



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İŞİTME CİHAZLARINDAKİ DERİN SİNİR AĞLARI
TEKNOLOJİSİNİN ZAMANSAL İŞLEMLEME TESTLERİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ELİSANUR ÇANKAYA

ODYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. MUSTAFA BÜLENT ŞERBETÇİOĞLU

İSTANBUL-2022

TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi
Programın Seviyesi: Yüksek Lisans (X) Doktora ()
Anabilim Dalı : Odyoloji
Tez Sahibi : Elisanur ÇANKAYA
Tez Başlığı : İşitme Cihazlarındaki Derin Sinir Ağları Teknolojisinin
Zamansal İşleme Testleri ile Değerlendirilmesi
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Yerleşkesi
Sınav Tarihi : 21.07.2022

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Kurumu

İmza

Prof.Dr. Mustafa B.ŞERBETÇİOĞLU İstanbul Medipol Üniversitesi

Sınav Jüri Üyeleri

Dr.Öğr.Üyesi Oğuz YILMAZ

İstanbul Medipol Üniversitesi

Prof.Dr. Erol BELGİN

Ankara Medipol Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../ tarih ve/..... - sayılı kararı ile şekil yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof.Dr. Neslin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Elisanur Çankaya

TEŞEKKÜR

Lisans hayatımdan bu yana bizlere rehberlik eden, yenilikçi çözüm yolları ile hayatımıza ışık tutan sevgili hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Bülent Şerbetçioğlu'na,

Kendisinin derslerine girebildiğim için her zaman çok şanslı hissettiğim, sevecen yaklaşımı ve naifliği ile bizleri her zaman kucaklayan saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Erol Belgin'e,

Tez aşamamın en başından sonuna kadar tüm sorunlarımı dinleyen, benden vaktini, hoşgörüsünü eksik etmeyen, vizyonu ve bilgisi ile bizlere örnek olan, kendisine büyük saygı duyduğum pek kıymetli hocam Sayın Dr. Ody. Bahtiyar Çelikgün'e,

Öğrenim hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan kıymetli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üye. Oğuz Yılmaz'a ve Sayın Dr. Öğr. Üye. Gül Ölçek'e,

Hem lisans hem yüksek lisans hayatım boyunca her türlü sorumu özveriyle cevaplayan, güler yüzlerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili hocalarım Öğr. Gör. Kerem Ersin, Öğr. Gör. Büşra Nur Eser ve Öğr. Gör. Şeyma Tuğba Öztürk'e,

Çalışmamda kullandığım işitme cihazlarını bana temin eden Demant Grup'a,

Tez çalışmam boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, zor zamanlarımda yardımına koşan, hüznümü de sevincimi de heyecanımı da benden daha coşkulu yaşayan, aldığım her kararda beni benden çok destekleyen değerli arkadaşlarım Rumeysa Yıldız, Havvanur Uysal, Deniz Çelik, Meryem Özmen ve meslektaşım Gülten Kaplan'a,

En zorlandığım zamanlarda deneyimi ve bilgisiyle bana can yeleği olan, yolum onunla kesiştiği için çok şanslı hissettiğim, hem ablam hem hocam Araştırmacı Yazar Semra Çöl'e,

Büyük fedakârlıklarla doğduğum günden bu günlere gelmemi sağlayan, hayatımın her aşamasında aldığım kararlara saygı duyan, sevgilerini, desteklerini ve hoşgörülerini esirgemeyen biricik aileme,

Sonsuz teşekkür ederim...

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. İşitme	5
4.2. Santral İşitme Sistemi.....	6
4.3. Santral İşitsel İşleme	7
4.4. Zamansal İşleme.....	7
4.4.1. Zamansal sıralama	8
4.4.1.1. Frekans patern test	9
4.4.1.2. Süre patern test	9
4.4.2. Zamansal çözünürlük.....	9
4.4.2.1. Gürültüde boşluk tespit etme testi (Gap in noise-GIN)	10
4.4.3. Zamansal entegrasyon.....	10
4.4.4. Zamansal maskeleme	11
4.5. Sensorinöral İşitme Kayıplı Bireylerde Zamansal İşleme Becerileri	11

4.6. İşitme Cihazları	12
4.7. Yapay Zeka.....	13
4.7.1. Makine Öğrenmesi.....	13
4.7.1.1. Derin Sinir Ağları (Deep Neural network-DNN)	13
4.8. İşitme Cihazlarında Derin Sinir Ağları (DNN) Teknolojisi	14
4.8.1. Kapsam	15
4.8.2. Eğitim ve öğrenme.....	15
4.8.3. Test.....	16
5. MATERYAL VE METOT	18
5.1. Katılımcılar.....	18
5.1.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri.....	18
5.1.2. Çalışmadan dışlanma kriterleri	18
5.2. Yöntem	19
5.3. Odyolojik Değerlendirme	20
5.3.1. Saf ses odyometri testi	20
5.3.2. Konuşma odyometrisi	20
5.4. Zamansal İşlemlenin Değerlendirilmesi	20
5.4.1. Frekans patern testi (FPT).....	21
5.4.2. Süre patern testi (SPT).....	22
5.4.3. Gap in noise test (GIN).....	23
5.5. Gerçek Kulak Ölçümleri (Real Ear Measurement-REM)	23
5.6. İşitme Cihazlı Serbest Alan Değerlendirmesi	25
5.7. İstatistiksel Analiz	25
6. BULGULAR	26
7. TARTIŞMA	39
7.1. Sensorinöral İşitme Kayıplı Bireylerin Zamansal İşleme Becerilerinin Değerlendirilmesi	41

7.2. İşitme Cihazı Deneyimi İle Zamansal İşleme Becerileri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	42
7.3. İşitme Cihazlı ve İşitme Cihazsız Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki Farkın Değerlendirilmesi	43
7.4. Derin Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi	44
7.5. İşitme Kaybı Derecesi ile Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	45
7.6. Yaş Grupları ile Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	46
7.7. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Öneriler	47
8. SONUÇ	48
9. KAYNAKLAR	49
10. EKLER	58
11. ETİK KURUL ONAYI	63
12. ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASHA	: Amerikan Konuşma, Dil ve İşitme Birliği
CN	: Cochlear Nukleus
DNN	: Deep Neural Network Derin Sinir Ağları
DTH	: Dış Tüylü Hücre
FPT	: Frekans Patern Test
GIN	: Gap In Noise Gürültüde Boşluk Tespit Etme Testi
GRU	: Gated Recurrent Unit
Hz	: Hertz
IC	: Inferior Colliculus
İTH	: İç Tüylü Hücre
KAE	: Konuşmayı Anlama Eşiği
KAS	: Konuşmayı Ayırt Etme Skoru
LL	: Lateral Lemniscus
LTSM	: Long-Short Term Memory
MCL	: En Rahat Duyulan Ses Seviyesi
MGB	: Medial Geniculate Body
SOC	: Superior Olivary Complex
SPT	: Süre Paten Testi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.7.1.1.1.	Derin sinir ağları (DNN) çalışma prensibi.....	14
Şekil 4.8.1.	Derin sinir ağları (DNN) geliştirme aşamaları	14
Şekil 4.8.2.1.	Derin sinir ağları (DNN) eğitim süreci.....	16
Şekil 5.2.1.	Çalışmada kullanılan işitme cihazları.....	19
Şekil 5.3.2.1.	Interacoustics AC40 klinik odyometre	20
Şekil 5.4.1.1	Frekans patern test uyaran örneği.....	22
Şekil 5.4.2.1.	Süre patern test uyaran örneği	22
Şekil 5.5.1.	Interacoustics Affinity 2.0 REM cihazı.....	24
Şekil 6.1.	Katılımcıların demografik bilgileri.....	26
Şekil 6.2.	İşitme cihazı deneyimli ve deneyimsiz gruplardaki işitme kaybının dereceleri.....	27
Şekil 6.3.	İşitme cihazı deneyimine göre FPT ortalamaları.....	28
Şekil 6.4.	İşitme cihazı deneyimine göre SPT ortalamaları.....	29
Şekil 6.5.	İşitme cihazı deneyimine göre GIN test ortalamaları (%).....	31
Şekil 6.6.	İşitme cihazı deneyimine göre GIN test eşik ortalamaları.....	31
Şekil 6.7.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken FPT sonuçlarının ortalamaları	32
Şekil 6.8.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken SPT sonuçlarının ortalamaları	33
Şekil 6.9.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN sonuçlarının ortalamaları	34

RESİMLER LİSTESİ

- Resim 5.4.1.** Serbest alan testlerinin gerçekleştirildiği kabin..... 21
- Resim 5.5.1.** Gerçek kulak ölçümü yapılan oda 24



TABLolar LİSTESİ

Tablo 6.1.	Katılımcıların saf ses odyometri test sonuçları	26
Tablo 6.2.	İşitme cihazı deneyimine göre FPT sonuçlarının karşılaştırılması	27
Tablo 6.3.	İşitme cihazı deneyimine göre SPT sonuçlarının karşılaştırılması	28
Tablo 6.4.	İşitme cihazı deneyimine göre GIN test sonuçlarının karşılaştırılması	30
Tablo 6.5.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken FPT sonuçlarının karşılaştırılması.	32
Tablo 6.6.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken SPT sonuçlarının karşılaştırılması.	33
Tablo 6.7.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN (%) test sonuçlarının karşılaştırılması	34
Tablo 6.8.	İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN (eşik) test sonuçlarının karşılaştırılması	35
Tablo 6.9.	İşitme cihazsız yapılan zamansal çözünürlük testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon tablosu	35
Tablo 6.10.	Yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal çözünürlük testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon tablosu	36
Tablo 6.11.	Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal çözünürlük testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon tablosu	37
Tablo 6.12.	İşitme cihazsız yapılan zamansal çözünürlük testlerinin yaş grubu ile korelasyon1 tablosu.....	37
Tablo 6.13.	Yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal çözünürlük testlerinin yaş grubu ile korelasyon1 tablosu	38
Tablo 6.14.	Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal çözünürlük testlerinin yaş grubu ile korelasyon1 tablosu	38

1. ÖZET

İŞİTME CİHAZLARINDAKİ DERİN SİNİR AĞLARI TEKNOLOJİSİNİN ZAMANSAL İŞLEMLEME TESTLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapay zeka, her gün kullandığımız neredeyse tüm elektronik cihazların içerisinde yer almaktadır. Son yıllarda ise yapay zeka tabanlı işitme cihazları üretilmeye başlandı. İşitme cihazları, işitme kayıplı bireylerin karşılaştığı sorunlar için akla gelen ilk çözüm yoludur. Ancak özellikle sensorinöral işitme kayıplı bireylerin yaşadığı sorunları karşılamakta bazen yetersiz kalabilmektedir. Yapay zeka tabanlı işitme cihazları piyasada mevcut olan işitme cihazlarının yetersiz kaldığı durumlarda yeni bir çözüm yolu olarak düşünülmektedir. Yapay zeka tabanlı işitme cihazları, derin sinir ağları denilen en gelişmiş işlemciler ile geliştirilmiştir. Bu işitme cihazlarının odyolojik ekipmanlar kullanılarak değerlendirildiği çalışmalar henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızın amacı, derin sinir ağı tabanlı işitme cihazlarını zamansal işlememe testleri ile değerlendirmektir. Denkliğin sağlanabilmesi için aynı markanın derin sinir ağları teknolojisi bulunmayan işitme cihazı ile karşılaştırmalar yapıldı. Katılımcılara işitme cihazsız ve iki farklı işitme cihazlı frekans patern, süre patern ve gürültüde boşluk tanıma testleri uygulandı. Frekans patern ve süre patern zamansal sıralama becerisini, gürültüde boşluk testi ise zamansal çözünürlük becerisini değerlendirmektedir. Çalışmamıza simetrik sensorinöral işitme kaybı bulunan 40 kişi katıldı. Verilerin istatistiksel analizleri için “SPSS version 20.0” kullanıldı. Frekans patern ve süre patern testte derin sinir ağı tabanlı işitme cihazı ve diğer işitme cihazı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p=0,480$, $p=0,998$). Gürültüde boşluk tanıma testinde ise iki cihaz arasında anlamlı farklılık vardı ($p=0,00$). Derin sinir ağı tabanlı işitme cihazı kullanımının zamansal çözünürlük becerilerine katkısının olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: derin sinir ağı, yapay zeka, zamansal çözünürlük, zamansal işleme, zamansal sıralama.

2. ABSTRACT

EVALUATION OF DEEP NEURAL NETWORKS TECHNOLOGY IN HEARING AIDS BY TEMPORAL PROCESSING TESTS

Artificial intelligence is available in almost all electronic devices that we use every day. In recent years, artificial intelligence-based hearing aids have started to be produced. Hearing aids are the first solution that comes to mind for the problems faced by individuals with hearing loss. However, it may sometimes be insufficient to solve the problems experienced by individuals with sensorineural hearing loss. Artificial intelligence-based hearing aids are considered as a new solution for cases where the hearing aids available in the market are insufficient. Artificial intelligence-based hearing aids have been developed with the most advanced processors called deep neural networks. There is no study which evaluates these hearing aids using audiological equipment yet. Therefore, the aim of our study is to evaluate deep neural network-based hearing aids with temporal processing tests. In order to ensure equivalence, comparisons were made with the hearing aid of the same brand that does not have deep neural networks technology. Frequency pattern, duration pattern and noise gap in noise tests were applied to the participants with two different hearing aids and without hearing aids. Frequency pattern and duration pattern tests evaluate temporal sequencing skill and gap in noise test evaluates temporal resolution skill. 40 participants with symmetrical sensorineural hearing loss included in our study. "SPSS version 20.0" was used for the statistical analysis of the data. In the frequency pattern and duration pattern tests, no statistically significant difference observed between the deep neural network-based hearing aid and other hearing aids ($p=0,480$, $p=0,998$). There was a significant difference between the two devices in the noise gap recognition test ($p=0,00$). It was concluded that using a deep neural network-based hearing aid contributed to temporal resolution skills.

Keywords: artificial intelligence, deep neural network, temporal processing, temporal resolution, temporal sequencing.

3. GİRİŞ VE AMAÇ

İşitme kaybı günlük yaşantıyı oldukça etkileyen yaygın duyuşal bozukluklardan biridir. Hafif dereceden çok ileri dereceye kadar belli bir seviyede olabilir, bir kulağı veya iki kulağı aynı anda etkileyebilir (1). Azalan işitsel duyarlılık ile birlikte birçok farklı mekanizmada bozukluklar olabilmektedir. Bu mekanizmalardan biri de zamansal işleme becerisidir. İşitsel zamansal işleme, sınırlı veya tanımlanmış bir zaman alanı içerisinde sesin ve sesteki değişimin algılanması olarak tanımlanabilir (2). Zamansal işleme becerisindeki bozulmalar, konuşmayı anlama ve takip etmedeki zorluk, gürültüde konuşmayı anlayamama olarak karşımıza çıkabilmektedir (3).

İşitme kayıplı bireylerin çoğunun karşılaştığı sorunlar için akla ilk gelen ilk çözüm yolu işitme cihazlarıdır. İşitme cihazları, sesleri duyulabilir hale getirmek ve işitme kayıplı kişilerin yaşam kalitesini iyileştirmek amacıyla üretilmektedir (4). İşitme cihazları çoğu konuda hastaları memnun etmeyi başarmış olsa da bazı konularda hala yeteriz kalabilmektedir. Geleneksel işitme cihazları, konuşma seslerinin genellikle kullanıcının önünde olduğu, konuşma dışı seslerin daha az olduğu ortamlarda kullanıcıları memnun edebilmektedir. Ancak günlük yaşantıda bu koşulların her zaman oluşturulması tabii ki de mümkün değildir. Bu ve bunun gibi birçok soruna çözüm yolu olabileceği düşünülen yapay zeka teknolojisi, hayatın çoğu alanında olduğu gibi işitme cihazlarında da yerini almaktadır (5). Derin sinir ağları (Deep Neural Network-DNN), yapay zeka dünyasındaki en gelişmiş işlemcilerdir. Derin sinir ağları, büyük miktarda bilgi arasından kalıplar bulmaya ve bu kalıpları bir insan beyninin yaptığına benzer şekilde tanımlamaya ve çözmeye çalışır. İşitme cihazlarındaki bu teknolojinin, daha yüksek ses kalitesi, daha iyi zamansal işleme ve böylelikle zorlu ortam koşullarında konuşmanın daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacağı öngörülmektedir (6).

Tüm bu bilgiler ışığında çalışmamızın amacı, yapay zeka teknolojisinin son işlemcisi olan derin sinir ağı tabanlı üretilmiş bir işitme cihazını, zamansal işleme testleri kullanarak değerlendirmektir. Çalışmamızda işitme cihazları konusunda denkliğin sağlanabilmesi adına, aynı üreticinin derin sinir ağı tabanına

sahip olmayan serinin en gelişmiş işitme cihazı ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Zamansal işlemeyi değerlendirmek için frekans patern test (FPT), süre patern test (SPT) ve gürültüde boşluk tespit etme testi (GIN) kullanılmıştır.

Çalışmamızın hipotezleri şu şekildedir:

H₀: Sensorinöral işitme kayıplı bireylerde derin sinir ağı tabanlı işitme cihazı kullanımının zamansal işleme becerileri üzerine bir etkisi yoktur.

H₁: Sensorinöral işitme kayıplı bireylerde derin sinir ağı tabanlı işitme cihazı kullanımının zamansal işleme becerileri üzerine bir etkisi vardır.



4. GENEL BİLGİLER

4.1. İşitme

İşitme, canlıların etrafındaki uyarınları işitsel organları vasıtası ile algılamasıdır. İnsanlar için bu uyarınlara en önemlisi konuşma olduğundan işitme sistemimizin en önemli görevlerinden biri konuşmayı anlamaktır. Farklı uyarınlara birbirinden ayırt etmek, arka plan gürültüsü varlığında konuşmayı anlamak, ardı sıra gelen uyarınlara takip etmek gibi daha karmaşık görevler de bu mükemmel sistemin bir parçasıdır.

İşitsel sistem iki alt bölüme oluşur. Bunlar periferik ve santral işitme sistemidir. Periferik işitme sistemi, seslerin elektriksel kodlara dönüştürülmesini sağlarken bu kodların çözümlenmesinden santral işitme sistemi sorumludur (7). Periferik işitme sistemi, santral sinir sistemi ile iletişim kurduğu noktaya kadar dış, orta kulak, iç kulak ve koklear siniri içerir. Bu sistem, ses basıncını daha ileri işlemler için santral işitme sistemine aktarmadan önce toplar, filtreler, yükseltir ve sinirsel bir uyarıya dönüştürür (8). Dış kulak ses dalgalarını alır, toplar ve orta kulağa yönlendirir. Orta kulağa gelen ses dalgası ilk önce timpanik membranı titreştirir. Timpan membran ve bağlantıda olduğu kemikçik zinciri sayesinde orta kulakta ses şiddetlendirilerek kokleaya iletilir (9). Koklea, içinde sıvı dolu bir kanaldır. Koklear kanal üç bölüme ayrılmıştır; skala vestibüli, skala media ve skala timpani. Bu üç kanalı birbirinden ayıran yapı Reissner membranıdır. Bu membranöz yapı bir çift hücre tabakasından oluşur. Ayrıca perilemf ve endolemf sıvılarının birbirine karışmasını önlemektedir (10). Baziller membran ise skala mediayı skala timpaniden ayırır ve üzerinde Corti organını bulundurur. Corti organı reseptör organdır, tüy hücreleri ve destek hücrelerden oluşur (11). İki farklı tüylü hücre mevcuttur; iç (İTH) ve dış tüylü hücreler (DTH). Bu reseptör hücreler kokleada oluşan mekanik hareketi elektromekanik sinyale dönüştürürler ve koklear sinire aktarırlar. Tüylü hücrelerin afferent innervasyondan yaklaşık 3000 koklear sinir fibrili sorumludur. Sinir liflerinin hücre gövdesi, spiral ganglionu oluşturmaktadır ve bu yapı modiolus içindeki Rosenthal kanalında bulunur (12).

4.2. Santral İşitme Sistemi

Santral işitme sistemi, işitsel uyarınları algılayan, ayırt eden, işlemleyen ve çok sayıda nöral yoldan meydana gelen karmaşık bir sistemdir (13). İşitsel yolu oluşturan her çekirdekte bu sistemin karmaşıklığı göze çarpmaktadır. Her bir çekirdek, yakındaki nöronların yanı sıra diğer birçok uzak çekirdekle bağlantılı olduğu gibi onlarla bilgi paylaşan binlerce nöronu da içermektedir. Bu işitsel nöronlar, sesin spektral, uzaysal ve zamansal özelliklerini kodlamak ve deşifre etmekten sorumludur (14).

İşitsel sinir sistemi kulağı işitsel serebral kortekse bağlayan ascending (yukarı doğru) ve descending (aşağı doğru) sistemlerden oluşur. Santral işitme sistemi ise koklear nukleus ve işitsel kortekse kadar uzanan bölümdür (15). Bu bölümü oluşturan yapılar şu şekildedir: Cochlear Nukleus (CN), Superior Olivary Complex (SOC), Lateral Lemniscus (LL), Inferior Colliculus (IC), Medial Geniculate Body (MGB) ve Primer Auditory Cortex.

İşitme siniri, yükselen (ascending) işitsel yolların ilk çekirdeği CN'de sonlanır. Koklear çekirdekler, merkezi işitsel sistemin evrimleşen ilk bölümleri arasındadır ve her omurgalıda bulunurlar. Bu yapı alt beyin sapında, medulla ve pons arasında, uyarımların alındığı kulak tarafında bulunmaktadır (16). CN'da bulunan hücreler tonotopik olarak yerleşmektedir. Dorsal bölümdeki hücreler alçak frekans bölgelerinden, ventral bölümdeki hücreler yüksek frekans bölgelerinden gelen liflerle bağlantılıdır (17). SOC, yükselen işitsel yoldaki ikinci ana istasyondur. Sesin lokalizasyonu için gerekli olan iki kulaktan gelen ipuçları da dahil olmak üzere sesin önemli özelliklerini işler (18). SOC medial ve lateral nukleuslar olmak üzere iki bölüme ayrılır. Lateral nukleus, iki kulağa ulaşan sesin şiddetindeki farkı karşılaştırıp sesin geldiği yönü tespit etmekte görevlidir. Medial nukleus ise, iki kulağa giren akustik sinyaller arasındaki zaman gecikmesini saptayan mekanizmaya sahiptir (19). CN'tan gelen yollar, SOC'u inferior colliculus ile birleştiren bir lif demeti olan lateral lemniskusta birleşir. LL'un dorsal nukleusuna kokleadan gelen alçak frekanslar, ventral nukleusuna ise yüksek frekanslar ulaşmaktadır (20). Mezensefalonda bulunan inferior colliculus, merkezi işitsel sistemin kritik bir merkezidir. Yükselen ve alçalan işitsel sinapsların çoğu, IC'de birleşir. Bu yapının, frekans analizi ve konuşmayı ayırt etme gibi fonksiyonlardan sorumlu olduğu bilinmektedir. (21) (22). İşitme sisteminin

talamik durağı, talamusun dorsal ve caudal bölgesine yerleşmiş olan Medial Geniculate Body'dir. MGB, IC ile işitsel korteks arasından çıkan sinir liflerinin konak yaptığı ara istasyondur (14). Serebral korteksin ana işitsel kısmı, silvian fissürün yakınında, zamansal lobda bulunur. Bu bölgedeki işitsel işleme için iki ana merkez, primer işitsel korteks ve association işitsel kortekstir. Birincil işitsel korteks, zamansal lobun (Heschl gyrus) üst yüzeyinde bulunur ve Brodmann 41. alana karşılık gelir. Association işitsel korteks ise Brodmann 22. ve 42. alanlarına karşılık gelir (23). Bu bölgede işitme ile ilgili temel işlemler yapıldığı gibi ses perdesi (pitch) ve ses yüksekliği (loudness) gibi üst düzey işlemler de gerçekleşmektedir (13).

Her yapı kendi içerisinde önemli fonksiyonlara sahiptir. Ancak bu yapıların organize çalışmaları çok daha önemlidir. Çünkü herhangi bir yapıdaki bir aksaklık sisteme veri girişini geciktirebilir veya engel olabilir.

4.3. Santral İşitsel İşleme

Santral işitsel işleme, seslerin algılanması ve bunlara tepki verilmesiyle ilgili bir süreci ifade eder ve ağırlıklı olarak merkezi sinir sisteminin yapılarının ürünüdür (24). İşitsel bir uyarın, nöral yollar boyunca işlenirken, dinleyicinin sesin yönünü belirlemesini, sesi ayırt etmesini, tanımlamasını, arka plan gürültüsünden ayırmasını ve yorumlamasını sağlamaktadır (25).

2005 yılında Amerikan Konuşma ve İşitme Birliği (ASHA) santral işitsel işleme mekanizmalarını şu şekilde sıralamıştır; ses lokalizasyonu ve lateralizasyonu, işitsel ayırt etme, işitsel patern tanıma, zamansal işleme, uyumsuz akustik sinyallerle karşılaştığında işitsel performans, bozulmuş akustik sinyaller verildiğinde işitsel performans (26).

4.4. Zamansal İşleme

Akustik bir uyarının zaman içinde işlenmesi zamansal işleme olarak tanımlanmaktadır. Konuşma uyarınları ve arka plan sesleri zaman içerisinde değişiklik göstermektedir. Bu durum zamansal işlemeyi sessiz ve arka plan gürültüsünde konuşmayı anlama yeteneğinde önemli bir bileşen haline getirir (27)

(28). İki temel nedenden dolayı zamansal işlemenin çok önemli olduğu düşünülmektedir;

1) İşitsel işleme sorunları olan çocuklar işitsel uyaranların zamansal olarak işlenmesinde güçlük çekerler ve bu güçlükler onların konuşma, dil ve okuma kazanımlarını engelleyebilir

2) Yetişkin bireyler, zamansal işleme eksikliklerine sahip olduklarında konuşmayı anlama ve amplifikasyondan yararlanma yetenekleri etkilenebilir (29).

İşitsel zamansal işleme, hece, fonem ve vurgu kalıplarının ve fonolojik farkındalığın saptanması ve ayırt edilmesi için önemlidir (30). Konuşma analizi, iyi bir frekans çözünürlüğünün yanında iyi bir zamansal işleme becerisini de gerektirmektedir. Çünkü konuşma uyaranlarındaki birçok ünsüz fonem hızla değişen enerji tepelerine (formantlar) sahiptir (31). Bu da konuşmanın işlenmesi sürecinde iyi bir zamansal işleme becerisine sahip olmanın kaçınılmaz olduğunun göstergesidir.

Zamansal işleme yeteneği dört alt kategoriden oluşmaktadır. Bunlar; zamansal sıralama, zamansal çözümleme, zamansal entegrasyon ve zamansal maskeleyedir.

4.4.1. Zamansal sıralama

Zamansal sıralama, çoklu işitsel uyaranların oluşum sıralarına göre işlenmesini ifade eder. Bu fenomen, konuşma algısındaki önemi nedeniyle çok sık araştırılmaktadır (32).

Klinik olarak genellikle, hastalardan üçlü uyaran grubunun sırasıyla sözlü olarak doğru ifade etmelerinin istendiği frekans ve süre patern testleri yoluyla ölçülür (33). Frekans ve süre patern testlerinin her ikisi de zamansal sıralama testleri olmasına rağmen, ikisi arasında bir korelasyon yoktur, bu nedenle birbirleri yerine alternatif olarak kullanılamazlar (34).

4.4.1.1. Frekans patern test

Frekans Patern Test (FPT), ilk kez 1971 senesinde Pinheiro ve Ptacek tarafından geliştirilmiştir. Bu testte, dinleyicilerden sunum sıralarına göre farklı frekanstaki sesleri sıralaması beklenir. Testin kolay uygulanabilir olması, duyarlılık ve özgünlüğü nedeniyle kliniklerde pratik kullanımı yaygınlaşmaktadır (35).

FPT'de hastaya üç akustik sinyal sunulur. İki ton aynı frekansta olup, üçüncü ton farklı bir frekanstır. Yüksek frekanstaki uyaran 1122 Hz, alçak frekanstaki uyaran ise 880 Hz'dir. Her tonun süresi 200 ms olup iki uyaran arasındaki süre 150 ms'dir. Tonlar ince ses (İ) ve kalın ses (K) kelimeleri kullanılarak etiketlenir. 11 yaş ve üzerinde normal test sonuçları %75 ve üzeri kabul edilmektedir (33).

4.4.1.2. Süre patern test

Süre Patern Test (SPT), 1990 yılında Musiek tarafından geliştirilmiştir. Test, 1 kHz frekanstaki 3 uyarının art arda sunulmasıyla gerçekleşmektedir. Uyarılar şiddet ve frekans olarak aynı, ancak süre bakımından birbirinden farklıdır. Kısa (K) olan uyarılar 250 ms, uzun (U) olan uyarılar 500 ms'dir. Her uyaran arasında 300 ms'lik boşluklar bulunmaktadır. Sunulan uyarılardan bir tanesi mutlaka diğerlerinden farklı olmalıdır (Örneğin uzun-uzun-uzun (U-U-U) art arda olamaz) (34).

4.4.2. Zamansal çözünürlük

Zamansal ayırım veya çözümleme, bir kişinin iki işitsel sinyal arasında ayırım yapabileceği en kısa süreyi ifade eder. Uyarılarındaki küçük ve ani değişiklikleri algılamamızı sağladığı için özellikle gürültülü ortamlarda konuşmayı anlamada çok etkili olduğu düşünülmektedir (2). Normal işiten dinleyiciler, işitme cihazı kullanıcıları, koklear implantlı bireyler ve dil bozukluğu gruplarında gürültüde konuşmayı anlamak için iyi bir zamansal çözünürlük yeteneği önemlidir (36). Hem sözlü hem de sözlü olmayan uyarıların algılanmasında temel bir yetenektir (37). Zamansal çözünürlük yeteneği birkaç farklı yolla ölçülebilmektedir ancak rutinde genellikle boşluk tespit etme becerisi değerlendirilmektedir (26);

Boşluk tespit etme eşiği: Beyaz bir gürültü içerisindeki kısa bir boşluğu tespit etmek için gerekli olan minimum zaman aralığıdır. Bu becerinin yoksunluğunda iki uyaran tek bir uyaran olarak algılanabilir (36). Bu eşiğin düşük veya yüksek olması gürültüde konuşma algısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Günlük hayatta arka plan gürültüsü şiddet bakımından farklılık göstermektedir. Bu farklılık, gürültünün düşük olduğu zamanlarda sinyalden gerekli bilginin çıkartılmasına yardımcı olur. Düşük boşluk tespit etme becerisine sahip olmak, gürültülü ortamlarda bu kişiler için dezavantaj oluşturmaktadır (38). Boşluk tespit etme eşiğinin bulunması için genellikle gürültüde boşluk (gap in noise) ve rastgele aralık tespit etme testleri kullanılmaktadır.

4.4.2.1. Gürültüde boşluk tespit etme testi (Gap In Noise-GIN)

Gürültüde boşluk tespit etme (GIN) testi, zaman içinde işitsel bir uyaran zarfındaki hızlı değişiklikleri takip etme yeteneği olan zamansal çözünürlüğü ölçer. 2005 yılında Musiek ve ark. tarafından geliştirilmiştir (39).

GIN, klinik odyometre ile verilen bir kompakt disk kaydından oluşmaktadır. Test, 6 saniyelik bir beyaz bant gürültü segmenti içerisinde bulunan boşlukları fark etme esasına dayanır (40). Boşluk süreleri 2-20 (2,3,4,5,6,8,10,12,15,20) milisaniye arasında değişir. Bu on farklı milisaniye testte 6'şar defa kullanılmaktadır. Toplamda 60 tane boşluk bulunur. Testte 2 farklı paradigma bulunmaktadır. Bunlar boşluk tespit etme eşiği ve genel yüzde puanıdır. Boşluk tespit etme eşiği, 6 adet boşluktan en az 4 tanesinin fark edilebildiği seviye olarak bulunur. Genel yüzde puanı ise dinleyicinin 60 adet boşluktan kaç tanesini fark edebildiğine göre hesaplanmaktadır (41). Bu testte normal değerler; boşluk tespit etme eşiği için 6 milisaniyeden kısa süreler olup, genel yüzde puanı için %54'ten yüksek puanlardır (40).

4.4.3. Zamansal entegrasyon

Zamansal entegrasyon, ses enerjisinin birleşiminden kaynaklanan sinirsel aktivitenin toplanması sonucunda oluşur. Zamansal entegrasyon eşiği saptanarak değerlendirilir. Uyaran süresinin artmasıyla işitsel eşikler iyileşebilir. Normal popülasyonlarda süre yaklaşık 200-300 ms'ye kadar arttıkça eşik iyileşmesi ile

sonuçlanır. Bir ses orijinal süresinin onda birine düşürüldüğünde, deneğin eşiği yaklaşık 10 dB kötüleşir; süre arttığında ise tam tersi gerçekleşir. Bu fenomene "zaman-yoğunluk değiş tokuşu" denir (42).

4.4.4. Zamansal maskeleye

Zamansal maskeleye, işitsel bir uyarının kendisinden önce ya da sonra gelen uyarıyı maskeleyesidir. Belli bir süreye ve frekansa sahip uyarı, kendisinden önce veya sonra gelen uyarının hassasiyetini azaltarak, algılanmasını zorlaştırmaktadır. Günlük hayatta ise konuşma uyarı içerisindeki güçlü fonemlerin bazı fonemleri maskeleyesine karşılık gelir (28).

4.5. Sensorinöral İşitme Kayıplı Bireylerde Zamansal İşleme Becerileri

İşitme kayıplı bir bireyin iki uyarı arasındaki boşlukları tespit etmesi, uyarı amplitüdlerindeki rastgele değişimin fark edilebilmesi ile kısmen sağlanabilir. Uyarılar sinüzoidal dalgalar şeklinde olduğunda boşluk algılaması normal olma eğilimindedir (43). Ancak uyarılarda rastgele genlik dalgalanmaları (örneğin, gürültü bantları) olduğunda, sensorinöral işitme kaybı olan kişiler bu boşlukları tespit etmede normal işiten kişilere göre daha fazla zorluk yaşarlar (44)(45). İşitme kaybı olan kişiler dinamik aralıklarının daralması (recruitment) nedeniyle ses artışlarından anormal derecede rahatsız olurlar. Bundan dolayı gürültü bantlarında meydana gelen rastgele dalgalanmalara ve düşüşlere karşı daha duyarlı olabilirler. Bu durum sensorinöral işitme kayıplı bireylerin algılaması beklenen boşlukları karıştırması şeklinde karşımıza çıkar (46). Bununla birlikte işitme kayıplı bireylerin dinamik aralıklarının daralmasına çözüm yolu olan amplifikasyonun, aynı şekilde boşluk tespiti becerisinin de artmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir (44)(45).

Normal işiten ve sensorinöral işitme kayıplı bireyler arasındaki zamansal sıralama becerilerindeki fark, zamansal çözünürlük becerileri arasındaki fark kadar belirgin değildir. Sinyal duyulabilir olduğu sürece, işitme kaybı 60-65 desibele kadar olan bireyler süre paterni tanıma görevinde iyi performans gösterme eğilimindedir. Sensorinöral işitme kaybı olan çoğu kişi, bu süreler arasında ayırım

yapmakta zorluk çekmezler (47). Sensorinöral işitme kayıplı bireylerin frekans paterni tanıma becerisi normal işiten bireylere göre nispeten daha düşük olsa da çoğunun test sonuçları normal sınırlar içerisinde (48).

Bilindiği üzere konuşmayı anlama birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden biri olan zamansal işleme becerisi, kulaklar tarafından işitilen sesin algılanması konusunda farklar yaratır ve özellikle gürültüde konuşmayı anlamak için son derece önemlidir. İşitme kaybının zamansal işleme üzerindeki etkilerini anlamak, konuşma gibi hızlı değişen sinyallerin işitme engelli dinleyiciler için algılanmasının zor olduğunu ve bu zorluğun arka plan gürültüsü varlığında artacağını anlamamıza yardımcı olur.

4.6. İşitme Cihazları

İşitme kaybıyla birlikte sesleri duyma yeteneğinin azalması, işitme bozukluğu olarak bilinir. Bu durum özellikle günlük yaşantıyı çok fazla etkileyen en yaygın duyuşal eksikliklerden biridir. Tedavi edilemeyen işitme kayıplılar için işitme cihazları, çevresel sesleri duyulur hale getirerek konuşmanın anlaşılmasına yardımcı olur ve kullanıcıların hayat kalitesini artırır (49).

İşitme kayıplı bireyin rehabilitasyon sürecinin ilk basamağı amplifikasyon sistemlerinin kullanımınıdır. Basit bir tanımla işitme cihazları, sesleri toplayan ve yükselterek kulağına yollayan teknolojik ürünlerdir. Birçok işitme cihazı türü vardır ancak çalışma prensipleri aynıdır (50).

İşitme cihazları çoğu konuda hastaları memnun etmeyi başarmış olsa da bazı konularda hala yeteriz kalabilmektedir. Özellikle sensorinöral tip işitme kayıplı hastalarda frekans çözümleme azalma ve gürültü algısındaki bozulmalar hastaların konuşmayı anlamasını zorlaştırmaktadır (51). Bu hasta popülasyonunda karşılaşılan bir diğer sorun ise gürültüde konuşmayı anlamadır (52). Geleneksel işitme cihazları, yönlü mikrofonlar ve gürültü azaltma algoritmaları dahil olmak üzere gelişmiş sinyal işlemeyi kullanarak gürültüde konuşmayı anlama gibi birçok sorununu çözmeye çalışmaktadır.

4.7. Yapay Zeka

Yapay zeka insan zekasının yapabileceği işleri bilgisayar sistemlerinin yapmasını sağlayan bilgi işlem süreçleridir. 1960-1970 dönemlerinde yapay zeka, hesaplamalar yapabilen, kompleks matematik problemleri çözebilen, elektronik veri transferi yapabilen bir bilgisayar sistemi olarak görülüyordu (53). 1980-1990 yıllarında ise risk değerlendirme ve karar verme kabiliyetleri olan sistemler haline dönüştü. 2000'li yıllarda ise bilgisayarların hesaplama potansiyellerinin gelişmesi ile verileri özetleyerek filtreleyen, öğrenen, bu verileri kullanarak yorum yapan ve karar verebilen nitelikler kazandığı görülmektedir (54). Son yıllarda ise yapay zeka, görsel ve ses tanıma gibi sadece insana özel olduğu düşünülen görevlere odaklanmıştır.

Yapay zeka teknolojisinin dönüm noktası, öğrenme sürecinin makinelerde mümkün olup olmayacağına araştırılması olmuştur. 1950'li yıllardan önce bu soru örtük olarak sorulmaya başlanmış olsa da bu arayışın ilk göstergeleri Alan M. Turing'in, "Makineler düşünebilir mi? sorusunu dikkate almayı öneriyorum." cümlesiyle açıkça ortaya konmuştur (55). Bu soru Türkiye' de ilk defa 1959 senesinde Ord. Prof. Cahit Arf tarafından, Atatürk Üniversitesi'nin bir konferansında "Makine düşünebilir mi ve nasıl düşünebilir?" başlıklı makalesi ile dile getirilmiştir.

4.7.1. Makine Öğrenmesi

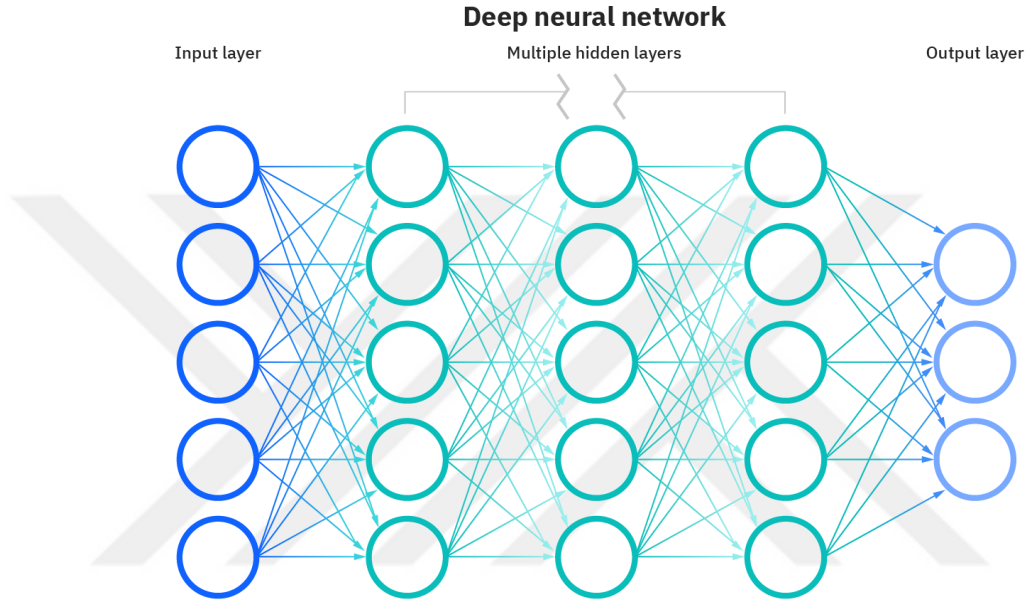
Makine öğrenmesi, verileri açıkça programlamadan deneyimden otomatik öğrenme ve geliştirme yeteneği sağlayan ve sorun çözmek için tahmine dayalı modeller oluşturan yapay zeka uygulamasıdır. Makine öğrenmesi tüm bunları yaparken bilgisayar algoritmalarını ve analitiğini kullanmaktadır (56).

Teknolojinin ilerlemesiyle insan beyninin yapısı ve işlevinden ilham alan algoritmalarla ilgilenen, makine öğreniminin alt kümesi derin sinir ağları teknolojisi ortaya çıkmıştır.

4.7.1.1. Derin Sinir Ağları (Deep Neural network-DNN)

Derin sinir ağları (DNN), makine öğrenmesinin daha genel disiplini altında belirli bir algoritma sınıfıdır. Makine öğreniminde büyük miktarda veri sisteme girilir

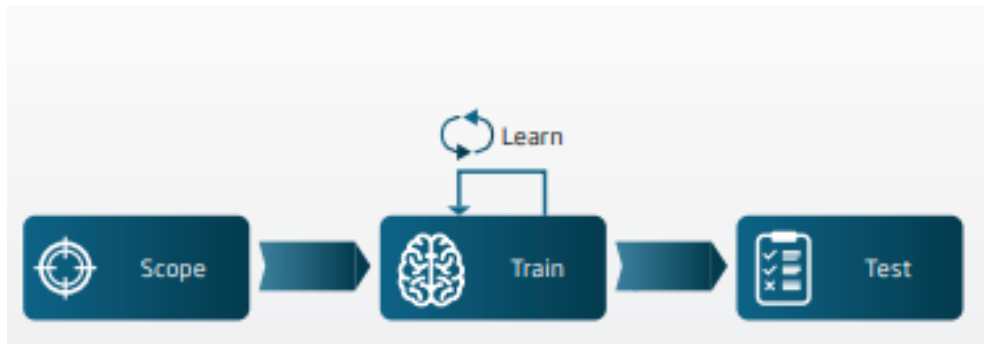
ve daha sonra bunlardan öğrenebilecek yeni bir sistem geliştirilir. DNN ise, insan beyninin çalışma mekanizmasından ilham alarak geliştirilmiştir (57). Sinir ağları, büyük miktarda bilgi arasında kalıplar bulmaya çalışır ve bu kalıpları, insan beyninin yaptığına benzer şekilde tanımlar ve çözer. Sinir ağları bağlamında nöron adı verilen temel bir birim vardır. Bu nöronun görevi, insan beynindeki bir nöron gibi, bilgi almak, depolamak ve bu bilgiyi bir sonraki nörona aktarmaktır (58).



Şekil 4.7.1.1.1.: Derin sinir ağları çalışma prensibi (59)

4.8. İşitme Cihazlarında Derin Sinir Ağları Teknolojisi

Genel olarak, DNN'nin geliştirilmesi 3 temel aşama gerektirir: Kapsam, Eğitim ve Öğrenme, Test.



Şekil 4.8.1.: Derin sinir ağları geliştirme aşamaları (59)

4.8.1. Kapsam

Bu süreçte, bir işitme cihazının sorunu kapsar ve işitme cihazı kullanıcılarına ne sunmak istenildiği tanımlanır. Bu amaçla, işitme engelli dinleyicilerin beyindeki yönlendirme (orient) ve odaklama (focus) aşamalarını daha iyi destekleyen iyi bir sinirsel kod oluşturulur. Bu şekilde kullanıcıların tam ses sahnesine (full sound scene) erişimlerinin sağlanması amaçlanmıştır (60). Konuşma uyarısı dinamiktir ve süreklilik gösterir. Gürültü ise sadece perde ve tempoda değil, zaman içindeki değişimleri farklı olabilen, kimi zaman kesintili kimi zaman süreklilik gösteren bir uyarıdır. Bu nedenle, bu tür dinamik farklı sinyallerle başa çıkma konusunda uzmanlaşmış bir sinir ağı tasarlanmıştır. Bu sinir ağında insan beynini taklit eden kapılı tekrarlayan hücre (Gated Recurrent Unit-GRU) ve uzun-kısa süreli bellek (Long-Short Term Memory -LSTM) mekanizmaları mevcuttur. LSTM mekanizması bilgiyi depolamak ve gerekli durumlarda kullanmak görevini üstlenirken, GRU bu süreçte bir aksama olursa geriye dönme işlemini üstlenmektedir (59).

Bellek, bilgiyi kodlama, depolama ve saklama becerisi olarak tanımlanmaktadır (61). Bellek, zaman içinde korunabilen bir bilgi depolama sistemi biçimidir. LSTM ve GRU'lar bu prensiple çalışır. Buradaki amaç, ağın bilgiyi kendisine aktarmasını sağlayarak zamanla sinir ağını birbirine bağlamaktır (59). Sonuç olarak, sadece seslerin tek bir anda sahip olduğu farklı özellikleri değil, aynı zamanda bu ses özelliklerinin zaman içinde nasıl değiştiğini de tanıyan bir algoritma meydana gelir.

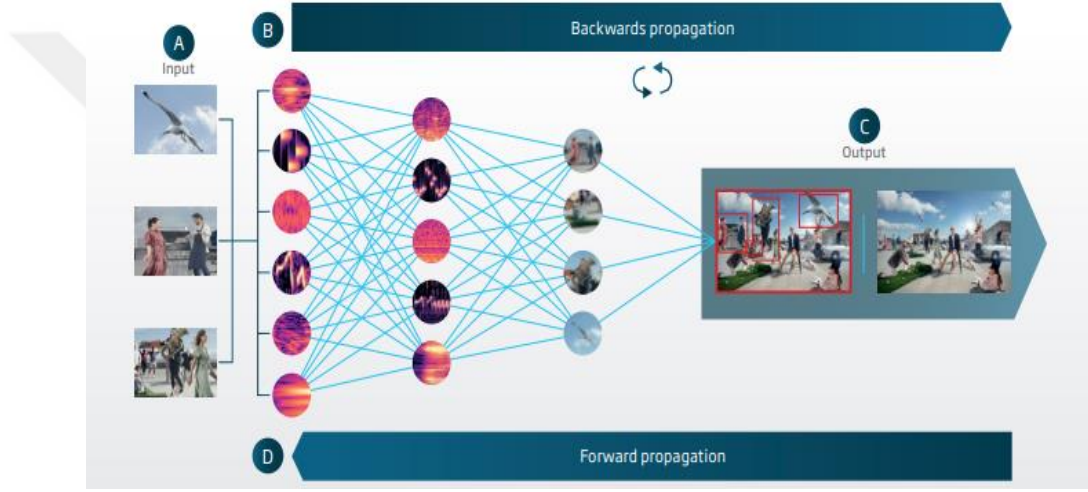
DNN işitme cihazında, bir giriş katmanından, işlemenin görünmediği gizli katmanlardan ve sonuca ilişkin bir çıkış katmanından oluşur. Giriş ve çıkış katmanları, 24 işleme kanalına karşılık gelen 24 nörondan oluşur (59).

4.8.2. Eğitim ve öğrenme

Bu aşamanın amacı DNN'yi tasarlandığı görevi çözebilecek derecede eğitmektir. Eğitim için çok fazla veri gereklidir. Bu veriler, dinleyicilerin günlük yaşamlarında maruz kalacakları çok çeşitli dinleme ortamlarında kaydedilmiştir. DNN'ye mekansal

olarak doğru ve ayrıntılı bir ses sahnesi sağlamak ve eğitmek için 360 derece ses yakalayabilen özel bir küresel mikrofon kullanılmıştır (59).

Eğitim süreci dört adımda gerçekleşir: Giriş, ileri yayılım, çıkış ve geri yayılım (Şekil 4.8.2.1). Giriş adımı sırasında, toplanan veriler sisteme girilir. Nöronlar girilen veriler hakkında bilgi alır ve bunları depolar. Daha sonra, ileri yayılım sürecinde her bir nöron bilgiyi bir sonraki katmana aktarır. Bazı işlemler sonucunda çıktı oluşur. Bununla birlikte, tıpkı yeni bir beceriyi ilk kez öğrenen herkes gibi, DNN de hatalar yapar. Sistem hatayı fark ettiği zaman geri yayılım yaparak tekrar işler. Bu süreç doğru sonuca varana dek devam etmektedir (62).



Şekil 4.8.2.1.: Derin sinir ağları eğitim süreci (59)

4.8.3. Test

DNN tam olarak geliştirilebilmesi için, eğitim aşamasında daha önce maruz kalmadığı verilerle nasıl performans gösterdiği test edilmektedir. DNN'ler çok çeşitli uygulamalara sahiptir ve bunları kullanan yazılımlar, özellikle güvenlik açısından kritik alanlarda kapsamlı bir şekilde test edilmelidir (63).

Geleneksel işitme cihazı teknolojisi, özellikle arka plan gürültüsünün sorun olmadığı sessiz ortamlarda kullanıcıları memnun edebilmektedir. Ancak, özellikle sensorinöral işitme kayıplı bireylerin en belirgin şikayeti gürültüde konuşma seslerini duyabilmeleri, ancak anlayamamalarıdır. Ne yazık ki, geleneksel işitme cihazları bazı akustik bilgileri sınırlama ve azaltma eğilimindedir. Bunun için, akustik sinyali kişinin

işitme eşiği ile rahatsız olma eşiği arasında tutan sıkıştırma yöntemleri kullanılmaktadır (64). Bu yöntem yararlı bir fikir gibi görünse de, nöral kodun genel kalitesini ve miktarını azaltmaktadır (65).

Yapay zeka teknolojisi günümüzde kullanılan birçok teknolojik alette kullanıldığı gibi işitme cihazlarında da yerini almaktadır. Geleneksel işitme cihazlarında karşılaşılan kullanıcı sorunlarına yepyeni bir çözüm sağlayacağı düşünülmektedir (66). DNN, yapay zeka dünyasındaki en gelişmiş işlemcilerdir. İşitme cihazlarında, DNN teknolojisi daha yüksek ses kalitesi, gelişmiş sinyal-gürültü oranı, gürültüde konuşmanın daha iyi anlaşılması, daha iyi hatırlama ve daha fazlasını vaat etmektedir (67). Piyasada bulunan iki büyük şirketin yapay zeka tabanlı işitme cihazları bulunmaktadır. Bunlardan derin sinir ağı teknolojisine sahip olan işitme cihazı Oticon markasının More serisidir (Smorum, Denmark).

5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 08.02.2022 tarihli, 240 karar numarası ile onaylanmıştır. Testler, gerekli izinler alınarak 25.03.2022-22.05.2022 tarihleri arasında Medipol Mega Hastanesi Odyoloji kliniğinde gerçekleştirildi (Bkz. Ek 4). Tüm katılımcılara testlerin amacı ve süresi ile ilgili bilgiler verilerek gönüllü katılım formu imzalatıldı (Bkz. Ek 1).

5.1. Katılımcılar

Bilateral simetrik, hafiften orta-ileri dereceye kadar sensorinöral tipte işitme kaybına sahip, 25-60 yaş aralığında 16 kadın 24 erkek olmak üzere 40 kişi çalışmaya dahil edildi. 20 katılımcının işitme cihazı deneyimi bulunurken, 20 katılımcının işitme cihazı deneyimi bulunmamaktadır.

5.1.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- 25-60 yaş arasında olmak
- Bilateral hafif, orta, orta-ileri dereceli işitme kayıplı olmak
- Simetrik, sensorinöral tipte işitme kayıplı olmak
- %60'dan fazla konuşmayı ayırt etme skoruna sahip olmak

5.1.2. Çalışmadan dışlanma kriterleri

- Herhangi bir kulakta iletim veya mikst tipi işitme kaybının bulunması
- Tek taraflı işitme kaybının olması
- İşitme eşiklerinin veya konuşmayı anlama skorlarının simetrik olmaması
- Bilateral işitme kayıplı olup tek tarafta işitme cihazı kullanılıyor olması
- Testleri uygulamaya engel olabilecek fiziksel veya emosyonel durum bulunması

5.2. Yöntem

Çalışmamıza katılan tüm bireylerin otoskopik muayeneleri, saf ses odyometri, konuşma odyometri ve zamansal çözünürlük testleri yapıldı. Odyolojik değerlendirmeler sonucunda çalışmaya dahil edilme kriterlerine uygun olan bireyler işitme cihazı uygulamasına alındı. İşitme cihazı fittingleri gerçek kulak ölçümleri gerçekleştirilerek yapıldı.

Piyasada bulunan yapay zeka tabanlı işitme cihazlarından derin sinir ağı teknolojisine sahip tek marka Oticon'dur. Bu nedenle çalışmamızda kullanılacak cihazlar bu markadan temin edildi. Çalışmamızda iki farklı kulak arkası işitme cihazı kullanıldı. Bu cihazlardan biri derin sinir ağı teknolojisine sahip Oticon More1 miniRITE iken, diğer cihaz bu teknolojiye sahip olmayan Oticon Opn S1 miniRITE idi. Oticon More1 işitme cihazı 64 kanal 24 banttandır, Opn S1 işitme cihazı 64 kanal 16 banttandır. Bu cihazlar derin sinir ağı teknolojisine haricinde diğer teknik özellikleri birbirine yakın olduğu için tercih edildi. Testlerde işitme cihazlarının birbirine en benzer özellikleri taşıyabilmesi için her iki cihazda gürültü azaltma kapalı, tam direksiyonel mod, NAL-NL2 kazanç algoritması tercih edildi. Her hastanın işitme kaybına ve kulak kanalına uygun dome tercihi yapıldı. Her bir katılımcıya iki farklı işitme cihazı ayrı ayrı ayarlandı. İki işitme cihazı ayarlamasında da aynı hoparlör (85-hoparlör) ve dome kullanıldı. İşitme cihazı ayarlaması gerçekleştirildikten sonra her iki cihazla; serbest alan işitme değerlendirmesi ve zamansal testler (Frekans Patern Testi, Süre Patern Testi, Gürültüde Boşluk Tespit Etme Testi) gerçekleştirildi. İşitme cihazsız ve iki ayrı işitme cihazlı ortamda gerçekleştirilen test sonuçları detaylıca değerlendirildi.



Oticon More1 miniRITE



Oticon Opn S1 miniRITE

Şekil 5.2.1.: Çalışmada kullanılan işitme cihazları

5.3. Odyolojik Değerlendirme

5.3.1. Saf ses odyometri testi

Katılımcıların işitme kayıplarının çalışmamızın dahil edilme kriterlerine uygunluğunu saptamak amacıyla saf ses odyometri testi gerçekleştirildi. Interacoustics AC40 cihazı, TDH-39 supra-aural kulaklık kullanıldı. Her bir kulağın 125-8000 Hz arasında dokuz hava yolu ve 500-4000 Hz arasında beş kemik yolu işitme eşikleri tespit edildi. Tüm katılımcıların 500-4000 Hz aralığındaki işitme eşiklerinin ortalaması alınarak saf ses hava yolu ortalaması saptandı ve Clark (1981) sınıflandırmasına uygun şekilde işitme kayıpları sınıflandırıldı.

5.3.2. Konuşma odyometrisi

Konuşma odyometrisi değerlendirmesinde konuşmayı alma eşiği (KAE), konuşmayı anlama skoru (KAS), en rahat ses seviyesi (MCL), rahatsız olma seviyesi (UCL) testleri uygulandı. SRT testi için üç heceli fonetik dağılımlı kelimeler, KAS skorunu saptamak için tek heceli fonetik dengeli kelimeler kullanıldı.



Şekil 5.3.2.1.: Interacoustics AC40 klinik odyometre

5.4. Zamansal İşlemlerin Değerlendirilmesi

Katılımcılara test sırası gözetilmeksizin Frekans Patern Test (FPT), Süre Patern Test (SPT), Gürültüde Boşluk Tespit Etme Testi (GIN) uygulandı. Her test arasında

katılımcıların da istekleri doğrultusunda dinlenme süresi verildi. Çalışmada kullanılan zamansal işleme testleri Praat 6.0.33 uygulaması ile oluşturuldu. Uyarın parametrelerinin belirlenmesinde Musiek ve ark. yöntemi takip edildi. Oluşturulan testler, masaüstü bilgisayar AC40 cihazına bağlandı ve sesler odyometrenin hoparlöründen sunularak gerçekleştirildi. Testler serbest sahada dinleyicilerin rahat dinleme seviyesinde yapıldı. Katılımcılar hoparlörün tam karşısında ve 1 metre mesafe olacak şekilde konumlandırıldı. Serbest alanda yapılan zamansal işleme testleri, her katılımcıda işitme cihazsız ve iki ayrı işitme cihazı takılıyken olmak üzere üç ayrı koşulda yapıldı.



Resim 5.4.1.: Serbest alan testlerinin gerçekleştirildiği kabin

5.4.1. Frekans patern pesti (FPT)

Katılımcıların zamansal sıralama becerilerini değerlendirmek amacıyla frekans patern testi uygulandı. FPT, bir masaüstü bilgisayarına yüklendi ve bilgisayarın klinik odyometre bağlantısı ile serbest alanda sessiz kabin içerisinde gerçekleştirildi. Dinleyici, hoparlörden uzaklığı 1 m ve hoparlör açısı 0° olacak şekilde konumlandırıldı. Test esnasında katılımcılara frekans bakımından farklılık gösteren üçerli setler halinde sinyaller sunuldu. Bu sinyallerden yüksek frekanslı olan ses ince (İ), alçak frekanslı olan ses kalın (K) olarak ifade edildi. Katılımcılardan duydukları sesleri sırasıyla sözel olarak ifade etmeleri istendi. (Örneğin; Kalın-İnce-Kalın gibi).

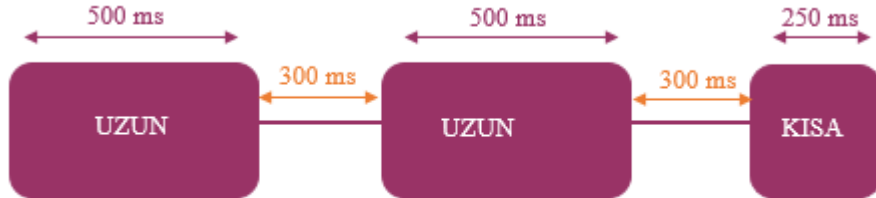
Sinyaller üçerli setler halinde 30 defa, en rahat dinleme seviyesinde sunuldu. Katılımcıların uyarılara verdiği doğru cevaplara göre bir sonuç yüzdesi hesaplandı.



Şekil 5.4.1.1.: Frekans patern test uyarı örneği

5.4.2. Süre patern testi (SPT)

Zamansal sıralama becerisini değerlendirmek amacıyla süre patern testi yapıldı. Bir masaüstü bilgisayara yüklenen SPT, klinik odyometre cihazına bağlandı. Test, serbest alanda sessiz kabinde gerçekleştirildi. Dinleyiciler hoparlörden 1m uzaklık ve 0° azimutta konumlandırıldı. Katılımcılara süre bakımından değişkenlik gösteren üçerli setler halinde sinyaller sunuldu. Bu sinyallerden uzun olan ses (U), kısa olan ses (K) dinleyicilere tanıtıldı ve duydukları sırayla sözel olarak ifade etmeleri istendi. (Örneğin; Uzun-Uzun-Kısa). Sinyaller en rahat dinleme seviyesinde, üçerli setler halinde 30 defa sunuldu. Verilen cevaplara göre bir sonuç yüzdesi hesaplandı.



Şekil 5.4.2.1.: Süre patern test uyarı örneği

5.4.3. Gap in noise test (GIN)

Katılımcıların zamansal çözünürlük becerilerini değerlendirmek amacıyla gürültüde boşluk tespit etme testi uygulandı. GIN, klinik odyometre ile verilen bir kompakt disk kaydından oluşmaktadır. Test, katılımcıların 6 saniyelik bir beyaz gürültü içerisine yerleştirilmiş boşlukları tespit etmesine dayanır. Bu boşluklar 2-20 ms (2,3,4,5,6,8,10,12,15,20) arasında değişkenlik göstermektedir. Bu on farklı milisaniye testte 6'şar defa kullanılmaktadır. Toplamda 60 tane boşluk bulunmaktadır. Bir gürültü segmentinin içerisinde en fazla 3 en az 0 boşluk mevcuttur (68).

Test dinleyiciye en rahat ses seviyesinde uygulandı. Dinleyicilerden boşlukları fark ettikleri an parmakları ile göstermeleri veya sözel olarak ifade etmeleri istendi. Testte iki farklı skor hesaplandı. Bunlar; boşluk tespit etme eşiği ve genel yüzde puanıdır. Boşluk tespit etme eşiği, 6 adet boşluktan en az 4 tanesini fark edebildiği milisaniye olarak bulundu. Genel yüzde puanı ise 60 adet boşluktan kaç tanesini fark edebildiğine göre hesaplandı.

5.5. Gerçek Kulak Ölçümleri (Real Ear Measurement-REM)

Çalışmaya dahil edilen her katılımcının işitme cihazlı ve işitme cihazsız gerçek kulak ölçümleri Interacoustics Affinity 2.0 cihazı ile gerçekleştirildi. Her iki işitme cihazı ayarlamasında kullanılan parametreler aynı olacak şekilde seçildi ve işitme cihazlarının ek özellikleri (gürültü baskılama vs.) kapatıldı.

Fittinge başlarken odyometrik bilgiler sisteme girildi. Her iki işitme cihazı ayarlamasında NAL-NL2 kazanç algoritması seçildi. İlk olarak prob tüp kalibrasyonu yapıldı. Daha sonra hastaların dış kulak kanalı otoskop yardımıyla incelendi. Prob tüp ışıklı çubuk yardımıyla hastaların kulak zarına 5 mm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirildi. Katılımcılar REM cihazının tam karşısına uygun mesafede konumlandırıldı. Öncelikle hastalarda işitme cihazı dış kulak kanalına takılı değilken gerçek kulak ölçümü yapıldı. Bu ölçüm esnasında pembe gürültü (pink noise) kullanıldı. Hemen ardından hastalara iki işitme cihazı ayrı ayrı takılarak işitme cihazlı yanıtlar 55, 65 ve 85 dB seviyesinde ölçüldü. Üç seviyede de belirlenen hedef, NAL-NL2 kazanç eğrilerine ulaşana kadar işitme cihazı ayarlamasına devam edildi. İşitme

cihazlı gerçek kulak ölçümleri yapılırken uluslararası konuşma testi sinyali (ISTS-International Speech Test Signal) kullanıldı.



şekil 5.5.1.: Interacoustics Affinity 2.0 REM cihazı



Resim 5.5.1.: Gerçek kulak ölçümü yapılan oda

5.6. İşitme Cihazlı Serbest Alan Değerlendirmesi

Farklı teknolojilere sahip iki işitme cihazı hastalara ayrı ayrı takıldı. Serbest sahada, hoparlörün tam karşısında 1m uzaklıkta oturan katılımcıların 500-4000 Hz arası oktav frekanslarda warble ton uyaran kullanılarak cihazlı işitme eşikleri saptandı. Zamansal işleme testleri en rahat dinleme seviyesinde yapıldığı için her bir katılımcının MCL seviyeleri belirlendi.

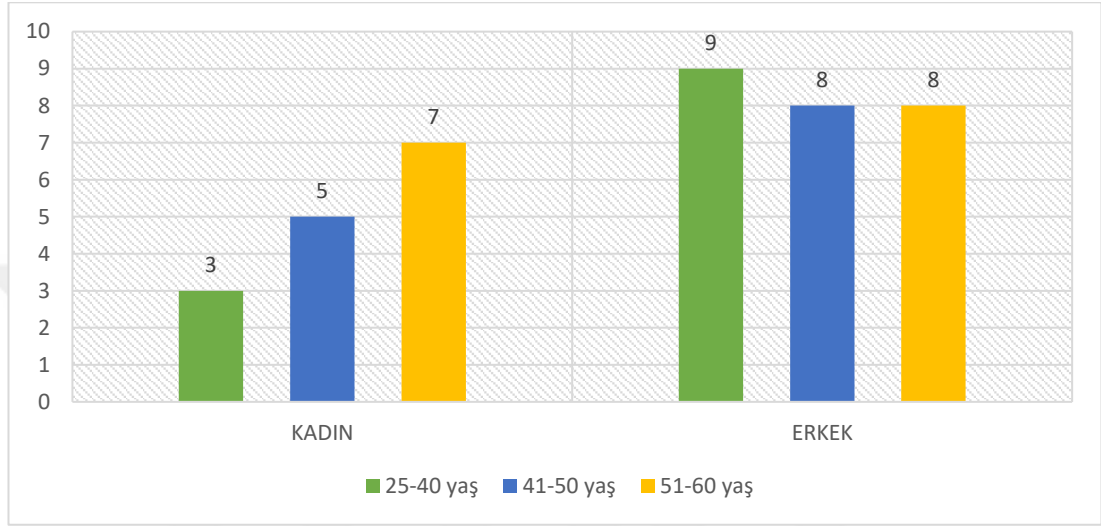
5.7. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızın veri analizi, “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Version 20.00 (SPSS inc., Chicago, IL, USA) istatistik programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistik bilgilerde ortalama ve standart sapma ($Ort \pm SS$) değerler hesaplandı. Tüm analiz sonuçlarında istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edildi.

İşitme cihazına deneyimli olan ve olmayan gruptaki katılımcı sayıları 30’dan az olduğu için normallik incelemesi yapılmaksızın fark analizi için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Bu analizde fark olmadığı saptandığı için bu iki grup tek bir grup olarak varsayıldı. İki cihaz ve işitme cihazsız test sonuçları arasındaki fark analizi, normal dağılım gösterdiği takdirde tek yönlü Anova, verilerin normal dağılım göstermediği durumlarda Kruskal-Wallis, kullanılarak yapıldı. Ayrıca, değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için veriler normal dağılım gösterdiği takdirde Pearson Korelasyon, değişkenler normal dağılım göstermezse Spearman Korelasyon analizi yapıldı.

6. BULGULAR

Bu bölümde çalışmamızda uygulanan testlerin sonucu ve elde edilen bulgular tablolar ile gösterilmektedir. Çalışmamıza 40 kişi dahil edilmiştir. Bireylerin demografik özellikleri Şekil 6.1.'de gösterildi.



Şekil 6.1.: Katılımcıların demografik bilgileri

Şekil 6.1.'de çalışmamıza dahil edilen 40 kişinin 15'inin kadın, 25'inin erkek olduğu görülmektedir. Kadın katılımcılardan 3 tanesi 25-40 yaş grubunda, 5 tanesi 41-50 yaş grubunda, 7 tanesi 51-60 yaş grubunda idi. Erkek katılımcılardan ise, 9'u 25-40 yaş grubunda, 8'i 41-50 yaş grubunda, 8'i 51-60 yaş grubundadır.

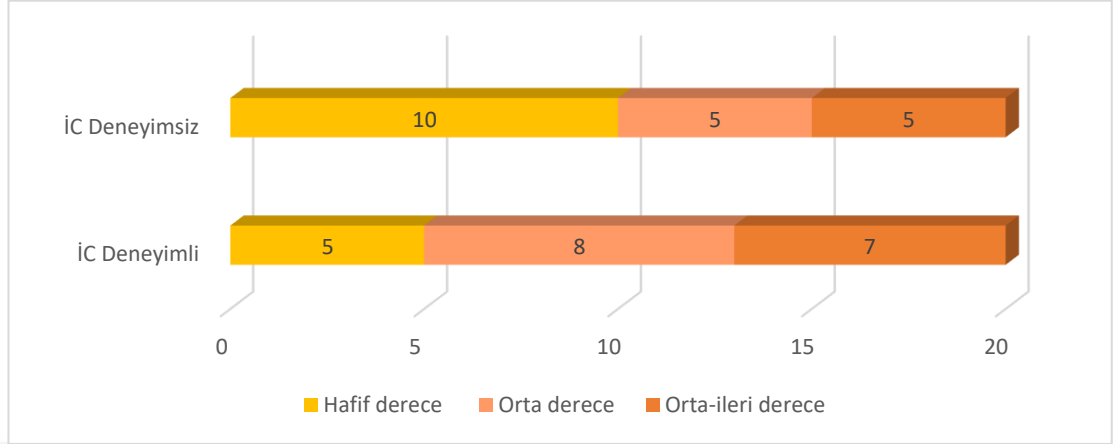
Katılımcıların sağ/sol kulak için saf ses hava ve kemik yolu ortalamaları ile konuşmayı ayırt etme skorları (KAS) Tablo 6.1.'de gösterildi.

Tablo 6.1.: Katılımcıların saf ses odyometri test sonuçları

		Ort±SS	Min	Max
Sağ Kulak	Hava yolu SSO	45,32±11,28	28	68
	Kemik yolu SSO	41,27±11,29	20	65
	KAS(%)	74,50±7,34	60	88
Sol Kulak	Hava yolu SSO	44,67±10,63	29	68
	Kemik yolu SSO	40,82±10,74	22	68
	KAS(%)	74,90±5,87	60	84

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, SSO: Saf ses ortalaması, KAS: Konuşmayı ayırt etme skoru

Çalışmamıza dahil edilen katılımcıların işitme cihazı deneyimi ve işitme kaybı dereceleri Şekil 6.2.'de gösterildi.



Şekil 6.2.: İşitme cihazı deneyimli ve deneyimsiz gruplardaki işitme kaybının dereceleri

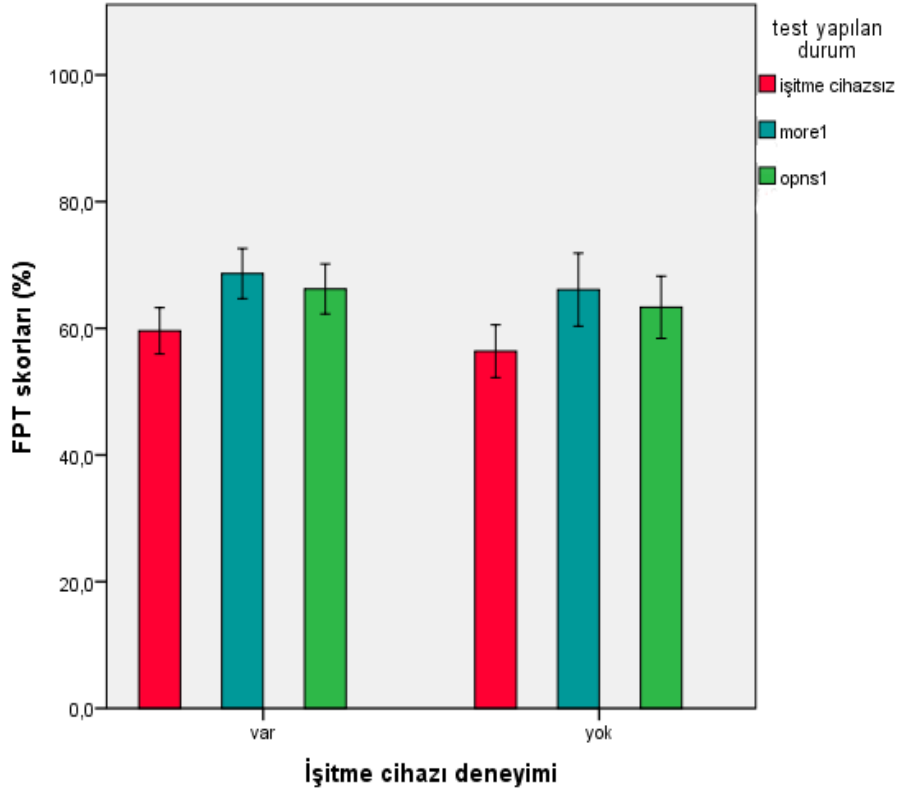
İşitme cihazı deneyimine göre Frekans Patern Test (FPT) sonuçları Tablo 6.2.'de gösterildi.

Tablo 6.2.: İşitme cihazı deneyimine göre FPT sonuçlarının karşılaştırılması

	İC deneyimi	N	Ort	Min	Max	SS	p
FPT işitme cihazsız	var	20	59,3	50,0	70,3	7,5	0,251
	yok	20	56,5	43,9	73,6	9,4	
FPT More1	var	20	65,6	53,8	83,5	7,8	0,361
	yok	20	69,2	40,3	83,5	12,6	
FPT OpnS1	var	20	63,0	50,0	78,7	7,7	0,313
	yok	20	66,6	43,9	80,2	11,0	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum, More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı, FPT: Frekans patern testi

Tablo 6.2.'yi incelediğimizde işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler arasında her üç koşulda da FPT sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p=0,251>0,05$, $p=0,361>0,05$, $p=0,313>0,05$). Bu nedenle işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler FPT sonuçları değerlendirilirken tek bir grup olarak ele alındı.



Şekil 6.3.: İşitme cihazı deneyimine göre FPT ortalamaları

İşitme cihazı deneyimine göre Süre Patern Test (SPT) sonuçları Tablo 6.3.'de gösterildi.

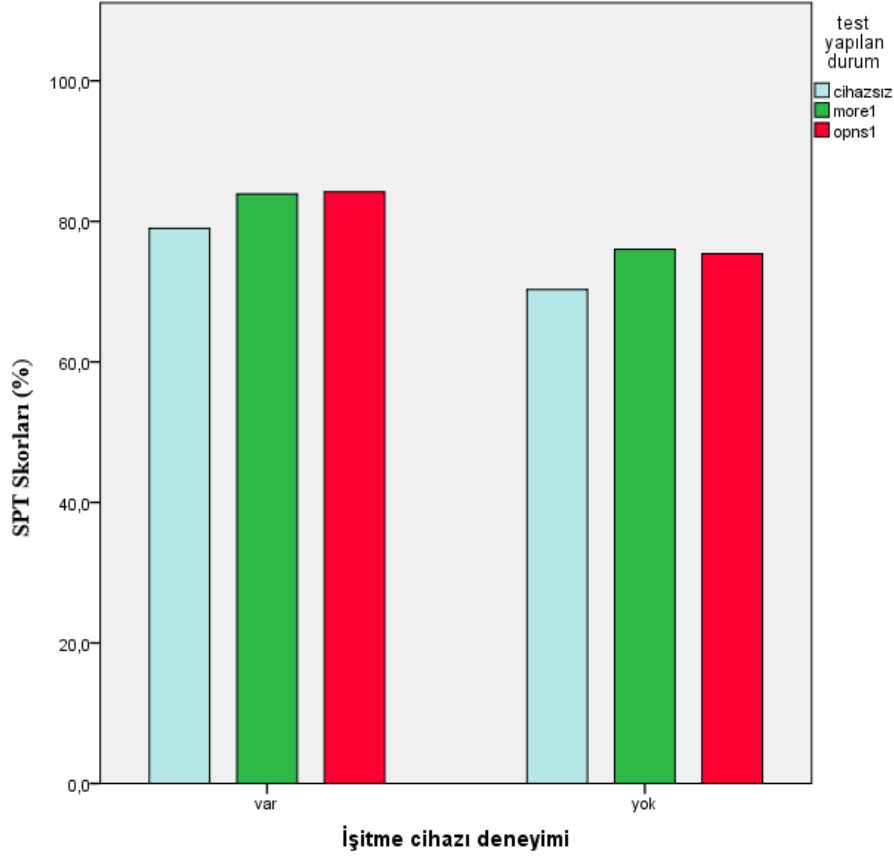
Tablo 6.3.: İşitme cihazı deneyimine göre SPT sonuçlarının karşılaştırılması

	İC deneyimi	N	Ort	Min	Max	SS	p
SPT işitme cihazsız	var	20	78,1	53,8	96,7	12,9	0,150
	yok	20	70,8	43,9	93,4	14,5	
SPT More1	var	20	82,6	60,4	96,7	10,6	0,211
	yok	20	77,3	46,2	96,7	13,5	
SPT OpnS1	var	20	82,7	57,1	96,7	12,3	0,313
	yok	20	76,9	42,9	100,0	14,3	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum, More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı, SPT: Süre patern testi

Tablo 6.3.'ü incelediğimizde işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler arasında her üç koşulda da SPT sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir

farklılık gözlenmedi ($p=0,150>0,05$, $p=0,211>0,05$, $p=0,313>0,05$). Bu nedenle işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler SPT sonuçları değerlendirilirken tek bir grup olarak ele alındı.



Şekil 6.4: İşitme cihazı deneyimine göre SPT ortalamaları

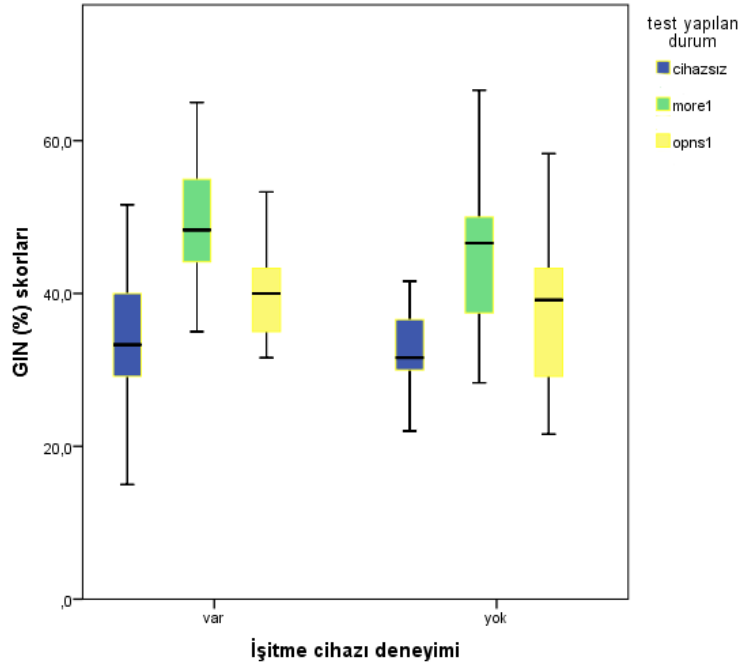
İşitme cihazı deneyimine göre Gürültüde boşluk tanıma testi (Gap In Noise-GIN) sonuçları Tablo 6.4.'de gösterildi.

Tablo 6.4.: İşitme cihazı deneyimine göre GIN test sonuçlarının karşılaştırılması

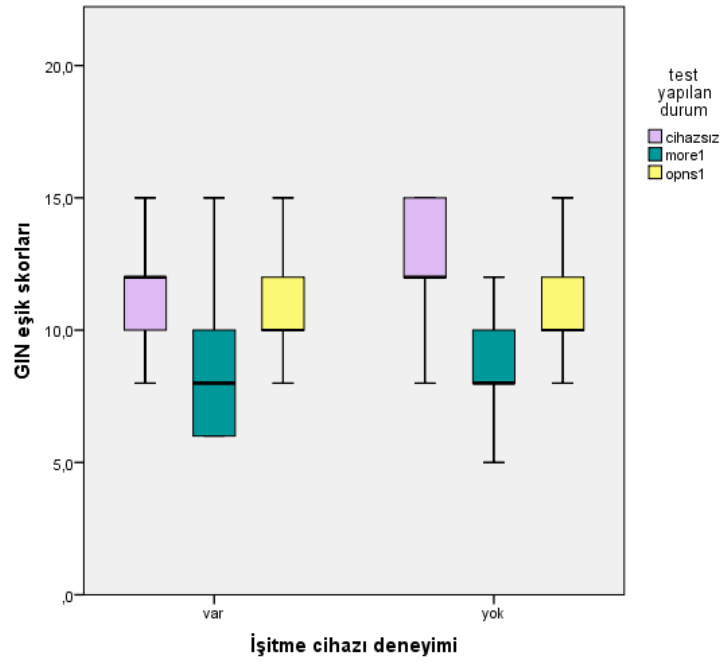
	İC deneyimi	N	Ort	Min	Max	SS	p
GIN % işitme cihazsız	var	20	33,8	15,0	51,6	9,1	0,559
	yok	20	32,2	20,0	51,6	7,6	
GIN % More1	var	20	48,2	25	65,0	9,5	0,357
	yok	20	45,5	28,3	66,6	9,6	
GIN % OpnS1	var	20	40,8	20,0	56,6	12,9	0,179
	yok	20	37,1	21,6	56,6	14,5	
GIN eşik işitme cihazsız	var	20	12,0	8,0	20,0	2,7	0,205
	yok	20	12,8	8,0	20,0	2,5	
GIN eşik More1	var	20	8,4	6,0	15,0	2,2	0,283
	yok	20	9,0	5,0	12,0	2,1	
GIN eşik OpnS1	var	20	10,4	6,0	15,0	2,0	0,377
	yok	20	10,9	6,0	15,0	2,1	

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maksimum, More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı, GIN: Gap In Noise test

Tablo 6.4.'ü incelediğimizde işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler arasında her üç koşulda da GIN (%) sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p=0,559>0,05$, $p=0,357>0,05$, $p=0,179>0,05$). Bu nedenle işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler GIN(%) sonuçları değerlendirilirken tek bir grup olarak ele alındı. Ayrıca işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler arasında her üç koşulda da GIN eşik sonuçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p=0,205>0,05$, $p=0,283>0,05$, $p=0,377>0,05$). Bu nedenle işitme cihazı deneyimi olan ve olmayan kişiler GIN eşik sonuçları değerlendirilirken tek bir grup olarak ele alındı.

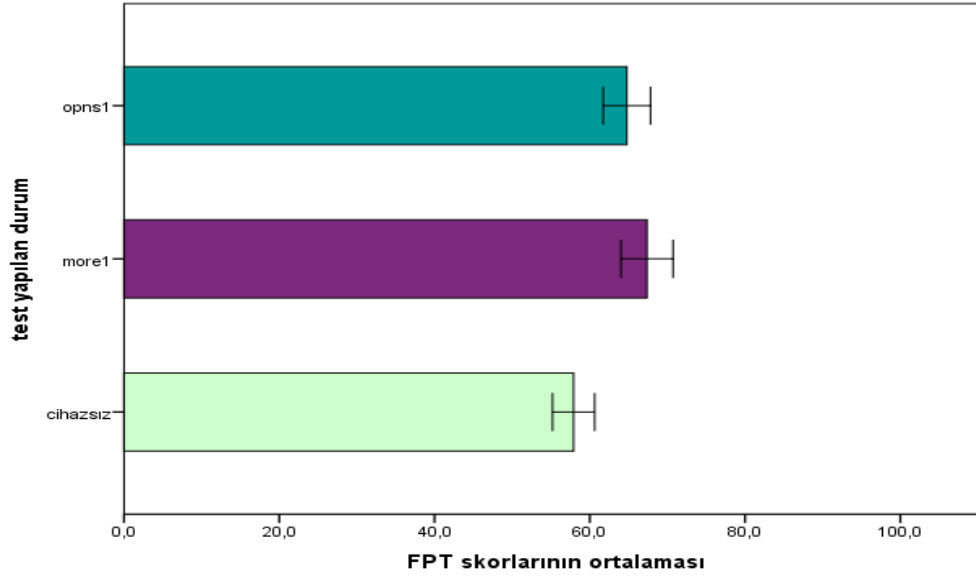


Şekil 6.5.:İşitme cihazı deneyimine göre GIN test (%) ortalamaları



Şekil 6.6.: İşitme cihazı deneyimine göre GIN test eşik ortalamaları

İşitme cihazsız, yapay zeka teknolojisi olan (More1) ve olmayan işitme cihazı (OpnS1) takılı iken yapılan FPT skor ortalamaları Şekil 6.7.'de gösterildi.



Şekil 6.7.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken FPT sonuçlarının ortalamaları

İşitme cihazsız yapılan FPT ortalaması $57,9 \pm 8,4$, More 1 cihazla yapılan FPT ortalaması $67,3 \pm 10,5$, OpnS1 cihazla yapılan FPT ortalaması $63,3 \pm 9,5$ idi.

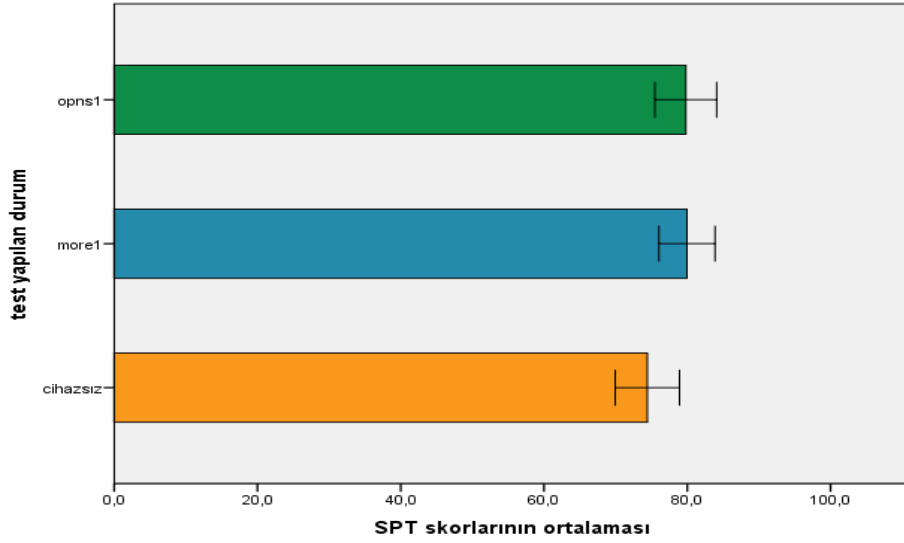
Tablo 6.5.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken FPT sonuçlarının karşılaştırılması

n=40		p
İşitme cihazsız	More1	0,000**
	OpnS1	0,003**
More1	İşitme cihazsız	0,000**
	OpnS1	0,480
OpnS1	İşitme cihazsız	0,003**
	More1	0,480

**p<0,01, *p<0,05, Games-Howell. More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı

Tablo 6.5. incelendiğinde işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojili İC takılı iken FPT test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlendi ($p=0,00<0,01$). Ayrıca işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojisi bulunmayan İC takılı iken de FPT test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlendi ($p=0,003<0,01$). Ancak iki farklı İC takılı iken yapılan FPT sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmedi.

Bir katılımcıda işitme cihazsız, yapay zeka teknolojisi olan (More1) ve olmayan işitme cihazı (OpnS1) takılı iken yapılan SPT skor ortalamaları Şekil 6.8.'de gösterildi.



Şekil 6.8.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken SPT sonuçlarının ortalamaları

İşitme cihazsız yapılan SPT ortalaması $74,4 \pm 14,0$, More 1 cihazla yapılan SPT ortalaması $79,9 \pm 12,2$, OpnS1 cihazla yapılan SPT ortalaması $79,7 \pm 13,4$ idi.

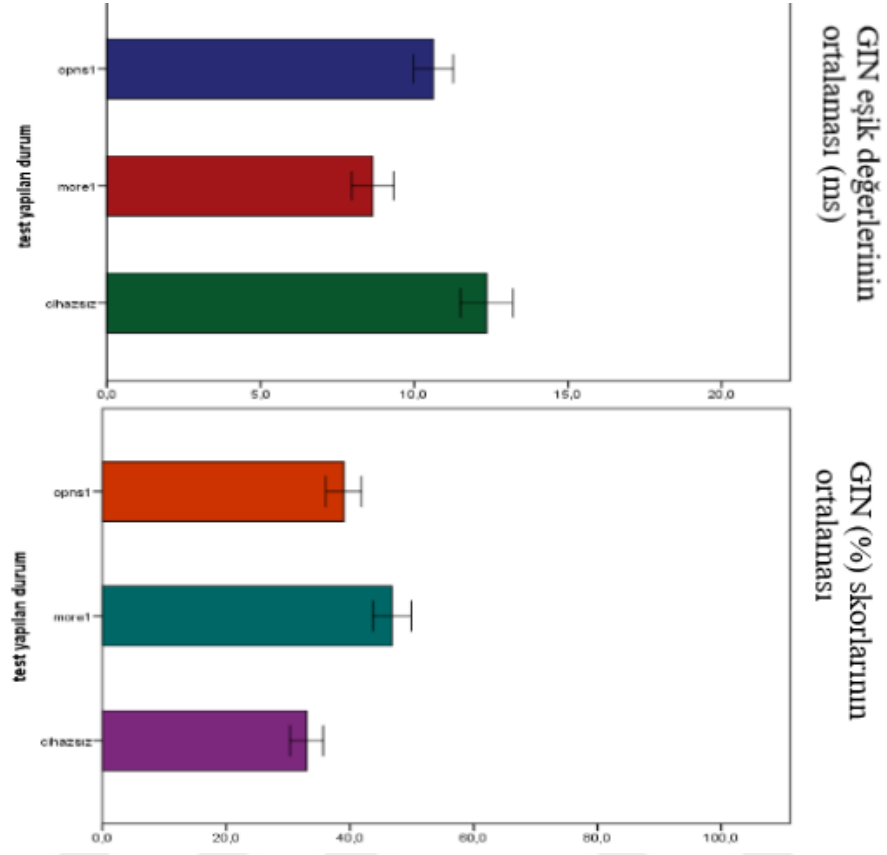
Tablo 6.6.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken SPT sonuçlarının karşılaştırılması

n=40		p
İşitme cihazsız	More1	0,153
	OpnS1	0,196
More1	İşitme cihazsız	0,153
	OpnS1	0,998
OpnS1	İşitme cihazsız	0,196
	More1	0,998

*p<0,05, Games-Howell. More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı

Tablo 6.6. incelendiğinde üç koşulda da SPT test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi.

Bir katılımcıda işitme cihazsız, yapay zeka teknolojisi olan (More1) ve olmayan işitme cihazı (OpnS1) takılı iken yapılan GIN test ortalamaları Şekil 6.9'da gösterildi.



Şekil 6.9.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN test sonuçlarının ortalamaları

İşitme cihazsız yapılan GIN (%) ortalaması $33,0 \pm 8,3$, More 1 cihazla yapılan GIN (%) ortalaması $46,8 \pm 9,5$, OpnS1 cihazla yapılan GIN (%) ortalaması $38,9 \pm 8,9$ idi. İşitme cihazsız yapılan GIN eşik ortalaması $12,3 \pm 2,6$, More 1 cihazla yapılan GIN eşik ortalaması $8,6 \pm 2,1$, OpnS1 cihazla yapılan GIN eşik ortalaması $10,6 \pm 2,7$ ms idi.

Tablo 6.7.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN (%) test sonuçlarının karşılaştırılması

		n=40	p
GIN (%)	İşitme cihazsız	More1	0,000**
		OpnS1	0,010*
	More1	İşitme cihazsız	0,000**
		OpnS1	0,000**
	OpnS1	İşitme cihazsız	0,010*
		More1	0,000*

**p<0,01, *p<0,05, Tukey HSD. More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, OpnS1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı, GIN: Gap In Noise test

Tablo 6.7. incelendiğinde işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojili İC takılı iken GIN(%) test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlendi ($p=0,00<0,01$). Aynı zamanda işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojisi bulunmayan İC takılı iken GIN(%) test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlendi ($p=0,01$). Ayrıca iki farklı İC takılı iken yapılan GIN(%) sonuçları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttu ($p=0,00<0,01$).

Tablo 6.8.: İşitme cihazsız ve iki farklı cihaz takılı iken GIN (eşik) test sonuçlarının karşılaştırılması

	n=40		p
GIN eşik	İşitme cihazsız	More1	0,000**
		Opns1	0,004**
	More1	İşitme cihazsız	0,000**
		Opns1	0,000**
	Opns1	İşitme cihazsız	0,004**
		More1	0,000**

** $p<0,01$, * $p<0,05$, Games-Howell. More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı, Opns1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı, GIN: Gap In Noise test

Tablo 6.8. incelendiğinde işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojili İC takılı iken GIN test eşik sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlendi ($p=0,00<0,01$). Aynı zamanda işitme cihazsız ve yapay zeka teknolojisi bulunmayan İC takılı iken GIN (%) test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcuttu ($p=0,004<0,01$). Ayrıca iki farklı İC takılı iken yapılan GIN (%) sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ($p=0,00<0,01$).

Katılımcılara işitme cihazsız yapılan testlerle işitme kaybı dereceleri arasındaki ilişki Tablo 6.9.'da gösterildi.

Tablo 6.9.: İşitme cihazsız yapılan zamansal işleme testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	İ.k derecesi	1,000				
2	Cihazsız FPT	,072	1,000			
3	Cihazsız SPT	,127	,096	1,000		
4	Cihazsız GIN (%)	-,030	,183	,107	1,000	
5	Cihazsız GIN eşik	-,087	-,214	-,223	-,920**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi, İ.k: İşitme kaybı derecesi

Tablo 6.9. incelendiğinde işitme cihazsız yapılan zamansal işleme test sonuçlarının işitme kaybının derecesiyle ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

Katılımcılara yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçları ile işitme kaybı dereceleri arasındaki ilişki Tablo 6.10.'da gösterildi.

Tablo 6.10.: Yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	İ.k derecesi	1,000				
2	More1 FPT	,120	1,000			
3	More1 SPT	,294	,466*	1,000		
4	More1 GIN (%)	,106	,304	,377*	1,000	
5	More1 GIN eşik	-,128	-,315*	-,404*	-,934**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi, İ.k: İşitme kaybı, More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı

Tablo 6.10. incelendiğinde yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçlarının işitme kaybının derecesiyle ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

Katılımcılara yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçları ile işitme kaybı dereceleri arasındaki ilişki Tablo 6.11.'de gösterildi.

Tablo 6.11.: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme testleri ile işitme kaybı derecesinin korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	İ.k derecesi	1,000				
2	Opns1 FPT	,003	1,000			
3	Opns1 SPT	,292	,286	1,000		
4	Opns1 GIN (%)	,056	,233	,321*	1,000	
5	Opns1 GIN eşik	-,106	-,236	-,387*	-,908**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi, İ.k: İşitme kaybı, Opns1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı

Tablo 6.11. incelendiğinde yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçlarının işitme kaybının derecesiyle ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

Katılımcılara işitme cihazsız yapılan zamansal işleme testleri ile yaş grubu arasındaki ilişki Tablo 6.12.'de gösterildi.

Tablo 6.12.: İşitme cihazsız yapılan zamansal işleme testlerinin yaş grubu ile korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	Yaş grubu	1,000				
2	Cihazsız FPT	-,144	1,000			
3	Cihazsız SPT	-,119	,096	1,000		
4	Cihazsız GIN (%)	-,185	,183	,107	1,000	
5	Cihazsız GIN eşik	,149	-,214	-,223	-,920**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi

Tablo 6.12. incelendiğinde işitme cihazsız yapılan zamansal işleme test sonuçlarının yaş grubuyla ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

Katılımcılara yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçları ile yaş grubu arasındaki ilişki Tablo 6.13.'de gösterildi.

Tablo 6.13.: Yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme testlerinin yaş grubu ile korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	Yaş grubu	1,000				
2	More1 FPT	-,237	1,000			
3	More1 SPT	,204	,466*	1,000		
4	More1 GIN (%)	-,123	,304	,377*	1,000	
5	More1 GIN eşik	,158	-,315	-,404*	-,934**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi, More1: Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı

Tablo 6.13. incelendiğinde yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçlarının yaş grubuyla ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

Katılımcılara yapay zeka teknolojili işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçları ile işitme kaybı dereceleri arasındaki ilişki Tablo 6.14.’de gösterildi.

Tablo 6.14.: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme testlerinin yaş grubu ile korelasyon¹ tablosu

No	Değişkenler (r)	1	2	3	4	5
1	Yaş grubu	1,000				
2	Opns1 FPT	-,135	1,000			
3	Opns1 SPT	-,251	,286	1,000		
4	Opns1 GIN (%)	-,111	,233	,321*	1,000	
5	Opns1 GIN eşik	-,155	-,236	,387*	-,908**	1,000

1: Spearman korelasyon, FPT: Frekans Patern Test, SPT: Süre Patern Test, GIN: Gürültüde Boşluk Tanıma Testi, Opns1: Yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı

Tablo 6.14. incelendiğinde yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazı takılı iken yapılan zamansal işleme test sonuçlarının yaş grubuyla ilişkisi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi.

7. TARTIŞMA

Zamansal işleme, işitsel işleminin içerisinde yer alan önemli bir süreçtir. Green D. M. tarafından “sınırlanmış ya da belirlenmiş zamansal alan içerisinde sesin ya da sesteki değişimin algılanması” olarak tanımlanmaktadır (37). Zamansal işleme yeteneğinin işitme cihazı kullanıcılarında konuşmayı algılama becerisi üzerindeki etkisi farklı metodoloji kullansalar da birçok çalışma ile ortaya konmuştur (69) (70). Lopez-Poveda işitme cihazlı konuşma anlaşılabilirliğinin zamansal işleme yetenekleri iyi olan işitme cihazı kullanıcıları için daha iyi olma eğiliminde olduğunu belirtmiştir (71).

Konuşmayı anlama becerisi yalnızca işitme eşiklerine bağlı bir süreç değildir. Zamansal işleme, kişilerin nasıl işittiği konusunda bir fark yaratır ve konuşmayı anlamak için son derece önemlidir (72). Konuşma sinyallerindeki zarf modülasyonunu tespit etme yeteneği konuşmayı anlamak için önem taşır. Bununla birlikte iyi bir konuşma algısı için, uyarıların zaman içindeki değişen farklılıklarını takip etme becerisi de yeterince iyi olmalıdır. Bu bahsedilen beceriler zamansal işleme becerisinin temelini oluşturmaktadır (73). Aynı zamanda işitsel zamansal işleme, hece, fonem ve vurgu kalıplarıyla birlikte fonolojik farkındalığın saptanması ve ayırt edilmesi için önemlidir (30). Zamansal çözünürlük, zamansal işleminin altında yatan ayrı bir süreçtir ve genellikle gürültüde boşluk tespit etme becerisi ile değerlendirilmektedir. Boşluk tespit etme becerisinin ise gürültüde konuşmayı anlama ile ilgili olduğu düşünülmektedir (74).

İşitme kaybı önemli tıbbi, sosyal ve finansal zorluklara neden olan yaygın bir nöro-duyusal bozukluktur. Özellikle sensorinöral tip işitme kayıplı hastalar, frekans çözümlemede azalma ve gürülük algısındaki bozulmalar nedeniyle konuşmayı anlamada zorluk çekmektedir. Bu hasta popülasyonunda en sık karşılaşılan bir diğer şikayet ise gürültüde konuşmayı anlamada yaşanan zorluktur. Sensorinöral tip işitme kaybı, birçok işitsel mekanizmaya olumsuz etkisi olduğu gibi işitsel zamansal işleme becerilerinde de düşüşe neden olabilmektedir (75). Konuşma algısı ve gürültüde konuşmayı algılama becerisi tek bir mekanizma ile açıklanamayacak kadar karmaşık olduğu gibi bu becerilerdeki azalma birçok duyusal ve bilişsel nedene bağlı

olabilir. Bu nedenlerden biri olan zamansal işleme becerilerindeki azalma, sensorinöral işitme kayıplı bireylerin karşılaştığı sorunlar ile ilişkilendirilebilmektedir (76).

Özellikle sensorinöral işitme kaybı bulunan ve bu sorunları yaşayan kişiler için akla gelen ilk çözüm işitme cihazı uygulamasıdır. İşitme cihazları temelde, sesleri duyulabilir hale getirmek ve işitme kayıplı bireylerin yaşam kalitesini arttırmak için üretilen elektronik cihazlardır. Odyolojik açıdan bakıldığında ise işitme kayıplı bir bireyin işitsel rehabilitasyonun en önemli basamağı olarak kabul edilir (77). İşitme cihazlarında sürekli geliştirilen yeni teknolojiler ile kullanıcıların şikayetlerine çözüm yolları aranmaktadır. Bu sektörde son yıllardaki en önemli yenilik yapay zeka ile üretilen işitme cihazları olmuştur. Yapay zekayı işitme cihazlarında kullanmanın temel faydası, gerçek hayatta karşılaşılan durumların karmaşıklığını yalnızca laboratuvar deneylerine dayalı tahminler ile değil, kural tabanlı, onaylanmış çözümler aracılığıyla ele almaktır. Yapay zeka, tüm işleme seçeneklerinden aynı anda en iyi çözümü belirlemek için paralel işleme kullanır. Karar verme, hangi çözümün en iyi konuşma-gürültü oranını sağladığına bağlıdır (78). Yapay zeka teknolojisinin işitme cihazlarına uygulanması, karmaşık, problem çözücü algoritmalar aracılığıyla yeni odyolojik çözümlerin uygulanmasına olanak tanır. Bu teknolojinin en gelişmiş işlemcisi olan derin sinir ağları, insan beyninin çalışma prensibini taklit ederek üretilmiştir. Derin sinir ağları, bir karara vardıklarında kendi kendilerini kontrol ederler. Girdi veri seti arttıkça çıktı girdiye karşı sürekli olarak doğrulanmaktadır. Benzer şekilde, yaşayan bir insan beynindeki derin sinir ağları için önceden belirlenmiş veya önceden verilmiş talimatlar yoktur. İnsan beyni çok büyük miktarda gelen veriyi (duyusal deneyimi) alır ve zamanla öğrenme gerçekleşir (6).

Derin sinir ağları teknolojisinin işitme cihazı sektöründe yerini alması ile birlikte odyolojide yeni bir araştırma konusu ortaya çıkmıştır. Bu teknolojinin işitme cihazlarındaki geçmişi birkaç yıla dayandığı için literatürde ilgili konuda çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar ise gürültüde konuşmayı algılamaya yardımcı, derin sinir ağları kullanılarak geliştirilen algoritmalar üretmek üzerinde yoğunlaşmaktadır. Piyasada bulunan ve kullanıcılara yeni bir çözüm önerisi olarak sunulan yapay zeka teknolojisi ile üretilen işitme cihazlarının değerlendirilmesine ilişkin araştırma literatürde henüz bulunmamaktadır. Çalışmamızın motivasyonu bu

alandaki araştırmaların bulunmamasına dayanmaktadır. Bu amaçla, derin sinir ağları teknolojisi ile üretilen Oticon More1 işitme cihazı, zamansal işleme testleri kullanılarak değerlendirildi. Zamansal işleme becerisi, sensorinöral işitme kaybı bulunan kişilerin en sık karşılaştığı problemlerle ilişkili olabileceği düşünölmektedir (76).

Çalışmamızda kullanılan testler, zamansal sıralama ve zamansal çözünürlük becerilerini değerlendiren FPT, SPT ve GIN testleri idi. Bu testler zamansal işleme becerilerini değerlendirmede en sık kullanılan yöntemler olduğu için tercih edildi (79) (39). Davranışsal zamansal testlerin uygulanmasında katılımcılara testin nasıl yapılacağı konusunda yeterli bilginin verilmemesi durumunda düşük cevap skorları elde edilir ve dolayısıyla yanlış bir uygulama ortaya çıkar (80). Bu nedenle çalışmamızda testlere başlamadan önce katılımcılara sözel olarak test anlatıldı ve her testten önce alıştırma amaçlı birkaç test uyararı sunuldu. Alıştırma uyarılarına verilen cevaplar genel puanlamaya dahil edilmedi.

7.1. Sensorinöral İşitme Kayıplı Bireylerin Zamansal İşleme Becerilerinin Değerlendirilmesi

Önce, sensorinöral işitme kaybı bulunan katılımcıların işitme cihazı takılı değil iken zamansal işleme becerileri değerlendirildi. Burada amaç, literatürde daha önce normal işiten bireyler ile bu testler kullanılarak yapılan çalışmalarla karşılaştırılması idi. Böylelikle çalışma grubundaki sensorinöral işitme kayıplı kişilerde zamansal işleme becerilerinde azalmanın olup olmadığı gözlenebildi. Çalışmamıza hafif dereceden orta-ileri dereceye kadar bilateral sensorinöral tip işitme kaybı bulunan 40 birey dahil edildi. Katılımcıların işitme cihazsız FPT ortalamaları 57,9, SPT ortalamaları 74,4, GIN test ortalamaları 33,0 iken; boşluk tespit etme eşiği ortalaması 12,4 ms elde edildi (Tablo 6.2, Tablo 6.3 ve Tablo 6.4).

Musiek'e göre FPT için erişkin bireylerde normal kabul edilen ortalama değer %75'tir (35). Gürses ve ark. yaptığı çalışmada normal işiten yetişkin bireylerde SPT puan ortalamasının %82,52 olduğu belirtilmiştir (81). GIN test için ise normal değerler; boşluk tespit etme eşiğinde 6 ms ve daha kısa süreler olup, genel yüzde puanı için %54 ve daha yüksek puanlardır (40). Yeral ve ark., 20-55 yaş aralığında normal

işiten 52 katılımcı ile yaptıkları çalışmada normal değerlerin FPT için ortalama %78, SPT için %92,11, GIN test için %61,22 ve boşluk tespit etme eşiği için ortalama 6,3 ms olduğunu bildirmişlerdir (82).

Literatürdeki çalışmalar ile çalışmamızdaki puanlar karşılaştırıldığında sensorinöral işitme kaybı bulunan katılımcılarımızın özellikle frekans patern ve gürültüde boşluk tespit etme testlerindeki puanlarının normal işiten kişilerden daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Musiek ve Pinheiro yaptıkları çalışmada normal işiten ve koklear işitme kaybı bulunan kişilerin FPT puanlarını karşılaştırılmış; koklear işitme kayıplı bireylerin nispeten normal işiten kişilerden daha düşük skorlar elde ettiği bildirmişlerdir (48). Bir diğer çalışmada sensorinöral işitme kaybı bulunan kişilerin boşluk algılama eşiğinin normal işiten kişilerden oldukça düşük elde edildiği rapor edilmiştir (45). Tüm bu sonuçlar, çalışmamızda sensorinöral işitme kaybı bulunan kişilerde gözlemlediğimiz düşük zamansal işleme becerilerini doğrular niteliktedir.

7.2. İşitme Cihazı Deneyimi İle Zamansal İşleme Becerileri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Çalışmamıza katılan 40 işitme kayıplı bireyin 20'si işitme cihazı kullanıcısı iken 20'sinin henüz işitme cihazı deneyimi yoktu. Bu deneyim farkının işitme cihazlı testlere avantaj veya dezavantaj oluşturup oluşturmadığını saptamak için test sonuçlarımız arasındaki farkı inceledik. İşitme cihazı ile yapılan zamansal işleme test sonuçlarını cihaz deneyimine göre değerlendiren farklı çalışmalar incelenmiştir.

Pinheiro ve ark. yaptığı çalışmada, işitme cihazı deneyimi ile işitme cihazlı zamansal işleme test sonuçları arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür (83). Gürses ve ark., kemiğe implante işitme cihazı kullanıcıları ile yaptıkları çalışmada, zamansal işleme becerileri ile cihaz deneyim süresi arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını belirtmişlerdir (84). Ayrıca işitme cihazından sağlanan memnuniyetin test sonuçlarımıza da etki edebileceği düşünülmüştür. Bu nedenle literatürdeki işitme cihazı memnuniyeti ve sağlanan fayda ile ilgili farklı araştırma sonuçları incelenmiştir. Williams ve ark. işitme cihazı deneyimi olmayan 30 ve deneyimi bulunan 34 kişi ile yaptığı çalışmada, memnuniyetin deneyime bağlı anlamlı

farklılık göstermediğini raporlamışlardır (85). Bununla birlikte Horwitz ve Turner, yaptıkları çalışmada cihaz deneyiminin artması ile memnuniyetin de artacağını bildirmişlerdir (86).

Çalışmamızda, Tablo 6.2.'de gösterildiği gibi FPT puanları için deneyimli olan ve olmayan katılımcılar arasında üç koşulda da (işitme cihazsız, yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı ve diğer işitme cihazı) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Tablo 6.3. incelendiğinde SPT puanları için deneyimli olan ve olmayan katılımcılar arasında tüm koşullarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Tablo 6.4.'de gösterildiği gibi GIN test puanları için de deneyimli ve deneyimsiz katılımcılar arasında tüm koşullarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Ancak gözleme dayalı olarak, çalışmamızda işitme cihazı deneyimi bulunan katılımcıların her üç teste de adaptasyon sürelerinin cihaz deneyimi bulunmayan katılımcılara göre daha kısa olduğu söylenebilir.

7.3. İşitme Cihazlı ve İşitme Cihazsız Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki Farkın Değerlendirilmesi

İşitme kayıplı bireyler için cihaz kullanımının, bilişsel ve sosyal açıdan birçok faydası olduğu gibi zamansal işleme becerisi üzerinde de etkisinin olduğu bilinmektedir. Kim ve ark. yaptığı çalışmada işitme cihazı kullanımının zamansal işleme becerileri üzerine etkisini gözlemlemek amacıyla katılımcıları FPT ve SPT ile değerlendirmişlerdir. 26 katılımcı ile yapılan bu çalışmada işitme cihazı kullanımının test sonuçlarında anlamlı artışa neden olduğu görülmüştür (87). Topçu ve ark. iletim tipi işitme kayıplılarda işitme cihazı kullanımının zamansal işleme becerisine etkisini gözlemlemek için yaptığı çalışmada, katılımcılara SPT, FPT ve GIN testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, bilateral işitme cihazlı test puanlarının her üç testte de daha yüksek olduğu gözlenmiştir (88).

Çalışmamızda sensorinöral işitme kayıplı katılımcılarımıza, işitme cihazsız, yapay zeka teknolojisi bulunan ve bu teknoloji bulunmayan işitme cihazlı olarak üç ayrı koşulda FPT, SPT, GIN test uygulandı. Tablo 6.5, Tablo 6.7 ve Tablo 6.8'de gösterildiği üzere her iki işitme cihazlı FPT ve GIN test sonuçları, işitme cihazsız sonuçlardan istatistiksel olarak anlamlı yüksek bulundu ($p<0,01$). SPT puan

ortalamaları da işitme cihazlı test sonuçları lehineydi ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 6.6.) ($p>0,05$). SPT puanlarında işitme cihazlı ve cihazsız anlamlı fark bulunmaması, katılımcılarımızın işitme cihazsız test skorlarının literatürde belirtilen normal değerlerin çok altında olmamasına bağlandı.

7.4. Derin Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Literatürde bulunan zamansal işleme testleri ile yapılan çalışmalardan farklı olarak, bizim çalışmamızda derin sinir ağları teknolojisi bulunan işitme cihazları da kullanıldı. Derin sinir ağları teknolojisi bulunan ve bu teknoloji bulunmayan işitme cihazlı test skorları arasında FPT ve SPT puanları için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$) (Tablo 6.5 ve Tablo 6.6). Bununla birlikte FPT puan ortalaması derin sinir ağları teknolojisi bulunan işitme cihazlı skorlar lehineydi (Tablo 6.2). Yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazları ile zamansal sıralama becerileri değerlendirilen çalışmalar bulunmadığı için literatürle karşılaştırma yapılamadı. Zamansal çözünürlük becerisini değerlendiren GIN test, hem yüzde skoru hem de eşik değeri için derin sinir ağları teknolojisi bulunan ve bulunmayan işitme cihazlı skorlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdi ($p<0,01$) (Tablo 6.7 ve Tablo 6.8). Derin sinir ağları ile üretilen işitme cihazı ile yapılan testlerde skorlar anlamlı derecede daha iyi bulundu. Literatürde zamansal çözünürlük becerisi genellikle gürültüde konuşmayı anlama ile ilişkilendirilir. Bu nedenle, yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazları ile gürültüde konuşmayı anlamayı değerlendiren çalışmalar incelendi ve aşağıda karşılaştırıldı.

Park ve ark. derin sinir ağı öğrenmesi ile gürültü azaltma algoritmaları geliştirdikleri çalışmada, bu teknoloji ile geliştirilen algoritmanın geleneksel işitme cihazı algoritmasına göre önemli ölçüde gelişme gösterdiğini belirtmişlerdir (89). Benzer şekilde Healy ve ark. büyük bir gürültü seti kullanılarak eğittikleri derin sinir ağı tabanlı gürültüde konuşmayı anlama algoritmalarının, anlaşılabilirliği önemli ölçüde artırabileceğini göstermişlerdir (90). Yin ve ark. derin sinir ağı tabanlı bir algoritma geliştirdikleri çalışmada, gürültüde konuşma tanımayı değerlendirmişlerdir. Temel mekanizması farklı gürültüleri tek başına veya çoklu halde derin sinir ağlarına

öğretmek olan çalışma, derin sinir ağ tabanlı algoritmanın gürültüde kelime tanımda önemli performans artışı sağladığını göstermiştir (91). Bu çalışmaların sonuçları derin sinir ağı kullanılarak üretilen işitme cihazının zamansal çözünürlük becerisine nasıl fayda sağladığını tam olarak açıklayamasa da bize bunun ile ilgili dolaylı yoldan ipuçları verdiği düşünüldü.

7.5. İşitme Kaybı Derecesi ile Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

İşitme kaybının zamansal işleme becerilerini etkilediğini belirten çalışmaların bazıları, işitme kaybının derecesi ile zamansal işleme becerilerinin ilişkisini de araştırmışlardır. Varas ve Watson sensorinöral işitme kaybı bulunan 16 katılımcı ile yaptıkları çalışmada, işitme kaybının derecesi ile zamansal işleme becerileri arasındaki ilişkiyi incelemiştirler. Frekans paterni tanıma ve uyaranlar arası süre paternlerini tanımayı değerlendirdikleri çalışmada, işitme kaybı derecesinin bu beceriler ile bir ilişkisinin olmadığını raporlamışlardır (92). Tyler ve ark. işitme kaybının zamansal işleme becerilerine etkisini incelemek için katılımcıların boşluk algılama eşiğini değerlendirmiştir. Normal işiten 16 ve işitme kayıplı 16 bireyin dahil edildiği çalışmada, işitme kayıplı bireyler ve normal işiten kişilerin zamansal çözünürlük becerileri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ayrıca işitme kaybı derecesi ile zamansal çözünürlük becerileri arasında zayıf da olsa bir ilişki gözlenmiştir (93).

Çalışmamızda 15 katılımcıda hafif derecede, 13 katılımcıda orta derecede, 12 katılımcıda orta-ileri derecede sensorinöral işitme kaybı mevcuttu. İşitme kaybı derecesi ile işitme cihazsız, yapay zeka teknolojili işitme cihazlı ve diğer işitme cihazlı zamansal çözünürlük test sonuçları arasındaki ilişki ayrı ayrı incelendi. Hiçbir koşulda işitme kaybı derecesi ile zamansal işleme becerileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon gözlenmedi (Tablo 6.9, Tablo 6.10 ve Tablo 6.11). Çalışmamızın ve ilgili literatürdeki çalışmaların sonuçlarının farklı olması, dahil edilen bireyler arasındaki farklı kişisel özelliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü zamansal işleme becerisinin yaş, eğitim durumu, bilişsel beceriler gibi birçok farklı faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebildiği belirtilmektedir (94).

7.6. Yaş Grupları ile Zamansal İşleme Test Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Araştırmalar, doğal yaşlanma sürecinin bir parçası olarak farklı işitsel işleme becerilerini içeren görevlerde performans düşüşü olabileceğini belirtmektedir. Ancak ilgili literatürdeki çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. İşitsel işlemedeki azalma ve yaşlanma arasında köklü bir ilişki bulunmaktadır. Buna rağmen yaş etkisinin bozulan işitsel işleme performansını etkileyen ana faktör olduğunu belirlemek, yaşlanma süreci ile birlikte yaşa bağlı işitme kaybı veya yaşa bağlı bilişsel gerileme gibi birçok kafa karıştırıcı faktörün bir arada bulunmasından dolayı bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır (95) (96).

Murphy ve ark. yaşa bağlı işitme kaybının işitsel işleme üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada dikotik test, frekans patern testi ve gürültüde konuşmayı anlama testlerini kullanmışlardır. 77 sensorinöral işitme kayıplı bireyin dahil edildiği çalışmada, yaş ile birlikte işitsel işlemedeki bozulmanın artacağını belirtilmektedir (97). Strouse ve ark. normal işiten 12 genç yetişkin ve 12 yaşlı bireyle yaptığı çalışmada, yaşlıların genç katılımcılara göre daha yüksek boşluk algılama eşiğine sahip olduklarını raporlamışlardır (98). Benzer şekilde Salant ve ark. işitme kayıplı, normal işiten genç ve yaşlı bireylerle yaptığı çalışmada, katılımcıların süre paterni tanıma ve boşluk tespit etme yeteneği değerlendirilmiştir. Yaşlı katılımcıların zamansal işleme testlerinde genç bireylere göre daha düşük performans gösterdiği kanıtlanmıştır (99). Bunun aksine, Fitzgibbons katılımcıların süre paterni tanıma ve boşluk tespit etme becerisini değerlendirdiği çalışmasında, yaşa bağlı zamansal işleme becerilerinin azaldığına dair bir sonuç elde etmemiştir (100). Kumar ve Sangamanatha yaşlanmayla birlikte zamansal işleminin azalıp azalmadığını araştırdıkları çalışmada, katılımcıların süre patern (SPT) ve boşluk tespit etme yeteneklerini değerlendirmişlerdir. 176 kişi ile gerçekleştirilen araştırmada, katılımcılar yaş gruplarına göre gruplara ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda 20-30 ve 30-40 yaş gruplarındaki genç bireylerin, daha yaşlı gruplara kıyasla tüm psikoakustik ölçümlerde önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Ayrıca zamansal işlemedeki bozulma, yaşamın dördüncü on yılından sonra başlamış ve 70 yaşından sonra bozulmanın hızlandığı raporlanmıştır (101).

Çalışmamızda 25-40 yaş aralığında 12, 41-50 yaş aralığında 13, 51-60 yaş aralığında 15 katılımcı bulunmaktaydı. Tüm koşullarda yapılan zamansal işleme test sonuçları ve yaş grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadı (Tablo 6.12, Tablo 6.13, Tablo 6.14). Zamansal işleme becerisine yaşı etkisinin olabileceğinin yanında birçok diğer faktörün de etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamızın sonucunun ek faktörlerin araştırılması açısından ilgili literatüre katkıda bulunabileceği düşünüldü.

7.7. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Öneriler

Katılımcı sayısının daha fazla tutulduğu çalışmalar ile değişkenler arasında ilişki bulunmayan durumlarda farklı sonuçlar elde edilebileceği öngörüldü. Buna ek olarak yaş grubu dağılımında işitme kaybı derecesine göre de yakın veya birbirine eş katılımcı bulundurulmasına dikkat edilmesinin, daha güvenilir sonuçlar oluşturabileceği düşünüldü.

İşitme cihazı kullanıcılarının en belirgin şikayeti gürültüde konuşmayı anlayamama sorunudur. Buna yardımcı farklı bir çözüm yolu olarak yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı düşünüldü. Gürültüde konuşmayı anlama becerisi bu çalışmada zamansal çözünürlük becerisinin değerlendirilmesi ile ilişkilendirildi. Test bataryası olarak, içinde kelime barındıran gürültüde konuşmayı anlamayı doğrudan değerlendiren bir testin kullanılmasının bu çalışmayı tamamlayıcı nitelikte olabileceği düşünüldü.

Çalışmamızda zamansal işleme becerisini değerlendirirken FPT, SPT ve GIN test kullanıldı. Daha kapsamlı sonuçlar için zamansal işleme becerisini ve işitsel işleme becerisini değerlendiren farklı test bataryalarının bulunduğu çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu çalışmalar daha kapsamlı yaklaşımlar geliştirmemize olanak sağlayabilir.

Çalışmamızda sensorinöral tip bilateral simetrik işitme kaybı bulunan katılımcılar dahil edildi. Bu gruptan daha farklı işitme kaybı türüne sahip katılımcılar ile yapılan çalışmalar ilgili literatüre katkı sağlayabilir.

8. SONUÇ

Çalışmamızda derin sinir ağı tabanlı bir işitme cihazı zamansal işleme testleri kullanılarak değerlendirildi. Kullandığımız yapay zeka teknolojili işitme cihazının, aynı markanın yapay zeka teknolojisi bulunmayan ancak teknik özellikler bakımından benzer bir işitme cihazı ile karşılaştırılması yapıldı. Ayrıca sensorinöral işitme kayıplı olan katılımcılarımızın işitme cihazsız zamansal işleme becerileri de değerlendirildi. İşitme kayıplı bireylerin, işitme cihazı deneyiminin olup olmasının testlerde avantaj veya dezavantaj oluşturup oluşturmadığını göstermek amacıyla da eşit sayıda deneyimli ve deneyimsiz katılımcı çalışmamıza dahil edildi.

Tüm değerlendirmeler sonucunda işitme cihazı deneyiminin işitme cihazlı yapılan zamansal işleme testlerine avantaj oluşturmadığını saptandı ($p>0,05$). Bu nedenle iki cihazın karşılaştırmasında deneyimli ve deneyimsiz gruplar tek bir grup olarak değerlendirildi. Kullandığımız testlerden FPT ve SPT’de yapay zeka teknolojisi bulunan ve yapay zeka teknolojisi bulunmayan işitme cihazları arasında anlamlı bir fark gözlemlenmedi ($p>0,05$). Bunun yanında GIN testte hem eşik hem yüzde değerlerinde iki cihaz arasında anlamlı bir farklılık mevcuttu ($p<0,05$). Sonuçlarımız yapay zeka teknolojisi bulunan işitme cihazı ile yaptığımız testlerde daha iyi skorlar olması eğiliminde idi.

Tüm bunlara ek olarak katılımcılarımız işitme kaybı derecesine ve yaş gruplarına göre gruplara ayrılıp zamansal işleme testleri ile korelasyonu incelendi. Ancak zamansal işleme becerilerinin iki işitme cihazı ile de hem yaş grubu hem de işitme kaybı derecesi ile anlamlı korelasyon göstermediği saptandı ($p<0,05$).

9. KAYNAKLAR

1. Davis AC, Hoffman HJ. Hearing loss: rising prevalence and impact. *Bull World Health Organ.* 2019 Oct 10;97(10):646.
2. Shinn JB, Musiek FE. Temporal processing: The basics. *Hear J.* 2003;56(7):52.
3. Helfer KS, Vargo M. Speech recognition and temporal processing in middle-aged women. *J Am Acad Audiol.* 2009;20(4):264–271.
4. Van Tasell DJ. Hearing Loss, Speech, and Hearing Aids. *J Speech Hear Res.* 1993;36(2):228–244.
5. Wolfgang K. Artificial Intelligence and Machine Learning: Pushing New Boundaries in Hearing Technology. *Hear J.* 2019 Mar 1;72(3):26–30.
6. Wang D. Deep learning reinvents the hearing aid. *IEEE Spectr.* 2017;54(3):32–37.
7. Meas SJ, Zhang CL, Dabdoub A. Reprogramming glia into neurons in the peripheral auditory system as a solution for sensorineural hearing loss: Lessons from the central nervous system. *Front Mol Neurosci.* 2018 Mar 14;11:77.
8. Rowe DP, O’Leary SJ. Auditory System, Peripheral. *Encycl Neurol Sci.* 2014 Jan 1;329–334.
9. Brister E, Agarwal A, Richter C-P. The Sensory Organ of Hearing. *Senses A Compr Ref.* 2020;18–31.
10. Kelsey L. Anbuhl, Kristin M. Uhler LAW and DJT. Early Development of the Human Auditory System. In: Richard A. Polin, Steven H. Abman WWF, editor. *Fetal and Neonatal Physiology.* 6.Baskı. Elsevier Inc.; 2011. p. 1440–1454.
11. Martin FN, Clark JG. *Introduction to Audiology.* 11th ed. Pearson Education; 2011;56-77.

12. Ricci AJ, Kachar B. Hair Cell Mechanotransduction: The Dynamic Interplay Between Structure and Function. *Curr Top Membr.* 2007;59:339–374.
13. Ehret G, Romand R. *The Central Auditory System.* New York: Oxford University Press; 1997. 6–47 p.
14. Winer JA, Schreiner CE. The central auditory system: A functional analysis. *Infer Colliculus.* 2005;1–68.
15. Møller AR. *Hearing : Anatomy, Physiology, and Disorders of the Auditory System.* 3.Baskı. San Diego: Plural Publishing; 2013;88-105.
16. Sanes DH, Walsh EJ. The Development of Central Auditory Processing. In: Rubel EW, Ropper AN, Fay RR, editors. *Development of the Auditory System.* 4. Baskı Springer New York; 1997. p. 271–314.
17. Young ED, Oertel D. Cochlear Nucleus. In: Shepherd GM, editor. *The Synaptic Organization of the Brain.* Oxford University Press; 2004.
18. Kandler K, Lee J, Pecka M. The Superior Olivary Complex. In: *The Senses: A Comprehensive Reference.* 2nd ed. Elsevier; 2020. p. 533–555.
19. Hall JE, Hall ME. The Sense of Hearing: Neural Mechanisms for Detecting Sound Direction. In: Hall JE, editor. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology.* 14th ed. 2011. p. 663–673.
20. Felmy F, Meyer EMM. Lateral Lemniscus. In: *The Senses: A Comprehensive Reference.* 2. Baskı. Elsevier Inc.; 2020. p. 556–565.
21. Casseday JH, Fremouw T, Covey E. The Inferior Colliculus: A Hub for the Central Auditory System. In: *Integrative Functions in the Mammalian Auditory Pathway.* Springer, New York, NY; 2002. p. 238–318.
22. Liu M, Dai J, Zhou M, Liu J, Ge X, Wang N, et al. Mini-review: The neural circuits of the non-lemniscal inferior colliculus. *Neurosci Lett.* 2022;776:136567.
23. Hackett TA. Anatomic organization of the auditory cortex. In: *Handbook of Clinical Neurology.* Elsevier B.V.; 2015. p. 27–53.

24. Braz CH, Gonçalves LF, Paiva KM, Haas P, Patatt FSA. Implications of musical practice in central auditory processing: a systematic review. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2021 Mar;87(2):217–226.
25. Jutras B, Lagacé J, Koravand A. The development of auditory functions. In: *Handbook of Clinical Neurology.* Elsevier; 2020. p. 143–155.
26. Geffner D, Ross Swain D. Temporal Processing In The Auditory System. In: *Auditory Processing Disorders : Assessment, Management, and Treatment.* 3rd ed. San Diego: Plural Publishing; 2018. p. 117–137.
27. Werner LA, Gray L. Temporal Processing. In: Rubel EW, Ropper AN, Fay RR, editors. *Development of the Auditory System.* 4. Baskı. Springer; 1997. p. 34–38.
28. Friedman EH. Temporal processing. *J Learn Disabil.* 1991 May;24(5):260.
29. Grose JH, Hall JW. Cochlear hearing loss and the processing of modulation: effects of temporal asynchrony. *J Acoust Soc Am.* 1996;100(1):519–527.
30. Chowsilpa S, Bamiou DE, Koochi N. Effectiveness of the Auditory Temporal Ordering and Resolution Tests to Detect Central Auditory Processing Disorder in Adults With Evidence of Brain Pathology: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol.* 2021;12:656117.
31. Tallal P, Miller S, Fitch RH. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Ann N Y Acad Sci.* 1993;682(1):27–47.
32. Pinheiro ML, Musiek FE, Sohmer H, Berkhout AJ, Ridder J, Van Der Wal LF. Assessment of Central Auditory Dysfunction Foundations and Clinical Correlates. *J Acoust Soc Am.* 1998;82(3):1101.
33. Musiek FE. Frequency (pitch) and duration pattern tests. *J Am Acad Audiol.* 1994;5(4):265–268.
34. Marshall EK, Jones AL. Evaluating test data for the duration pattern test and pitch pattern test. *Speech, Lang Hear.* 2017;20(4):241–246.
35. Musiek FE. The frequency pattern test: A guide. *Hear J.* 2002;55(6):58.

36. Kumar P, Sanju HK, Nikhil J. Temporal Resolution and Active Auditory Discrimination Skill in Vocal Musicians. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2016;20(4):310.
37. Eddins DA, Green DM. Temporal integration and temporal resolution. In: Moore BCJ, editor. *Hearing.* 2. Baskı. Academic Press Inc.; 1995. p. 20–38.
38. Geffner D, Ross Swain D. *Auditory Processing Disorders : Assessment, Management, and Treatment.* 3. Baskı. Kaliforniya San Diego: Plural Publishing; 2018.
39. Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou DE, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear.* 2005;26(6):608–618.
40. Paulovicks J, Musiek FE. The gaps in noise (gin) test and its diagnostic significance. *Hear J.* 2008;61(3):67.
41. Musiek F. Updates in Gaps in Noise Test. *Hear J.* 2020;73(6):34–35.
42. Musiek FE, Chermak GD. Auditory neuroscience and diagnosis. In: *Handbook of central auditory processing disorder.* 2. Baskı. Plural Publishing; 2013. p. 405–440.
43. Glasberg BR, Moore BCJ, Bacon SP. Gap detection and masking in hearing-impaired and normal-hearing subjects. *J Acoust Soc Am.* 1987;81(5):1546–1556.
44. Moore BCJ, Glasberg BR, Donaldson E, McPherson T, Plack CJ. Detection of temporal gaps in sinusoids by normally hearing and hearing-impaired subjects. *J Acoust Soc Am.* 1989;85(3):1266–1275.
45. Fitzgibbons PJ, Wightman FL. Gap detection in normal and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am.* 1982;72(3):761–765.
46. Glasberg BR, Moore BCJ. Effects of envelope fluctuations on gap detection. *Hear Res.* 1992;64(1):81–92.
47. Musiek FE, Baran JA, Pinheiro ML. Duration pattern recognition in normal

- subjects and patients with cerebral and cochlear lesions. *Audiology*. 1990;29(6):304–313.
48. Musiek FE, Pinheiro ML. Frequency patterns in cochlear, brainstem, and cerebral lesions. *Audiology*. 1987;26(2):79–88.
 49. Lunner T, Rudner M, RÖnnberg J. Cognition and hearing aids. *Scand J Psychol*. 2009;50(5):395–403.
 50. Groth J, Christensen LA. Hearing Aid Technology. In: Katz J, editor. *Handbook of clinical audiology*. 6.Baskı. Wolters Kluwer; 2009. p. 27-73.
 51. de Andrade AN, Iorio MCM, Gil D. Speech recognition in individuals with sensorineural hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2016;82(3):334–340.
 52. Healy EW, Yoho SE. Difficulty understanding speech in noise by the hearing impaired: Underlying causes and technological solutions. *Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc EMBS*. 2016;2016-October:89–92.
 53. Öztemel E. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesine Genel Bakış. In: *Yapay Sinir Ağları*. 2nd ed. İstanbul: Papatya Yayıncılık; 2006. p. 13–28.
 54. Dick S. Artificial Intelligence. *Harvard Data Sci Rev* [Internet]. 2019 Jun 23 [cited 2022 Jun 2];1(1). Available from: <https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/0aytgrau/release/2>
 55. Sarı F. Cahit Arf’in “Makine Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?” Adlı Makalesi Üzerine Bir Çalışma. *TRT Akad*. 2021;6(13):812–833.
 56. Shinde PP, Shah S. A Review of Machine Learning and Deep Learning Applications. In: *Proceedings - 2018 4th International Conference on Computing, Communication Control and Automation, ICCUBEA 2018*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2018.
 57. Kriegeskorte N, Golan T. Neural network models and deep learning. *Curr Biol*. 2019;29(7):231–236.
 58. Sharma P, Singh A. Era of deep neural networks: A review. In: *8th International Conference on Computing, Communications and Networking*

- Technologies, ICCCNT 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2017.
59. Loong BMK. An introduction to MoreSound Intelligence. new Perspect Oticon Whitepaper. 2020;5:1–19.
 60. Man B, Loong K, Hoi E, Ng N. Brain Hearing. new Perspect Oticon Whitepaper. 2020;5:20-25.
 61. Squire LR. Memory and Brain Systems: 1969–2009. *J Neurosci*. 2009;29(41):12711–12716.
 62. Zhu H, Akrouf M, Zheng B, Pelegrini A, Jayarajan A, Phanishayee A, et al. Benchmarking and Analyzing Deep Neural Network Training. In: *International Symposium on Workload Characterization*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2018. p. 88–100.
 63. Cai H, Lin J, Han S. Efficient methods for deep learning. *Adv Methods Deep Learn Comput Vis*. 2022;159–190.
 64. Patel K, Panahi IMS. Compression Fitting of Hearing Aids and Implementation. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Int Conf*. 2020;2020:968.
 65. L Beck D. Hearing, listening and deep neural networks in hearing aids. *J Otolaryngol Res*. 2021;13(1):5–8.
 66. Nossier SA, Rizk MRM, Moussa ND, el Shehaby S. Enhanced smart hearing aid using deep neural networks. *Alexandria Eng J*. 2019 Jun 1;58(2):539–550.
 67. Andersen AH, Santurette S, Pedersen MS, Alickovic E, Fiedler L, Jensen J, et al. Creating Clarity in Noisy Environments by Using Deep Learning in Hearing Aids. *Semin Hear*. 2021;42(3):260.
 68. Hoover E, Pasquesi L, Souza P. Comparison of clinical and traditional gap detection tests. *J Am Acad Audiol*. 2015 Jun 1;26(6):540–546.
 69. Strelcyk O, Dau T. Relations between frequency selectivity, temporal fine-structure processing, and speech reception in impaired hearing. *J Acoust Soc*

Am. 2009;125(5):3328.

70. Lorenzi C, Gilbert G, Carn H, Garnier S, Moore BCJ. Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 5;103(49):18866–18869.
71. Lopez-Poveda EA, Johannesen PT, Pérez-González P, Blanco JL, Kalluri S, Edwards B. Predictors of Hearing-Aid Outcomes. *Trends Hear*. 2017;1:21.
72. Rawool VW. A Temporal Processing Primer. *Hear Rev*. 2006;13:30-34.
73. Eggermont J. Hearing loss and temporal processing. In: *Auditory Temporal Processing and its Disorders*. Oxford University Press; 2015. p. 215–226.
74. Glasberg BR, Moore BCJ. Psychoacoustic abilities of subjects with unilateral and bilateral cochlear hearing impairments and their relationship to the ability to understand speech. Stockholm Sweden: Distributed by the Almqvist & Wiksell Periodical Co.; 1989. p. 25.
75. Dziorny AC, Luebke AE, Scott LL, Walton JP. Rescuing Auditory Temporal Processing with a Novel Augmented Acoustic Environment in an Animal Model of Congenital Hearing Loss. *eNeuro*. 2021;8(4):2-15.
76. Rawool VW. The effects of hearing loss on temporal processing. *Hear Rev*. 2006;13(6):42.
77. Lunner T. Cognitive function in relation to hearing aid use. *Artic Int J Audiol*. 2003;49–58.
78. Flynn MC, Lunner T. Clinical verification of a hearing aid with Artificial Intelligence. *Hear J*. 2005;58(2):34–38.
79. Campos PD, Alvarenga KDF, Frederique NB, Do Nascimento LT, Sameshima K, Costa Filho OA, et al. Temporal organization skills in cochlear implants recipients. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2008;74(6):884–889.
80. Musiek FE, Chermak GD. *Handbook of Central Auditory Processing Disorder Auditory Neuroscience and Diagnosis*. Musiek FE, Chermak GD, editors. Plural Publishing; 2014. 405–435.

81. Gürses E, Türkyılmaz MD, Kalaycıoğlu C, Karabulut E, Bajin MD, Sennaroğlu L, et al. Evaluation of temporal and suprasegmental auditory processing in patients with unilateral hearing loss. *Auris Nasus Larynx*. 2020;47(5):785–892.
82. Yeral C, Çankaya EN, Kaplan G, Yatmaz C, Şerbetçioğlu MB. Evaluation of temporal processing skills in individuals with normal hearing. *Turkish J Audiol Hear Res*. 2021;4(3):69–77.
83. Pinheiro MMC, Dias KZ, Pereira LD. Acoustic stimulation effect on temporal processing skills in elderly subjects before and after hearing aid fitting. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2012;78(4):9–16.
84. Gürses E, Türkyılmaz MD, Sennaroğlu G. Evaluation of auditory temporal processing in patients fitted with bone-anchored hearing aids. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2020;277(2):351–359.
85. Williams VA, Johnson CE, Danhauer JL. Hearing aid outcomes: Effects of gender and experience on patients' use and satisfaction. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(7):422–432.
86. Horwitz AR, Turner CW. The time course of hearing aid benefit. *Ear Hear*. 1997;18(1):1–11.
87. Kim Y, Yang CJ, Yoo MH, Song C II, Chung JW. Changes of Temporal Processing and Hearing in Noise after Use of a Monoaural Hearing Aid in Patients with Sensorineural Hearing Loss: A Preliminary Study. *J Audiol Otol*. 2021;25(3):146.
88. Torun Topcu M, Ciprut A, Akdeniz E. Hearing Aid Use on Auditory Temporal Processing in Conductive Hearing Loss. *B-ENT*. 2022 May 26;1–8.
89. Park G, Cho W, Kim KS, Lee S. Speech Enhancement for Hearing Aids with Deep Learning on Environmental Noises. *Appl Sci*. 2020 Sep 2;10(17):6077.
90. Healy EW, Tan K, Johnson EM, Wang D. An effectively causal deep learning algorithm to increase intelligibility in untrained noises for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*. 2021 Jun 7;149(6):3943.

91. Yin S, Liu C, Zhang Z, Lin Y, Wang D, Tejedor J, et al. Noisy training for deep neural networks in speech recognition. *Eurasip J Audio, Speech, Music Process.* 2015 Jan 20;2015(1):1–14.
92. Varas BE, Watson CS. Temporal processing abilities of hearing-impaired listeners. In: 112th Meeting: Acoustical Society of America. California; 1986. p. 12.
93. Tyler RS, Summerfield Q, Wood EJ, Fernandes MA. Psychoacoustic and phonetic temporal processing in normal and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am.* 1998 Jun 4;72(3):740.
94. Mizani I, Lima S, Crestani De Miranda-Gonzalez E. Effects of age, schooling and hearing loss on temporal processing in elderly. *Rev CEFAC.* 2016 Feb;18(1):33–39.
95. Peters CA, Scholer SG. Hearing impairment as a predictor of cognitive decline in dementia. *J Am Geriatr Soc.* 1988;36(11):981–986.
96. Wayne R V., Johnsrude IS. A review of causal mechanisms underlying the link between age-related hearing loss and cognitive decline. *Ageing Res Rev.* 2015 Sep 1;23(Pt B):154–166.
97. Murphy CFB, Rabelo CM, Silagi ML, Mansur LL, Bamiou DE, Schochat E. Auditory processing performance of the middle-aged and elderly: Auditory or cognitive decline? *J Am Acad Audiol.* 2018 Jan 1;29(1):5–14.
98. Strouse A, Ashmead DH, Ohde RN, Grantham DW. Temporal processing in the aging auditory system. *J Acoust Soc Am.* 1998;104(4):2385.
99. Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ. Temporal Factors and Speech Recognition Performance in Young and Elderly Listeners. *J Speech Hear Res.* 1993;36(6):1276–1285.
100. Fitzgibbons PJ, Gordon-Salant S. Auditory temporal processing in elderly listeners. *J Am Acad Audiol.* 1996 Jun 1;7(3):183–189.
101. Ajith Kumar U, Sangamanatha A V. Temporal processing abilities across different age groups. *J Am Acad Audiol.* 2011 Jan;22(1):5–12.

10. EKLER

EK 1

GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Istanbul Medipol Üniversitesi
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

1. Sizi Elisanur ÇANKAYA tarafından yürütülen "İşitme Cihazlarındaki Deri Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri ile Değerlendirilmesi" adlı ve Santral İşitsel İşleme Testleri ve Saf Ses Odyometrisi ile değerlendirilmesine yönelik bir araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmanın amacı, işitme cihazlarındaki derin sinir ağları teknolojisinin zamansal işleme testleri ile değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Sizlere yapay zeka teknolojisi bulunan ve yapay zeka teknolojisi bulunmayan 2 farklı işitme cihazı ayarlanacak ve bu ayar REM cihazı ile doğrulanacaktır. Cihazların ayarlaması yapıldıktan sonra sessiz kabinlerde hoparlör yardımıyla serbest sahada sizlere zamansal işleme testleri uygulanacaktır. Bu testler non-invazif testlerdir. Araştırmaya 40 kişi katılacaktır. Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, testlerde verilen talimatlara uyum sağlamanız beklenmektedir. Bu araştırma boyunca size yapılacak olan testler için sizden herhangi bir ücret talebinde bulunulmayacaktır. Bu durum sizin sosyal sigortanıza da yansıtılmayacaktır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. İletişim bilgileriniz ise sadece iznimize bağlı olarak ve farklı araştırmacıların sizinle iletişime geçebilmesi için "ortak katılımcı havuzuna" aktarılabilir. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacıya şimdi sorabilir veya [redacted] e-posta adresi ve [redacted] numaralı telefondan ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı/araştırmacılar tarafından yapıldı. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı. Kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda yeterli güven verildi.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle, hiçbir baskı ve telkin olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının :

Adı-Soyadı:

İmzası:

İletişim Bilgileri: e-posta:

Telefon:

İletişim bilgilerimin diğer araştırmacıların benimle iletişime geçebilmesi için "ortak araştırma havuzuna" aktarılmasını;

kabul ediyorum kabul etmiyorum (lütfen uygun seçeneği işaretleyiniz)

Araştırmacının

Adı-Soyadı: Elisanur Çankaya

İmzası:

Şahidin:

Adı-Soyadı.....

İmzası:

EK 2

FREKANS PATERN TEST



FREKANS PATERN

Ad Soyad :

Tarih:

Doğum Tarihi:

SES	CEVAP	SES	CEVAP	SES	CEVAP
1-İİK		21-İKi		41-KKi	
2-İKK		22-KKi		42-İKK	
3-KİK		23-İİK		43-İKK	
4-Kİİ		24-İKi		44-KİK	
5-Kİİ		25-İİK		45-İKi	
6-KKi		26-İKi		46-Kİİ	
7-KKi		27-İKi		47-KKi	
8-İKi		28-KİK		48-İKK	
9-İİK		29-Kİİ		49-İKK	
10-Kİİ		30-İİK		50-KİK	
11-İKK		31-KKi		51-İİK	
12-KİK		32-KKi		52-İKK	
13-İİK		33-İİK		53-KKi	
14-İİK		34-KİK		54-KİK	
15-İKi		35-Kİİ		55-KİK	
16-KİK		36-İKi		56-İKK	
17-Kİİ		37-İKi		57-İKK	
18-KKi		38-İKK		58-Kİİ	
19-İKi		39-İİK		59-Kİİ	
20-KKi		40-Kİİ		60-KİK	

Doğru cevap sayısı :

Yanlış cevap sayısı :

EK 3

SÜRE PATERN TEST



SÜRE PATERN

Ad Soyad :

Tarih :

Doğum Tarihi:

SES	CEVAP	SES	CEVAP	SES	CEVAP
1-UKU		23-KUK		45-KUK	
2-UUK		24-UUK		46-KKU	
3-KUU		25-UUK		47-UKK	
4-UUK		26-UKU		48-UUK	
5-KKU		27-KKU		49-KUU	
6-KUU		28-UKK		50-UKU	
7-UUK		29-KUK		51-UKK	
8-UKK		30-UKU		52-UKU	
9-KKU		31-KUK		53-KUK	
10-KUU		32-KKU		54-KUK	
11-KKU		33-KUK		55-KKU	
12-UKK		34-KKU		56-KKU	
13-KUU		35-KUK		57-KUK	
14-UKU		36-UKU		58-UKU	
15-UKK		37-KUU		59-UKU	
16-UUK		38-UKK		60-KUK	
17-UKK		39-KKU		61-UUK	
18-KUK		40-UKU		62-UKK	
19-UUK		41-UUK		63-UKU	
20-UUK		42-KUU		64-UKK	
21-KKU		43-UKK		65-KUU	
22-KUU		44-KUU		66-KUU	

Doğru Cevap Sayısı:

Yanlış Cevap Sayısı:

EK 4

GAP IN NOISE TEST

TEST 1

GAPS IN NOISE (GIN)

Appendix B

Name: _____ Date: _____ Age: _____
 ○ = Correct Resp X = False Positive NR = No Resp Test Ear: _____

TRIAL #	GAPS in mSEC Approximate position within noise burst			TRIAL #	GAPS in mSEC Approximate position within noise burst				
	Early	Middle	Late		Early	Middle	Late		
1	15	2	5	21			5		
2	15			22		8	20		
3		6	10	23	12		10		
4	6	20	6	24		8			
5			4	25		20	2		
6	12			26	3		2		
7		3	4	27		5	15		
8	10	10		28	2	20	8		
9		5		29	3		4		
10				30	3	15	20		
11	6	12	12	31			4		
12			6	32		4	10		
13		15		33		15	8		
14	5			34	8	8			
15		3	6	35	12	12			
16	2	3	20	Gap in msec.	No. Correct	% Correct	Gap in msec.	No. Correct	% Correct
				2			10		
17				3			12		
				4			15		
18	5	4		5			20		
				6			False Positives		
19	10			8			Total	60	
				20	2				

No. Correct	% Correct
1	17%
2	33%
3	50%
4	67%
5	83%
6	100%

EK 4

ÇALIŞMA İZİN FORMU

T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZ ÇALIŞMASI UYGULAMA İZİN FORMU

ÖĞRENCİNİN

Adı Soyadı	:Elisanur ÇANKAYA
Programı	:Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışmanı	:Prof. Dr. Mustafa Bülent Şerbetçioğlu
Tez Konusu	: İşitme Cihazlarındaki Derin Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri ile Değerlendirilmesi
Projeyi destekleyen kurumun adı ve proje no:	

Uygulama yapılmak istenen kurum: İstanbul Medipol Mega Üniversite Hastanesi (TEM Avrupa Otoyolu Göztepe Çıkışı No:1, 34214 Bağcılar/İstanbul)
Uygulama yapılmak istenen birim/laboratuvar: Odyoloji Kliniği
Uygulamanın niteliği (kullanılacak yöntem, anket, vb.): Temporal işlemlemeyi değerlendiren sübjektif bir testtir.
Uygulamanın tarih aralığı : 01/03/2022-31/05/2022

NOT: Tez çalışmasının uygulaması ile ilgili belgelerden birer nüsha bu forma eklenmelidir. (Etik Kurul Kararı, Anket Çalışmaları vs....)

Öğrenci Adı, Soyadı
Soyadı
İmza, tarih

Elisanur Çankaya

01.03.2022

Medipol Prof. Kulak
SGK T.
Anabilim Dalı Başkanı
İmza, tarih
Prof. Dr. Aydın Ünai
Mesul Müdür
Diyadin No: 10008
SGK T.
Medipol Tez Kurulu
SGK T.
İmza, tarih

11. ETİK KURUL ONAYI

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

Sayı : E-10840098-772.02-1856
Konu: Etik Kurulu Kararı

17/03/2022

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	İşitme Cihazlarındaki Derin Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri ile Değerlendirilmesi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	ELİSANUR ÇANKAYA			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Odyoloji			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	İstanbul			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakımızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden DE7774B6X1 kodu ile doğrulayabilirsiniz.



İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

Değerlendirilen Belgeler	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞİŞİKLİKLER	DİĞER:		İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 03.02.2022 tarihli, 100 karar numarası ile onaylanan 'İşitme Cihazlarındaki Derin Sinir Ağları Teknolojisinin Zamansal İşleme Testleri ile Değerlendirilmesi' adlı çalışmanın yürütüleceği merkez olan "İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Kampüsü Odyoloji Kliniği" yerine "Medipol Mega Hastanesi" olarak değiştirilmesi isteği uygun bulunmuş olup kayıt altına alınmıştır.			
Karar Bilgileri	Karar No:240	Tarih: 17/03/2022		Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna "oybirliği" ile karar verilmiştir.		

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakımızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden DE7774B6X1 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI	Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ	Tıp Tarihi ve Etik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Prof. Dr. Mete ÜNGÖR	Endodonti	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Doç. Dr. Mehmet Kemal ÖZDEMİR	Elektrik ve Elektronik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Doç. Dr. İlnur KESKİN	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Doç. Dr. Devrim TARAKCI	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Dr. Öğr. Üyesi Neziha HACİHASANOĞLU ÇAKMAK	Biyokimya	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur
Dr. Öğr. Üyesi Neriman İpek KIRMIZI	Tıbbi Farmakoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	Uygundur

* :Toplantıda Bulunma

Girişimsel Olmayan Etik Kurulu Sekreteri
Bilge KAYA

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakımızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden DE7774B6X1 kodu ile doğrulayabilirsiniz.