki vestibüler fonksiyonların daha büyük örneklem grubu ile araştırılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

vHIT ile her 3 SSK (anterior, posterior ve lateral) ve vestibüler sinirler (süperior ve inferior) değerlendirilebilmekte ve bu yapılardaki paraziye bağlı olarak oluşan covert ve overt sakkadlar tanımlanabilmektedir. Yilmaz ve ark (72) yaptıkları çalışmada GBİK'li işçiler ile herhangi bir gürültülü ortamda çalışmamış bireylerin vestibüler sistemlerini vHIT ile karşılaştırmışlardır. GBİK'li işçileri ise saf ses ortalamalarına göre; 0-25 normal işitme, 26-40 hafif dereceli işitme kaybı, 41-55 orta dereceli işitme kaybı şeklinde 3 gruba ayırmışlardır. Çalışmanın sonunda GBİK'li işçilerin daha fazla covert sakkadlara (SSK hasarı) sahip olduğu ve bu hasarın GBİK şiddeti ile doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir. Ayrıca lateral kanal SSK patolojisinin diğer kanallara göre daha fazla olduğunu bildirilmiştir. Geçici (136) ise yaptığı çalışmada GBİK olan 34 bireye vHIT uygulamıştır ve Yılmaz ve ark.'dan farklı olarak, kontrol grubu ile GBİK grubu arasında vHIT bulguları açısından bir fark olmadığını belirtmiştir. Biz ise çalışmamızda bireylere sadece lateral SSK'yı değerlendiren HIT uyguladık. HIT ile sadece lateral SSK'lar değerlendirilebilmekte ve sadece overt sakkadlar yakalanabilmektedir bu nedenle vHIT'e göre daha dezavantajlı durumdadır. Çalışmamızda 1. grupta bulunan 1 (%4) birey anormal HIT bulgularına sahipti ve 2. ve 3. gruplardaki tüm bireylerde HIT test sonucu normaldi. Gruplar arasında HIT açısından anlamlı fark saptanmadı. Bulgularımızda, Yılmaz ve ark.'ın (72) çalışma bulgularına göre saptanan bu farklılık, çalışmamızda uyguladığımız HIT testinin sadece overt sakkadların gözlenmesine imkaan sağlaması

ve covert sakkadları kaçırmış olma olasılığımız ile açıklanabilir. Ayrıca çalışmaya dahil ettiğimiz bireylerin maruz kaldığı gürültünün türü ve maruziyet derecesi de Yılmaz ve ark'ın (72) çalışmasındaki bireylerin maruziyet durumundan farklı olabilir.

HIT ve kalorik test lateral SSK'yı değerlendirmektedir. Çalışmamızda GBİK'li bireylerin 11'inde (%22) anormal kalorik cevap elde edilirken HIT'te sadece 1 (%2) bireyde anormal HIT elde edildi. Çalışmamızda HIT ve kalorik test sonuçlarının birbirini desteklememesinin nedeni her iki testin vestibüler sistemdeki (lateral SSK) uyaran frekansının ve cevap kaynaklarının farklı olmasına bağlı olabilir. Kalorik testte alçak frekanslı bir uyarım (0.002-0.004 Hz) kullanılırken (75) HIT'te yüksek frekanslı (4-7 Hz) bir uyarım kullanılmaktadır (139). Ayrıca kalorik test, lateral kanaldaki daha çok Tip II hücreleri değerlendirirken HIT'te daha çok Tip I hücreler değerlendirilmektedir (73-75). Bu nedenle kalorik test ve HIT sonuçları farklı çıkabilmektedir. Çalışmamızda her iki testi de vestibüler değerlendirmede kullanmış olmamızın, çalışmaya dahil ettiğimiz bireylerde farklı frekanslarda uyarım sağlayarak detaylı bir değerlendirme yapmamıza imkaan sağladığını düşünmekteyiz.

Vestibülospinal testler, vestibüler organ ile spinal yollar arasındaki refleksi değerlendirir. Vestibülospinal refleks ise lateral ve medial vestibulospinal yollar vasıtasıyla ekstensör ve fleksör kas aktivitesini kontrol eder ve dinamik hareketlerde vücut stabilitesini sağlar (140). Bu nedenle vestibüler organların ve bireylerin düşme ihtimallerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılır (120, 122, 125). GBİK'li bireylerin birçoğu düşme riski olan zor koşullar altında çalışmaktadır (141). Bu nedenle GBİK'li bireylerde vestibülospinal testlerin araştırılması önemlidir. Ancak literatürde GBİK'li bireylerde vestibülospinal testleri araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (136, 142). Emara ve ark (142) yaptıkları çalışmada gürültüye maruz kalan 40 işçi (20'si normal işitmeye sahip, 20'si GBİK'li) ile gürültüye maruz kalmayan 20 sağlıklı bireyin vestibülospinal test sonuçlarını araştırmıştır. Gürültüye maruz kalan bireyleri, işitme kaybı olan ve işitme kaybı olmayan olarak 2 gruba ayırmış ve tüm bireylere romberg test, tandem romberg test, tandem yürüme testi ve fukuda testini uygulamıştır. Çalışmanın sonunda 4 testin de tüm bireylerde normal olduğunu belirtmiştir. Biz çalışmamızda bireylerin dinamik denge becerilerini FUT ve ZKYT ile değerlendirdik. Bireylerin statik denge becerilerini ise gözler açık ve

kapalı TADT ile değerlendirdik. Gruplar arasında FUT, gözler açık TADT ve ZKYT açısından bir fark yoktu. Ancak çalışmamızda gözler kapalı TADT'de GBİK fazla olan bireyler (2. grup) kontrol grubuna (3. gruba) göre daha kötü performans gösterdi. Bu durumda GBİK fazla olan bireylerin zorlayıcı denge test performanslarının da etkilendiği söylenebilir. Dengenin korunması için görsel, proprioseptif ve vestibüler inputların yeterli olması ve serebellumda işlemlenmesi gerekmektedir (140). Kalorik testteki vestibüler hipofonksiyon GBİK'li bireylerin zorlayıcı denge testlerinde daha başarısız olmasını açıklayabilir. Çalışmamızda, vizüel inputarın olmadığı ve proprioseptif inputların yetersiz olduğu gözler kapalı iken tek ayak üzerinde durma esnasında kalorik test ile vestibüler hipofonksiyon saptanmış bireyler, vestibüler girdilerin yetersiz olması nedeniyle dengeyi korumakta zorlanmışlardır. Ayrıca son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda (1, 143) dengenin korunmasında vestibüler, proprioseptif ve vizüel inputlara ek olarak işitsel uyaranın da önemli olduğu belirtilmiştir. GBİK'li bireylerin zorlayıcı denge testlerinde daha kötü performans göstermesi, bu bireylerde vestibüler problemlere ek olarak işitsel uyaranların işitme kaybına bağlı olarak azalması ile ilişkili de olabilir.

Gürültünün vestibüler sisteme olan hasarı deneysel araştırmalarla da ortaya konmuştur (68). Gine piglerinin vestibüler sistemleri histolojik olarak araştırılmış, (68) sürekli gürültüye maruz kalan hayvanlarda vestibüler hasarın daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Çalışmamızda ayrıca bireylerin dengesizlik şiddetlerini VAS ile değerlendirdik. Kontrol grubunda 18 (%72) birey, 1. grupta 15 (%60) birey, 2. grupta 11 (%44) birey VAS'ta dengesizlik şiddetinin 0 olduğunu ve dengesizlik hissetmediklerini söylediler. GBİK'li bireylerin kontrol grubuna göre daha fazla dengesizlik şikayeti vardı. Ancak gruplar arasında VAS'a göre dengesizlik şiddetleri açısından anlamlı fark saptanmadı. Vestibüler testlerde gruplar arasında fark olmasına rağmen bireylerin dengesizlik algısında gruplar arasında fark çıkmaması bu bireylerde vestibüler değerlendirmenin önemini belirgin hale getirmektedir. Bu durum ayrıca gürültünün işitme sisteminde olduğu gibi vestibüler sistemi de yavaş yavaş etkilediğini düşündürmektedir. Son derece aktif ve zor koşullarda çalışan bu işçiler, aktivitelerini devam ettirmeleri nedeniyle dengesizlik yaşamamış ya da bunun farkına varmamış olabilir. Bu durum, bu bireylerde gürültüye bağlı olası vestibüler

bozuklukların tanılanmasını önleyebilir. Bu bulgumuz bize, gürültü maruziyeti olan iş yerlerinde, çalışanlarda işitmenin rutin değerlendirmesine, vestibüler değerlendirmenin de eklenmesinin önemini düşündürmüştür. Bu konuda yapılacak ilave çalışmalar, GBİK'li bireylerde gruplar arasında dengesizlik algısının farklı olmamasında kompansasyonun etkisinin olup olmadığı konusunda yol gösterici olabilir.

Çift görev durumlarında yürüyüş değişikliğinin düşme riski için bir belirteç olduğu belirtilmiştir (144-146). Bu yürüyüş değişikliği adımlarda kısalma, yürüme hızında ise değişme olarak açıklanmıştır. Literatürde işitme kaybı ile çift görev arasındaki ilişkiyi araştıran sınırlı sayıda çalışma varken (12, 13) GBİK'li bireylede çift görev performansını araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Wollesen ve ark (12) 52 işitme kayıplı (29'u orta dereceli, 23 orta-ileri dereceli) yetişkin bireyin çift ve üçlü görevli yürüme hızlarını kontrol grubu ile karşılaştırmıştır. Çalışmada işitme kaybının artmasıyla çift görev karmaşıklığına bağlı olarak yürüme hızının ve ritminin azaldığı belirtilmiştir. Bruce ve ark (13) ise çalışmalarında 29 genç birey, 26 normal işitmeye sahip yaşlı birey ve 32 presbiakuzili yaşlı bireyin gürültülü ve sessiz ortamlarda çift görev performanslarını karşılaştırmışlardır. Genç bireylerin dikkatlerini kolaylıkla görevlere paylaştırabildiklerini ancak presbiakuzili yaşlı bireylerin dikkat önceliklerini postürlerini sağlamak için kullandıklarını belirtmişlerdir. Biz çalışmamızda GBİK'li bireylerin çift görev performansını ZKYT ile eş zamanlı motor ve bilişsel görevler vererek değerlendirdik. GBİK'li bireyler ile kontrol grubu arasında ZKYT tek başına uygulandığında (tek görev) anlamlı bir fark yoktu. Ancak motor ve bilişsel (geri görsel sayı dizileri testi) çift görevlerde GBİK derecesi kötü olan bireyler (2. grup), 1. ve 3. gruba göre daha kötü performans gösterdi ve yürüme hızları değişti. Bu bulgu 'GBİK'li bireyler ile sağlıklı bireyler arasında çift görev performansı açısından anlamlı fark vardır.' hipotezimizi desteklemektedir. Çalışma belleği ve kısa süreli bellek birbirleriyle ilişkili ancak farklı bilişsel yapılardır (147). Her iki bilişsel yapı da süre olarak kısa ve geçici hafıza için sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Ancak çalışma belleği işlemleme, depolama ve üst düzey muhakeme olaylarını aynı anda gerçekleştiren karmaşık bir sistemken kısa süreli bellek pasif ve çalışma belleğine göre basit bir depolama sistemidir (147). Bu yönüyle geri görsel sayı dizileri testinde daha çok çalışma belleği sistemini kullanırken ileri görsel sayı dizileri testinde kısa süreli bellek sistemini

kullanmaktadır. Rönnberg ve ark (148) çalışmalarında işitme kaybının farklı hafıza çeşitleri üzerine etkisini araştırmışlardır. İşitme kaybının uzun süreli bellek sistemlerine olumsuz etki yaptığını ancak kısa süreli bellek sistemlerine bir etki yapmadığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise GBİK fazla olan bireyler geri görsel sayı dizileri testinde kontrol ve 1. gruba göre daha kötü performans gösterirken ileri görsel sayı dizileri testinde gruplar arasında bir fark yoktu. Çift görev durumlarında, tek görev durumlarına göre daha fazla bilişsel kapasiteye ihtiyaç vardır. Çalışma belliği ise diğer bilişsel süreçler için bir kesişim noktasıdır (147). Bu nedenle GBİK'li bireyler geri görsel sayı dizileri testinde karmaşık olan (çalışma belleğini) bilişsel süreçleri iyi yönetemezken bilişsel olarak daha basit sistemi (kısa süreli hafıza) kullanan ileri görsel sayı dizileri testinde zorlanmamışlardır.

İşitme kaybının artmasıyla çift görev durumlarında yürüme hızındaki bozulmanın nedeni tam olarak belli değildir. Çok ileri derecede işitme kaybı olan bireylerde spesifik motor hareketlerde denge kaybı olduğu belirtilmiştir (1). Bizim çalışmamızda da GBİK derecesi kötü olan bireylerin ZKYT'yi tek başına uyguladıklarında (tekli görevde) normal performans göstermesi sadece çift görev durumlarında zorlanması Kahneman'ın (149) belirttiği gibi yetersiz kaynak (kapasite paylaşımı) kullanımı hipoteziyle açıklanabilir. Buna göre GBİK'li bireyler çift görevde hakeret koordinasyonunun sağlanmasında kaynak paylaşım sorunu yaşayabilir ve bu bireylerin duyusal bilgileri entegre etmesi için dikkat kaynaklarını daha fazla kullanması gerekebilir. Ancak işitme kayıplı bireylerin kognitif becerilerinde de işitme kaybı ile ilişkili bir azalma olduğu belirtilmiştir (150). Bu nedenle GBİK'li bireyler çift görevin kognitif süreçlerinde yetersiz olan kaynağı paylaştırma sorunu yaşıyor olabilir. Diğer taraftan kognitif becerilerinde azalma olan GBİK'li bireyler *serial bottleneck* teorisinde olduğu gibi önceliklerini başarısız oldukları bilişsel görevlere verebilir ve bu nedenle ZKYT'de ortaya bir karmaşa (yürüme hızında değişme) çıkıyor olabilir. GBİK'li işçilerin birçoğu zorlu koşullar altında çalışmaktadır ve çoklu görevleri sıklıkla deneyimlemektedir. Ancak literatürde GBİK'li bireylerde çift görev performansını araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. GBİK'li bireylerin yaşadığı çift görev karmaşası, bu bireylerin 'düşme' için risk altında olduklarının bir göstergesi olabilir. Ayrıca bu çalışma, fabrikada çalışan işçilerde düşmeyi önleme stratejilerine önem verilmesinin gerekliğini gösteren pilot bir çalışma olarak değerlendirilebilir. Düşmeler, hem işçi

sağlığında bozulmaya hem de işçi ve işveren açısından ciddi bir iş gücü kaybına neden olacaktır. Bu nedenle GBİK'li bireylerin çalıştıkları ortamın gürültü seviyesinin yanısıra düşme riski açısından da değerlendirilmesinin önemli olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızdaki ilgi çekici diğer bir unsur ise GBİK derecesi kötü olan bireylerin en fazla karmaşa yaşadığı testin motor görev ile eşzamanlı ZKYT olmasıdır. Bu durum ise *cross competition* modeli ile açıklanabilir (85). ZKYT ile eş zamanlı tepside bardak taşıma görevinin de ZKYT gibi motor bir görev olması, bu modele göre aynı türden görevlerin uygulanması ile elde edilen performansta bozulma, farklı türden görevlerin uygulanmasına göre daha zorlayıcıdır teorisini desteklemektedir. Çünkü aynı türden görevler aynı kognitif alanı kullanmaktadır.

Çalışmamızda GBİK fazla olan bireyler daha uzun süre gürültülü ortamda çalışmaktaydı. Ayrıca bu bireyler daha kötü çift görev performansına ve daha kötü vestibüler fonksiyonlara sahipti. Bu nedenle uzun süre gürültüye maruz kalmak işitme kaybının yanında vestibüler sistemi ve çift görev performansını da olumsuz olarak etkileyebilir ve bu bireylerde düşmelere neden olabilir.

Sonuç olarak çalışmamızda GBİK derecesi fazla olan bireylerde kalorik testte anormallik, zor statik koşullarda denge performasında ve çift görev performansında bozulma elde edildi. GBİK'li bireylerin düşme açısından risk altında olabileceklerini destekleyen bu bulgular, GBİK'de vestibüler değerlendirmenin ve düşme riskinin değerlendirilmesinin önemine vurgu yapmaktadır. GBİK olan fabrika işçilerinde vestibüler değerlendirme ve çift görev performansının değerlendirilmesi, bu bireylerde düşme riskinin ve düşmeyi önleme stratejilerinin belirlenmesinde faydalı bilgiler sağlayabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmaya GBİK olan 50 birey ile gürütüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey dahil edildi. GBİK'li bireyler saf ses odyometrisine göre 2 gruba ayrıldı. Birinci gruba SSO'su 20 ile 40 dB arasında olan 25 birey, 2. gruba SSO'su 40 dB'den büyük olan 25 birey dahil edildi. Gürültülü ortamlarda çalışan ancak işitme kaybı olmayan 25 birey ise kontrol grubu olarak belirlendi. Bu bireylerin vestibüler fonksiyonları ve çift görev performansları karşılaştırıldı.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. GBİK az olan grubun odyogram bulgularında 4 kHz de akustik çentik görülürken GBİK fazla olan grupta bu çentik 6 kHz'de bulunmakta ve odyometrik çukur şeklini almaktadır.

2. GBİK fazla olan grupta (2. grup) daha fazla anormal kalorik cevap elde edildi. Ayrıca bu bireyler zorlayıcı statik denge testi olan gözler kapalı TADT'de daha kötü performans gösterdi.

3. Baş sallama testi, spontan nistagus testi, HIT, FUT, ZKYT ve gözler açık TADT de gruplar arasında fark saptanmadı.

4. GBİK fazla olan bireyler motor (bardakta su taşıma) ve bilişsel (geri görsel sayı dizileri testi) çift görev performansında diğer gruplara göre daha kötü performans gösterdi.

5. Gruplar arasında tekli görev (ZKYT) ve ileri görsel sayı dizileri (bilişsel) testinde fark saptanmadı.

6. GBİK'te işitme kaybının derecesinin artmasının vestibüler sistemi ve çift görev performansını benzer şekilde olumsuz etkilediği saptandı.

7. GBİK'li bireylerde çift görev karmaşası en fazla ZKYT ile motor ek görevler uygulanırken saptandı.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1. GBİK dereceleri ile vestibüler sistem arasındaki ilişki daha fazla örneklem grubu ile araştırılarak GBİK'te vestibüler sistem etkilenimi için cut off değerler belirlenebilir.

2. Farklı GBİK derecelerinde vHIT bulguları araştırılabilir.

3. Gürültüye maruz kalan ancak işitme kaybı olmayan bireylerde gürültünün öncelikle vestibüler sistemi etkileyip 'gizli' bir vestibüler patolojiye veya snaptopatiye sebep olup olmayacağı araştırılabilir.

4. Farklı bellek türlerini kullanan bilişsel ek görevler ile GBİK'li bireylerde çift görev performansı araştırılabilir.

5. Bilişsel ek görevler ile yürüme hızı değişimini araştıran çift görev testlerinde yürüme hızındaki değişimin yanısıra bilişsel ek görevin performansı da araştırılabilir. Bu sayede çift görev teorileri ve özellikle görev önceliklendirme (*Serial bottleneck)* teorisi hakkında daha fazla bilgi edinilebilir.

6. GBİK'li bireylerde posturografi kullanılarak postural kontrol ile eşzamanlı bilişsel ve motor görevler esnasında bireylerin çift görev performansının değerlendirilebileceği çalışmalar planlanabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Melo RS. Lemos A, Raposo MCF, Belian RB, Ferraz KM, Balance performance of children and adolescents with sensorineural hearing loss, *Int. J. Pediatr. Otorhinolarngol.,* 2018, 110: 16- 21.

2. Basner M, Brink M, Bristow A, Kluizenaar Y, Finegold L, Hong J, Janssen SA, Klaeboe R, Leroux T, Liebl A, Matsui T, Schwela D, Sliwinska-Kowalska M, Sörqvist P. ICBEN review of research on the biological effects of noise 2011-2014, *Noise & health*, 2015, 17(75): 57- 82.

3. Almaayeh M, Al-Musa A, Khader YS. Prevalence of noise induced hearing loss among Jordanian industrial workers and its associated factors, *Work*, 2018, 61(2): 267- 271.

4. Kujawa SG, Liberman MC. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth, *J. Neurosci.,* 2006, 26(7): 2115-2123.

5. Zelaya CE, Lucas JW, Hoffman HJ. Self-reported Hearing Trouble in Adults Aged 18 and Over: United States, *NCHS Data Brief.,* 2015, 214: 1-8.

6. Sataloff RT, Sataloff J. Virag TM. Diagnosing Occupational Hearing Loss. In Sataloff RT, Sataloff J (eds). *Occupational Hearing Loss.* 3rd ed, Newyork, Taylor and Francis, 2016: 411- 441.

7. Corwin DJ, Wiebe DJ, Zonfrillo MR, Grady MF, Robinson RL, Goodman AM, Master CL. Vestibular Deficits following Youth Concussion, *J. Pediatr.,* 2015, 166(5): 1221- 1225.

8. Santos, TGT, Venosa AR, Sampaio ALL. Association between Hearing Loss and Vestibular Disorders: A Review of the Interference of Hearing in the Balance, *Int. J. Otolaryngol. Head Neck Sur.,* 2015, 4, 173-179.

9. Man A, Segal S, Naggan L. Vestibular involvement in acoustic trauma, *J. Laringol. Otol.,* 1980, 94: 1395- 1400.

10. Pajor A, Jozefowicz-Korczynska M. Prognostic factors for vestibular impairment in sensorineural hearing loss, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol*., 2008, 265(4): 403-407.

11. Le TN, Straatman LV, Lea J, Westerberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options, *J. Otolaryngol. Head. Neck. Surg.,* 2017, 23; 46(1): 41.

12. Wollesen B, Scrivener K, Soles K, Billy Y, Leung A, Martin F, Iconomou N, McMahon C, Dean C. Dual-Task Walking Performance in Older Persons With Hearing Impairment: Implications for Interventions From a Preliminary Observational Study, *Ear Hear.*, 2018, 39: 337- 343.

13. Bruce HA, Aponte D, St-onge N, Phillips N, Gagne JP, Li KZH, The effect of age and hearing loss on dual-task balance and listening, *J. Gerontol. B. Psychol. Sci.,* 2019, 74(2): 275- 283.

14. NIOSH. Criteria for a recommended standard. Ocupational noise exposure revised criteria, 1998, 2.

15. Clark WW, Bohne BA. Effects of noise on hearing, *JAMA,1999,* 281(17): 1658-1659.

16. Alcaras PA, Luders D, Franca DM, Klas RM, Lacerda AB, Goncalves CG. Evoked otoacoustic emissions in workers exposed to noise: A review, *Int. Arch. Otorhinolaryngol.,* 2012, 16(4): 515- 522.

17. Henderson D, Hu B, Bielefeld E. Patterns and mechanisms of noise-induced cochlear pathology, In Schact J, Popper A, Fay RR, ed. *Auditory trauma, protection, and repair, Handbook of Audiology Research*, Springer, 2008, 195-217.

18. Schmuziger N, Patscheke J, Probst R. An assessment of threshold shifts in nonprofessional pop/rock musicians using conventional and extended high-frequency audiometry, *Ear Hear.*, 2007, 28(5): 643- 648.

19. Howgate S, Plack CJ. A behavioral measure of the cochlear changes underlying temporary threshold shifts, *Hear. Res.*, 2011, 277(1-2): 78- 87.

20. Tin LL, Lim OP. A study on the effects of discotheque noise on the hearing of young patrons, *Asia Pac. J. Public Health*, 2000, 12(1): 37- 40.

21. Ulrich RF, Pinheiro ML. Temporary hearing losses in teen-agers attending repeated rock-and-roll sessions. *Acta Otolaryngol.*, 1974,77(1):51-55.

22. Rupp RR, Koch LJ. Effects of too-loud music on human ears. But, mother, rock'n roll has to be loud, *Clin. Pediatr (Phila).*, 1969, 8(2): 60- 62.

23. Axelsson A, Lindgren F. Temporary threshold shift after exposure to pop music. *Scand. Audiol.*, 1978, 7(3): 127- 135.

24. Drake-Lee AB. Beyond music: auditory temporary threshold shift in rock musicians after a heavy metal concert, *J. R. Soc. Med.*, 1992, 85(10): 617- 619.

25. Jerger J, Jerger S. Temporary threshold shift in rock-and-roll musicians, *J. Speech Hear Res.*, 1970, 13(1): 221- 224.

26. Henderson D, Bielefeld EC, Harris KC, Hu BH. The role of oxidative stress in noise-induced hearing loss, *Ear Hear.* 2006, 27(1): 1- 19.

27. Yehudai N, Fink N, Shpriz M, Marom T. Acute acoustic trauma among soldiers during an intense combat, *J. Am. Acad. Audiol.*, 2017, 28(5): 436- 443.

28. WHO global estimates on prevelence of hearing loss. *Prevention of Deafness WHO*, 2012. (https://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/). 05-05-2020.

29. Alnuman N, Ghnimat T. Awareness of Noise-Induced Hearing Loss and Use of Hearing Protection among Young Adults in Jordan, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, 16(16), 2961. https://doi.org/10.3390/ijerph16162961.

30. Rabinowitz PM. Noise-induced hearing loss, *Am. Fam. Physician*, 2000, 1; 61(9): 2749- 2756.

31. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss, *Am. J. Ind. Med.*, 2005, 48(6): 446- 458.

32. Öztürk A, Ergör G, Demiral Y, Ergör A, Tapçı N. Döküm işkolunda gürültüye bağlı işitme kayıpları sıklığı ve etkileyen etmenlerin değerlendirilmesi, *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG), 2009, 9(31): 40- 46.*

33. Patuzzi R. Non-linear aspects of outer hair cell transduction and the temporary threshold shifts after acoustic trauma, *Audiol. Neurootol*., 2002, 7(1): 17- 20.

34. Nordmann AS, Bohne BA, Harding GW. Histopathological differences between temporary and permanent threshold shift, *Hear. Res.*, 2000, 139(1-2): 13- 30.

35. Saunders JC, Flock Å. Recovery of threshold shift in hair-cell stereocilia following exposure to intense stimulation, *Hear. Res.*, 1986, 23(3): 233- 243.

36. Salvi R, Hamernik R, Henderson D. Auditory nerve activity and cochlear morphology after noise exposure, *Arch. Otorhinolaryngol.*, 1979, 224: 111- 116.

37. Puel J-L, Ruel J, d'Aldin CG, Pujol R. Excitotoxicity and repair of cochlear synapses after noise-trauma induced hearing loss, *Neuroreport.* 1998, 22; 9(9): 2109- 2114.

38. Pujol R, Puel J-L, D'aldin CG, Eybalin M. Pathophysiology of the glutamatergic synapses in the cochlea. *Acta Otolaryngol.*, 1993, 113(3): 330- 334.

39. Kandel E, Schwartz J, Jessell T. Principles of neural science. Fourth ed. New York: McGraw-Hill Health Professions Division, 2000: 337- 355.

40. Robertson D. Functional significance of dendritic swelling after loud sounds in the guinea pig cochlea, *Hear. Res.*, 1983, 9(3): 263- 278.

41. Wang Y, Hirose K, Liberman MC. Dynamics of noise-induced cellular injury and repair in the mouse cochlea, *J. Assoc. Res. Otolaryngol.*, 2002, 3(3): 248-268.

42. Hirose K, Liberman MC. Lateral wall histopathology and endocochlear potential in the noise-damaged mouse cochlea, *J. Assoc. Res. Otolaryngol.*, 2003, 4(3): 339- 352.

43. Ide M, Morimitsu T. Long term effects of intense sound on endocochlear DC potential, *Auris Nasus Larynx*, 1990, 17(1): 1- 10.

44. Hultcrantz E. The effect of noise on cochlear blood flow in the conscious rabbit, *Acta Physiol. Scand.*, 1979, 106(1): 29- 37.

45. Lamm K, Arnold W. The effect of blood flow promoting drugs on cochlear blood flow, perilymphatic pO(2) and auditory function in the normal and noise-damaged hypoxic and ischemic guinea pig inner ear, *Hear. Res.*, 2000, 141(1-2): 199- 219.

46. Perlman H, Kimura R. Cochlear blood flow in acoustic trauma, *Acta Otolaryngol.*, 1962, 54(1-6): 99- 110.

47. Prazma J, Vance SG, Bolster DE, Pillsbury HC, Postma DS. Cochlear blood flow: the effect of noise at 60 minutes' exposure, *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 1987, 113(1): 36- 39.

48. Shaddock LC, Hamernik RP, Axelsson A. Effect of high intensity impulse noise on the vascular system of the chinchilla cochlea, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1985, 94(1): 87- 92.

49. Yamane H, Nakai Y, Takayama M, Konishi K, Iguchi H, Nakagawa T, Shibata S, Kato A, Sunami K, Kawakatsu C. The emergence of free radicals after acoustic trauma and strial blood flow, *Acta Otolaryngol. Suppl.*, 1995, 519: 87- 92.

50. Bohne BA, Rabbitt KD. Holes in the reticular lamina after noise exposure: implication for continuing damage in the organ of Corti, *Hear. Res.*, 1983, 11(1): 41- 53.

51. Bohne BA. Mechanisms of noise damage in the inner ear. In Henderson D, Hamernik RR, Dosanjh D, Mills JH (Eds.), *Effects of Noise on Hearing*, New York: Raven Press, 1976: 41- 68.

52. Hamernik RP, Turrentine G, Roberto M. Mechanically induced morphological changes in organ *of Corti*. In Henderson D, Hamernik RP, Colletti V (Eds.), *Basic and Applied Mechanisms of Noise Induced Hearing Loss*, New York: Raven Press, 1986: 69-70.

53. Ahmad M, Bohne BA, Harding GW. An in vivo tracer study of noise-induced damage to the reticular lamina, *Hear. Res.*, 2003, 175(1-2): 82- 100.

54. Bohne BA, Rabbitt KD. Holes in the reticular lamina after noise exposure: implication for continuing damage in the organ of Corti, *Hear Res.*, 1983, 11(1): 41- 53.

55. Centers for Disease Control and Prevention/NIOSH. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure Revised Criteria, *Cincinnati, Ohio: US Department of Health and Human Services*, 1998: 23-24.

56. Daniel E. Noise and hearing loss: a review, *J. Sch. Health*, 2007, 77: 225-231.

57. Ishii EK, Talbott EO. Race/ethnicity differences in the prevalence of noise-induced hearing loss in a group of metal fabricating workers, *J. Occup. Environ. Med.*, 1998, 40: 661- 666.

58. Doğru H, Tüz M, Uygur K. Correlation between blood group and noise-induced hearing loss, *Acta Otolaryngol.*, 2003, 123(8): 941- 942.

59. Niskar AS, Kieszak SM, Holmes AE, Esteban E, Rubin C, Brody DJ. Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988- 1994, United States, *Pediatrics*, 2001, 108(1): 40- 43.

60. Barrenäs M-L, Bratthall Å, Dahlgren J. 2005. The association between short stature and sensorineural hearing loss, *Hear. Res.*, 2005, 205(1-2): 123- 130.

61. Davis RR, Murphy WJ, Byrne DC, Shaw PB. Acceptance of a semi-custom hearing protector by manufacturing workers, *J. Occup. Environ. Hyg.*, 2011, 8(12): 125- 130.

62. Mizoue T, Miyamoto T, Shimizu T. 2003. Combined effect of smoking and occupational exposure to noise on hearing loss in steel factory workers, *Occup. Environ. Med.* 2003, 60(1): 56- 90.

63. Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BE, Wiley TL, Nondahl DM, Tweed TS. Cigarette smoking and hearing loss: the Epidemiology of Hearing Loss Study, *JAMA*, 1998; 279(21): 1715- 1719.

64. Kaygusuz Ir, Öztürk A, Üstündağ B, Yalçin Ş. Role of free oxygen radicals in noise-related hearing impairment, *Hear. Res.*, 2001, 162(1-2): 43- 47.

65. Houston DK, Johnson MA, Nozza RJ, Gunter EW, Shea KJ, Cutler GM, Edmonds JT. Age-related hearing loss, vitamin B-12, and folate in elderly women, *Am. J. Clin. Nutr.*, 1999, 69(3): 564-571.

66. Schell CL, Diehl RL, Holmes AE, Kubilis PS, Loers WW, Atchison KA, Dolan TA. An association between dentate status and hearing acuity, *Spec. Care Dentist*, 1999, 19(5): 208- 213.

67. Wang YP, Young YH. Vestibular-evoked myogenic potentials in chronic noise-induced hearing loss, *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 2007, 137(4): 607-611.

68. Akdogan O, Selcuk A, Take G, Erdoğan D, Dere H. Continuous or intermittent noise exposure, does it cause vestibular damage?: An experimental study, *Auris Nasus Laryn,* 2009, 36(1): 2- 6.

69. Hsu WC, Wang JD, Lue JH, Day AS, Young YH. Physiological and morphological assessment of the saccule in Guinea pigs after noise exposure. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.,* 2008, 134(10): 1099- 1106.

70. Akin FW, Murnane OD, Tampas JW, Clinard C, Byrd S, Kelly JK. The effect of noise exposure on the cervical vestibular evoked myogenic potential, *Ear Hear.* 2012, 33(4): 458- 465.

71. Tseng C-C, Young Y-H. Sequence of vestibular deficits in patients with noise-induced hearing loss, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.,* 2013, 270(7): 2021- 2026.

72. Yilmaz N, Ila K, Soylemez E, Ozdek A. Evaluation of vestibular system with vHIT in industrial workers with noise-induced hearing loss, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.,* 2018, 275(11): 2659- 2665.

73. Sadeghi SG, Chacron MJ, Taylor MC, Cullen KE. Neural variability, detection thresholds, and information transmission in the vestibular system, *J. Neurosci.,* 2007, 24; 27(4): 771- 781.

74. Goldberg JM, Fernández C. Conduction times and background discharge of vestibular afferents, *Brain Res.,* 1977, 25; 122(3): 545- 550.

75. Choi JE, Kim YK, Cho YS, Lee K, Park HW, Yoon SH, Kim HJ, Chung WH. Morphological correlation between caloric tests and vestibular hydrops in Ménière's disease using intravenous Gd enhanced inner ear MRI, *PLoS One,* 2017, 30; 12(11): e0188301. doi: 10.1371/journal.pone.0188301

76. Tombu M, Jolicœur P. A central capacity sharing model of dual-task performance. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept Perform,* 2003, 29(1): 3- 18.

77. Kerr B, Condon SM, McDonald LA. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. Journal of Experimental Psychology, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept Perform,* 1985, 11(5): 617- 622.

78. Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium, *Exp. Brain. Res.*, 1993; 97(1): 139- 144.

79. Weerdesteyn V, Schillings A, Van Galen G, Duysens J. Distraction affects the performance of obstacle avoidance during walking, *J. Mot. Behav.*, 2003, 35(1): 53- 63.

80. Kelly VE, Janke AA, Shumway-Cook A. Effects of instructed focus and task difficulty on concurrent walking and cognitive task performance in healthy young adults, *Exp. Brain. Res.*, 2010, 207(1- 2): 65- 73.

81. Siu K-C, Woollacott MH. Attentional demands of postural control: the ability to selectively allocate information-processing resources, *Gait Posture,* 2007, 25(1): 121- 126.

82. Abernethy B, Abernethy B. Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints, *J. Hum. Mov. Stud.,* 1988, 14(3): 101- 132.

83. Plummer P, Eskes G, Wallace S, Giuffrida C, Fraas M, Campbell G, Clifton K, Skidmore ER, Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: state of the science and implications for future research, *Arch Phys. Med. Rehabil.,* 2013, 94(12): 2565- 2574.

84. Pashler H. Processing stages in overlapping tasks: evidence for a central bottleneck, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.,* 1984, 10(3): 358-377.

85. Pashler H. Dual-task interference in simple tasks: data and theory, *Psychol Bull*., 1994, 116(2): 220- 244.

86. Tombu M, Jolicœur P. Testing the predictions of the central capacity sharing model, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept Perform,* 2005, 31(4): 790- 802.

87. Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization, *Mov. Disord.,* 2012, 27(6): 765-770.

88. Yildiz A, Beste C. Parallel and serial processing in dual-tasking differentially involves mechanisms in the striatum and the lateral prefrontal cortex, *Brain Struct. Funct.*, 2015; 220(6): 3131-3142.

89. Godefroy O, Duhamel A, Leclerc X, Saint Michel T, Henon H, Leys D. Brain-behaviour relationships. Some models and related statistical procedures for the study of brain-damaged patients, *Brain*, 1998; 121(8): 1545-1556.

90. McCaslin LD. Electronystagmography/ Videonystagmography *(ENG/VNG)*, 2nd ed, San Diego, Plural Publishing. 2019, 87- 112.

91. Jacobson GB, Shepard NT, McCaslin LD, Piker EG, Dundas JA. Eye Movement Recording Techniques. In Jacobson GP, Shepard NT. *Balance Functions Assessment and Management*, 2nd Ed, San Diego, Plural Publishing, 2016, 99-117.

92. Shallo-Hoffmann J, Schwarze H, Simonsz HJ, Mühlendyck H. A reexamination of end-point and rebound nystagmus in normals, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 1990, 31: 388- 392.

93. Huh YE, Kim JS. Bedside evaluation of dizzy patients, *J. Clin. Neurol.*, 2013, 9(4): 203- 213.

94. Halmagyi GM, Cremer PD. Assessment and treatment of dizziness, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, 2000, 68(2): 129-134.

95. Burn DJ, Lees AJ. Progressive supranuclear palsy: where are we now? *Lancet. Neurol.*, 2002, 1(6): 359- 369.

96. Robinson F, Fuchs A, Noto C. Cerebellar influences on saccade plasticity. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 2002, 956: 155- 163.

97. Gaymard B, Pierrot-Deseilligny C. Neurology of saccades and smooth pursuit. *Curr. Opin. Neurol.*, 1999, 12(1): 13-19.

98. Garbutt S, Han Y, Kumar AN, Harwood M, Harris CM, Leigh RJ. Vertical optokinetic nystagmus and saccades in normal human subjects, *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2003, 44(9): 3833- 3841.

99. Wuyts F, Boniver R. Normative data in ENG and VNG, *B-ENT*, 2008, 4(8): 45-47.

100. Baloh RW, Clinical practise: Vestibular neuritis, *N. Engl. J. Med.*, 2003; 348: 1027- 1032.

101. Robinson DA, Zee DS, Hain TC, Holmes A, Rosenberg LF. Alexander's law: its behavior and origin in the human vestibulo-ocular reflex, *Ann. Neurol.*, 1984; 16: 714- 722.

102. Goebel JA, Garcia P. Prevalence of post-headshake nystagmus in patients with caloric deficits and vertigo, *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 1992, 106(2): 121-127.

103. Barany R. Untersuchungen uber das verhalten des vestibularapparates bei kopftraumen und ihre praktische bedeuntung. *Verh. Dtsch. Otol. Ges.*, 1907, 252- 266.

104. Kamei T, Kimura K, Kaneko H, Noro H. Re-evaluation of the headshaking test as a method of nystagmus provocation. Part 1. Its nystagmus-eliciting effect, *Jpn. J. Otolaryngol.*, 1964; 67: 1530- 1534.

105. Lopez-Escamez JA, Zapata C, Molina MI, Palma MJ. Dynamics of canal response to head-shaking test in benign paroxysmal positional vertigo. *Acta. Otolaryngol.*, 2007, 127(12): 1246-1254.

106. Kamran B. Background and Technique of Caloric Testing. In Jacobson GP, Shepard NT. *Balance Functions Assessment and Management*, 2nd Ed, San Diego, Plural Publishing, 2016, 283- 319.

107. Keith RW, Pensak ML, Katbamna B. Prediction of bithermal caloric response from monothermal stimulation, *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 104(4), 499–502.

108. Jongkees LB, Maas J, Philipszoon A. Clinical electronystagmography: a detailed study of electronystagmography in 341 patients with vertigo, *Pract. Otorhinolaryngol.*, 1962, 24: 65– 93.

109. Lucieer F, Vonk P, Guinand N, Stokroos R, Kingma H, van de Berg R. Bilateral vestibular hypofunction: insights in etiologies, clinical subtypes and diagnostics. *Front. Neurol,* 2016; 7: 26.

110. Barber HO, Stockwell CW. *Manual of electronystagmography,* St Louis, MO: Mosby, 1980, 159– 187.

111. Norre ME. Caloric vertical nystagmus: The vertical semicircular canal in caloric testing, *J. Otolaryngol.,* 1987, 16(1); 36– 39.

112. Alpert JN. Failure of fixation suppression: A pathologic effect of vision on caloric nystagmus, *Neurology.* 1974, 24(9): 891-896.

113. Katsarkas A, Kirkham T. Failure of suppression of post-caloric nystagmus by fixation, *J. Otolaryngol*., 1982, 11(1): 57- 59.

114. Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis, *Arch Neurol,* 1988, 45: 737- 739.

115. MacDougall H, Weber K, McGarvie L, Halmagyi G, Curthoys I. The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology,* 2009, 6;73(14): 1134- 1141.

116. Eggers SD. Practical Anatomy and Physiology of the Ocular Motor System. In Jacobson GP, Shepard NT. *Balance Functions Assessment and Management*, 2nd Ed, San Diego, Plural Publishing, 2016, 17-47.

117. Goldberg JM, Fernandez C: Physiology of peripheral neurons innervating semicircular canals of the squirrel monkey: I. Resting discharg and response to constant angular accelerations, *J. Neurophysiol.,* 1971,34: 635- 660.

118. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance, *J. Gerontol.,* 1990, 45(6): 192- 197.

119. Lnnch SM, Leahy P, Barker SB. Reliability of measurements obtained with a modified functional reach test in subject with spinal cord injury, *Phys. Ther.,* 1998, 78: 128- 133.

120. Weiner DK, Duncan PW, Chandler J, Studenski SA. Functional reach: a marker of physical frailty, *J. Am. Geriatr. Soc.,* 1992, 40(3): 203-207.

121. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons, *J. Am. Geriatr. Soc.,* 1991, 39(2): 142-148.

122. Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan F, Fahey T. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis, *BMC Geriatr.,* 2014, 1; 14: 14. doi: 10.1186/1471-2318-14-14.

123. Thomas JI, Lane JV. A pilot study to explore the predictive validity of 4 measures of falls risk in frail elderly patients, *Arch. Phys. Med. Rehabil.,* 2005, 86(8): 1636- 1640.

124. Arnold CM, Faulkner RA. The history of falls and the association of the timed up and go test to falls and near-falls in older adults with hip osteoarthritis, *BMC Geriatr.* 2007, 4;7:17. Doi: 10.1186/1471-2318-7-17.

125. Michikawa T, Nishiwaki Y, Takebayashi T, Toyama Y. One-leg standing test for elderly populations, *J. Orthop. Sci.,* 2009, 14(5): 675-685.

126. Babikian T, Boone KB, Lu P, Arnold G. Sensitivity and specificity of various digit span scores in the detection of suspect effort, *Clin. Neuropsychol.,* 2006, 20(1): 145-159.

127. Wiley TL. Static acoustic-admittance measures in normal ears: a combined analysis for ears with and without notched tympanograms, *J. Speech Hear. Res.,* 1989, 32(3): 688.

128. Ricci F, Cedrone C, Cerulli L. Standardized measurement of visual acuity, *Ophthalmic Epidemiol.,* 1998, 5(1): 41-53.

129. Gürgen C, Ertan T, Eker E, Yaşar R, Engin F. Standardize mini mental test'in türk toplumunda hafif demans tanısında geçerlilik ve güvenilirliği, *Türk Psikiyatri Dergisi*, 2002, 13(4): 273- 281.

130. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry, *Arch. Otolaryngol.*, 1970, 92(4): 311- 324.

131. Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older perforn, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 1997, 45(6): 735- 738.

132. Wewers ME, Lowe NK. A critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena, *Res. Nurs. Health.,* 1990, 13(4): 227- 236.

133. Coles R, Lutman M, Buffin J. Guidelines on the diagnosis of noise-induced hearing loss for medicolegal purposes, *Clin. Otolaryngol. Allied. Sci.,* 2000, 25(4): 264- 273.

134. Robinson D. The audiogram in hearing loss due to noise: a probability test to uncover other causation, *Ann. Occup. Hyg.*, 1985; 29(4): 477- 493.

135. McBride D, Williams S. Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss, *Occup. Environ. Med.*, 2001, 58(1): 46- 51.

136. Geçici C.R. Gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerde vestibüler sistemin değerlendirilmesi, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, 2018.

137. Manabe Y, Kurokawa T, Saito T, Saito H. Vestibular dysfunction in noise induced hearing loss, *Acta. Otolaryngol. Suppl.*, 1995, 519: 262- 264.

138. Nageris BL, Attias J, Feinmesser R. Noise-induced vestibular dysfunction, *Noise Health,* 2000, 3(9): 45- 48.

139. Alhabib SF, Saliba I. Video head impulse test: a review of the literatüre, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2017, 274(3): 1215- 1222.

140. Fetter M, Dichgans J. How do the vestibulo-spinal reflexes work? In: Baloh RW, Halmagyi GM, eds. *Disorders of the Vestibular System,* New York: Oxford University Press, 1996, 105–112.

141. Kilburn KH, Warshaw RH, Hanscom B. Are hearing loss and balance dysfunction linked in construction iron workers? *Br. J. Ind. Med.,* 1992, 49(2): 138- 141.

142. Emara AA, Gabr TA. Chronic noise exposure: impact on the vestibular function, *Adv. Arab Acad. Audio-Vestibul. J.,* 2014, 1: 71- 79.

143. Park SH, Lee K, Lockhart T, Kim S. 2011. Effects of sound on postural stability during quiet standing, *J. Neuroeng. Rehabil.,* 2011, 15; 8: 67. doi: 10.1186/1743-0003-8-67

144. Springer S, Giladi N, Peretz C, Yogev G, Simon ES, Hausdorff JM. Dual-tasking effects on gait variability: The role of aging, falls, and executive function, *Mov. Disord.,* 2006, 21(7): 950-957.

145. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research, *Gait Posture,* 2002, 16(1): 1-14.

146. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis, *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2011, 35(3): 715-728.

147. Daneman N, Hannon B. What do working memory span tasks like reading span really measure? In Osaka N, Logie RH, D'esposito M, Eds. *The cognitive neuroscience of working memory*, Oxford: Oxford University Press, 2007, 21-42.

148. Rönnberg J, Danielsson H, Rudner M, Arlinger S, Sternäng O, Wahlin A, Nilsson LG. Hearing loss is negatively related to episodic and semantic long-term memory but not to short-term memory. *J. Speech. Lang. Hear. Res.,* 2011, 54(2): 705- 726.

149. Kahneman, D. *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1973: 178-182.

150. Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in the United States, *Arch. Intern. Med.*, 2012, 27; 172(4): 369- 371.

8. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Onay Formu

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ (AYBÜ)
ETİK KURULU
PROJE ONAY BELGESİ

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji, Ses ve Konuşma Bozuklukları bölümü akademisyenlerinden Doç. Dr. Banu Müjdeci / öğrencilerinden Emre Söylemez'in, 'Gürültüye bağlı işitme kaybı olan bireylerde vestibüler fonksiyonların ve çift görev performansının değerlendirilmesi' adlı araştırması değerlendirilmiştir.

Proje etik açısından uygun bulunmuştur. ☑
Proje etik açısından geliştirilmesi gerekmektedir. ☐
Proje etik açısından uygun bulunmamıştır. ☐

AYBÜ ETİK KURULU KARARI (Etik Kurul tarafından doldurulacaktır)	
Araştırma kodu (Yıl – Araştırma sıra no)	2019 – 397
Başvuru formunun Etik Kurula ulaştığı tarih	07.10.2019
Etik Kurul Karar toplantı tarihi ve karar no	16.10.2019 – 58
Yer	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Esenboğa Külliyesi
Katılımcılar	Formda imzası bulunan üyelerimiz toplantıya katılmıştır.

KURUL BAŞKANI, BAŞKAN YARDIMCISI VE ÜYELER:

		İMZA
Prof. Dr. Cem Şafak ÇUKUR	**Üye**	
Prof. Dr. Tekin AKDEMİR	**Üye**	
Prof. Dr. Muharrem KILIÇ	**Üye**	
Doç. Dr. Özge GÖKBULUT ÖZDEMİR	**Üye**	
Doç. Dr. Behlül TOKUR	**Üye**	
Doç. Dr. Birgül ÖZKAN	**Üye**	
Dr. Ögr. Üyesi Şule KAYA	**Üye**	
Dr. Ögr. Üyesi Ertuğrul DEMİRDEL	**Üye**	
Dr. Ögr. Üyesi Nimet YILDIRIM TİRGİL	**Üye**	

2

Ek-2. Vizüel Analog Skala

Dengesizlik şiddetiniz nedir? Çizgi üzerinde işaretleyiniz (0: Hiç dengesizliğim yok, 10: Aşırı derecede dengesizliğe sahibim)



Ek-3. Standartize Mini Mental Test

STANDARDİZE MİNİ MENTAL TEST

YÖNELİM (Toplam puan 10)

Hangi yıl içindeyiz . . . . . ( )
Hangi mevsimdeyiz . . . . . ( )
Hangi aydayız . . . . . ( )
Bu gün ayın kaçı . . . . . ( )
Hangi gündeyiz . . . . . ( )
Hangi ülkede yaşıyoruz . . . . . ( )
Şu an hangi şehirde bulunmaktasınız. . . . . ( )
Şu an bulunduğunuz semt neresidir . . . . . ( )
Şu an bulunduğunuz bina neresidir . . . . . ( )
Şu an bu binada kaçıncı kattasınız. . . . . ( )

KAYIT HAFIZASI (Toplam puan 3)

Size birazdan söyleyeceğim üç ismi dikkatlice dinleyip ben bitirdikten sonra tekrarlayın (Masa, Bayrak, Elbise) (20 sn süre tanınır) Her doğru isim 1 puan . . . . . ( )

DİKKAT VE HESAP YAPMA (Toplam puan 5)

100'den geriye doğru 7 çıkartarak gidin. Dur deyinceye kadar devam edin.
Her doğru işlem 1 puan. (100, 93, 86, 79, 72, 65) . . . . . ( )

HATIRLAMA (Toplam puan 3)

Yukarıda tekrar ettiğiniz kelimeleri hatırlıyor musunuz? Hatırladıklarınızı söyleyin.
(Masa, Bayrak, Elbise). . . . . ( )

LİSAN (Toplam puan 9)

a) Bu gördüğünüz nesnelerin isimleri nedir? (saat, kalem) 2 puan (20 sn tut) . . . . . ( )
b) Şimdi size söyleyeceğim cümleyi dikkatle dinleyin ve ben bitirdikten sonra tekrar edin. "Eğer ve fakat istemiyorum" (10 sn tut) 1 puan . . . . . ( )
c) Şimdi sizden bir şey yapmanızı isteyeceğim, beni dikkatle dinleyin ve söylediğimi yapın. "Masada duran kâğıdı sağ/sol elinizle alın, iki elinizle ikiye katlayın ve yere bırakın lütfen"
Toplam puan 3, süre 30 sn, her bir doğru işlem 1 puan . . . . . ( )
d) Şimdi size bir cümle vereceğim. Okuyun ve yazıda söylenen şeyi yapın. (1 puan)

"GÖZLERİNİZİ KAPATIN" (arka sayfada) . . . . . ( )
e) Şimdi vereceğim kâğıda aklınıza gelen anlamlı bir cümleyi yazın. (1 puan). . . . . ( )
f) Size göstereceğim şeklin aynısını çizin. (arka sayfada) (1 puan) . . . . . ( )



Ek-4. Yayın Bilgisi

HEARING, BALANCE AND COMMUNICATION
https://doi.org/10.1080/21695717.2020.1727214

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Check for updates

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of auditory disability and cochlear functions in industrial workers exposed to occupational noise

Emre Soylemez[a,b] and Banu Mujdeci[b]

[a]Department of Audiology, Karabuk University Training and Research Hospital, Karabuk, Turkey; [b]Department of Audiology, Faculty of Health Science, Ankara Yıldırım Beyazit University, Ankara, Turkey

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to investigate cochlear functions and auditory disability in industrial workers exposed to occupational noise (IWEON).

Method: A total of 30 normal hearing male workers (mean age: 34.2 ± 6.7; range: 24–50) who were actively working in the metal industry for at least 5 years and 30 healthy male subjects (mean age: 31.9 ± 8.3; range: 23–49) without occupational noise exposure were included in the study. Distortion product otoacoustic emission (DPOAE) and Turkish version of Amsterdam Inventory for Auditory Disability and Handicap (T-AIADH) was applied to all subjects.

Results: DPOAEs at 3 and 4 kHz of the IWEON group was significantly lower than the control group ($p < .05$). IWEON group also was worse than the control group in terms of speech and music intelligibility in the T-AIADH ($p < .05$).

Conclusions: Minimal damage of the outer hair cells may cause poor speech and music intelligibility. T-AIADH and DPOAE may be used as a screening test in routine practice for early diagnosis of minimal cochlear damage.

Abbreviations: ABR: auditory brainstem response; AIADH: Amsterdam inventory for auditory disability and handicap; DPOAE: distortion product otoacoustic emission; DPs: distortion products; IWEON: industrial workers exposed to occupational noise; NIHL: noise-induced hearing loss; SNRs: signal noise ratios

KEYWORDS
Auditory disability; normal hearing; workers; occupational noise; otoacoustic emission

Introduction

Noise-induced hearing loss (NIHL) occurs due to damage of cochlear structures and auditory pathways in individuals exposed to noise. NIHL is one of the most common causes of sensorineural hearing loss [1]. Incidence of NIHL in the world is approximately 16% [2]. Damage in the hearing system depends on the intensity of noise, the duration of noise exposure, individuals differences and the methods of protection from noise. First, noise affects the outer hair cells in the cochlea [3]. Long-term noise exposure causes progressive sensorineural hearing loss which initially affects between 3 and 6 kHz, and then spreads to other frequencies in the cochlea [4,5]. Also, it may cause some problems such as tinnitus, stress, social and emotional problems in addition to hearing loss [6,7].

Application of audiometric tests in an acoustic booth, which is accepted as the gold standard, is insufficient for evaluating the hearing system [8]. The auditory brainstem response (ABR) test used to evaluate the auditory brainstem function and it is usually used for newborn hearing screening, auditory nerve lesion detection and auditory threshold estimation. However, these tests do not reflect the listening performance of individuals in daily life and the auditory disability during communication [9]. Self-reported evaluations are effectively used to determine auditory disability in daily life [10]. Amsterdam Inventory for Auditory Disability and Handicap (AIADH) evaluates different listening functions in daily life. It has easy-to-understand questions and each question have a picture that reflects the sampled state [11].

Distortion product otoacoustic emission (DPOAE) is an objective test that evaluates cochlear functions [3,12]. It is known that DPOAE is very useful for early identification of workers with the risk of NIHL and to detect minimal cochlear damage that cannot be determined by pure tone audiometry test [13,14]. There are some studies with DPOAE in industrial

CONTACT Emre Soylemez emresylmz28@gmail.com Department of Audiology, Karabuk University Training and Research Hospital, 78200 Karabuk, Turkey

© 2020 International Association of Physicians in Audiology

Ek-5. Özgeçmiş

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı	: Emre Söylemez
Doğum tarihi	: 1995
Doğum yeri	: Ilgaz
Medeni hali	: Evli
Uyruğu	: T.C
Adres	: Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji, Ses ve Konuşma Bozuklukları Bölümü, Ankara
Tel	: 0332 223 49 29
Faks	: 0332 241 50 00
E-mail	: emresylmz28@gmail.com
EĞİTİM	
Lise	: E.C.A Elginkan Anadolu Lisesi
Lisans	: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Odyoloji Bölümü
YABANCI DİL BİLGİSİ	
İngilizce	: İngilizce (Yökdil: 90)
ÜYE OLUNAN MESLEKİ KURULUŞLAR	