T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞİTME CİHAZI KULLANAN YAŞLILARDA, İŞİTSEL EĞİTİM ÖNCESİ VE SONRASINDA, TÜRKÇE MATRİS TEST İLE GÜRÜLTÜDE KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİK DÜZEYİNİN VE MMN BULGULARININ KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Ayşenur KÜÇÜK CEYHAN

ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI PROGRAMI

Ankara, 2019

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İşitme Cihazı Kullanan Yaşlılarda, İşitsel Eğitim Öncesi ve Sonrasında, Türkçe Matris Test ile Gürültüde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Düzeyinin ve MMN Bulgularının Karşılaştırılması

Ayşenur KÜÇÜK CEYHAN

Doktora Tezi

25/12/2019

Tez Danışmanı

Prof.Dr. Hacı Hüseyin DERE

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Hacı Hüseyin DERE

Doç.Dr. Banu MÜJDECİ

Dr.Öğr.Üyesi Şule KAYA

Prof.Dr. Gonca SENNAROĞLU

Doç.Dr. Bülent GÜNDÜZ

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

Doç.Dr. Ender ŞİMŞEK

Enstitü Müdürü

Bu tezin Doktora derecesi için gereken tüm şartları sağladığını tasdik ederim.

BEYAN

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

25/12/2019



Ayşenur KÜÇÜK CEYHAN

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmamda desteğini ve kıymetli tecrübelerini esirgemeyen değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Hacı Hüseyin DERE'ye çok teşekkür ederim.

Değerli ve sevgili hocam sayın Doç. Dr. Banu MÜJDECİ doktora tez çalışmamın tüm aşamalarında bana destek oldu, yol gösterdi. Sağlam adımlarla ilerlediğimi hissettiren titiz, özenli ve sevecen yaklaşımı için kendisine çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için gerekli klinik düzenlemelerin yapılmasındaki katkıları, hiçbir zaman esirgemediği değerli bilgi, deneyimleri ve her zaman hissettiğim manevi desteği nedeniyle sayın Prof. Dr. İsmail KOÇAK'a çok teşekkür ederim.

Tez izleme sürecindeki değerli katkıları için sayın Doç. Dr. Bülent GÜNDÜZ'e çok teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında bilgi ve fikir danıştığım ve benden yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli hocalarım sayın Doç. Dr. Ayça ÇİPRUT ve sayın Doç. Dr. Asuman ALNIAÇIK'a çok teşekkür ederim.

Çalışmamıza katılan bireylerin koordinasyonunu sağlayan sevgili çalışma arkadaşım odyometrist Onur MADEN'e çok teşekkür ederim.

Son olarak, destekleri olmasaydı bu aşamaya gelemeyeceğim aileme teşekkürlerimi sunmak isterim. Doktora programının tüm aşamalarında en büyük desteği veren eşim Ata Barış'a, canım çocuklarım Bora ve Tuna'ya, sevgili annem Hatice KÜÇÜK ve sevgili babam Hasan KÜÇÜK'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Konuşmayı Anlama 4
2.2. Yaşlılığın Konuşmayı Anlama Üzerine Etkileri 5
2.2.1. Periferik (koklear değişiklikler) Hipotez 5
2.2.2. Santral İşitsel Hipotez 5
2.2.3. Bilişsel Hipotez 5
2.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybı (Presbiakuzi) 6
2.4. Yaşlılarda Konuşmayı Anlamaya Etki Eden İşitsel Faktörler 6
2.4.1. Periferik İşitme Sisteminde Yaşa Bağlı Değişiklikler 7
2.4.2. Nöral ve Santral İşitsel Bölgelerde Yaşa Bağlı Değişiklikler 8
2.4.3. Psikoakustik Performansta Yaşa Bağlı Değişiklikler 9
2.5. Yaşlılarda Konuşma Anlamada Etkili Bilişsel Süreçler 11
2.5.1. Çalışma Belleği 11
2.5.2. İşlemleme Hızı 11
2.5.3. Dikkat 12
2.6. Yaşlılarda Konuşma Anlamaya Katılan Bilişsel Süreçler ve İşitme Kaybı Arasındaki Etkileşim 12
2.7. İşitsel Rehabilitasyon 15
2.7.1. İşitsel Eğitim 17
2.7.2. İşitsel Eğitimin Fizyolojik Temeli: Nöral Plastisite 18
2.7.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybında İşitsel Eğitim İhtiyacı 19
2.7.4. İşitsel Rehabilitasyonda Bilişsel Eğitimin Katkısı ve İşitsel Eğitim-Bilişsel Eğitim Etkileşimi 24
2.7.5. Yaşlılarda İşitsel Eğitim Uygulamaları ve Hedefler 25

2.7.6. İşitsel Eğitimin Etkisinin Ölçülmesi 26
2.8. Konuşma Ayırt Etmenin Objektif Değerlendirilmesi 27
2.8.1. Olaya Bağlı İşitsel Potansiyeller 27
2.8.2. Mismatch Negativity (MMN) 27
2.9. Türkçe Matris Test 30
3. MATERYAL VE YÖNTEM 31
3.1. Bireyler 31
3.2. Çalışma Protokolü 32
3.3. Veri Toplama Yöntemi 35
3.4. İstatistiksel Analiz 39
4. BULGULAR 41
4.1. Çalışma ve Kontrol Grupları İçin Demografik Bilgiler 41
4.2. Elektrofizyolojik Test Bulguları 42
4.3. Türkçe Matris Test Bulguları 43
5. TARTIŞMA 46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 58
7. KAYNAKLAR 61
8. EKLER 83
EK-1. ETİK KURUL ONAY BELGESİ 83
EK-2. BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU 84
EK-3. ÖZET İŞİTSEL EĞİTİM PROGRAMI 85
EK-4. MİNİ MENTAL TEST 87
EK-5. ÖZGEÇMİŞ 88

ÖZET

İşitme Cihazı Kullanan Yaşlılarda, İşitsel Eğitim Öncesi ve Sonrasında, Türkçe Matris Test ile Gürültüde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Düzeyinin ve MMN Bulgularının Karşılaştırılması

Çalışmamızda işitsel eğitimin, işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme düzeyi üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmaya işitme cihazı kullanan 33 birey dahil edilmiştir. Çalışma grubundaki 17 bireye (yaş ortalaması 72,17±6,9) işitsel eğitim programı uygulanmış, programa dahil olmak istemeyen 16 birey (yaş ortalaması 71,75±6,8) kontrol grubuna alınmıştır. İşitsel eğitim programı, haftada bir kez, toplam sekiz seanstır ve her seans aynı eğitim odyoloğu tarafından uygulanmıştır. Çalışma grubunda, işitsel eğitim öncesinde ve sonrasında Mismatch Negativity (MMN) testi ve Türkçe Matris Test yapılmıştır. Kontrol grubunda da tüm bireylere çalışma grubuyla eş zamanlı olarak tüm değerlendirme testleri uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, çalışma grubunda işitsel eğitim sonrası yapılan son MMN testinde (Ort. 189,60 ±27,93 ms) işitsel eğitim öncesi yapılan ilk MMN testine (Ort. 199,38±21,52 ms) göre latansta kısalma elde edilmiştir. İşitsel eğitim sonrasında elde edilen Türkçe Matris Test skorunda (Ort.1,07±3,01dB) işitsel eğitim öncesi elde edilen skora (Ort. 2,12±3,42 dB) göre iyileşme elde edilmiştir. Kontrol grubunda ise ilk ve son test sonuçları arasında anlamlı fark elde edilmemiştir (Ort. İlk ve son MMN; 192,28±13,68 ms ve MMN 193,71±15,25. İlk ve son Türkçe Matris Test (2,13±3,02 dB ve 1,17±3,85 dB) ($p>0.05$). Kortikal plastisitedeki değişim MMN ile gösterilebilmiştir. Çalışma için hazırlanan işitsel eğitim programı, yaşlılarda gürültüde konuşma ayırt etmeyi geliştirmede etkili olmuştur. Sonuç olarak, işitme cihazı kullanan yaşlılarda işitsel eğitim ile kortikal plastisitede değişim ve gürültüde konuşmayı ayırt etmede iyileşme elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İşitsel eğitim, matris test, MMN, yaşlılarda konuşma anlaşılırlığı

ABSTRACT

Comparison of the MMN Findings and Level of the Speech Intelligibility in Noise with Turkish Matrix Test Before and After Auditory Training in the Elderly Using Hearing Aids

In this study, we aimed to investigate the effect of auditory training on the speech discrimination in noise in elderly people using hearing aids. 33 individuals using hearing aids were included in the study. 17 individuals (mean age 72.17 ± 6.9 years) in the study group underwent auditory education program. 16 individuals (mean age 71,75±6,8) who did not want to participate in the auditory training program were included in the control group. The auditory training program was implemented by the same educational audiologist once a week for a total of eight sessions. In the study group, Mismatch Negativity (MMN) test and Turkish Matrix Test were performed before and after auditory training. In the control group, all evaluation tests were applied simultaneously with the study group. According to the findings, in the study group, shortening of latency was obtained in the last MMN test (mean 189,60 ±27,93 ms) compared to the first MMN test (mean 199,38±21,52 ms) and last Turkish Matrix test score (mean 1,07±3,01dB) improved according to first test (mean 2,12±3,42 dB). In the control group, there was no significant difference between the first and last test results (mean first and last MMN 192,28±13,68 ms and 193,71±15,25; first and last Turkish Matrix Test 2,13±3,02 dB and 1,17±3,85 dB ($p > 0.05$). The change in cortical plasticity was indicated by MMN. The auditory education program prepared for the study was effective in improving speech discrimination in the elderly. As a result, in elderly with use hearing aids, with auditory training, changes in cortical plasticity and improvement in speech discrimination in noise have been achieved.

Keywords: Auditory training, matrix test, MMN, speech intelligibility in elderly

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABR	: Auditory brainstem response (işitsel beyin sapı cevabı)
ANS	: Autonomic nervous system (otonom sinir sistemi)
Kİ	: Koklear implant
ÇB	: Çalışma belleği
DKY	: Dış kulak yolu
DPOAE	: Distortion product otoacoustic emissions
DTH	: Dış tüy hücresi
EEG	: Elektroensefalografi
EP	: Endolenfatik potansiyel
ERP	: Event-related potentials
İTH	: İç tüy hücresi
KAE	: Konuşmayı ayırt etme
MMN	: Mismatch negativity
MRI	: Magnetic resonance imaging
OMA	: Oldenburg measurement application
SG	: Spiral ganglion
SGO	: Sinyal gürültü oranı
SNİK	: Sensorinöral işitme kaybı
SSO	: Saf ses ortalaması
STG	: Superior temporal gyrus
VOT	: Voice onset time
YBİK	: Yaşa bağlı işitme kaybı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Türkçe matris test kaydı örneği. 37
Şekil 3.2. Çalışma Grubuna ait 1 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı. 38
Şekil 3.3. Çalışma Grubuna ait 1 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı. 38
Şekil 3.4. Çalışma Grubuna ait 2 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı. 38
Şekil 3.5. Çalışma Grubuna ait 2 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı. 38
Şekil 3.6. Kontrol Grubuna ait 3 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı. 39
Şekil 3.7. Kontrol Grubuna ait 3 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı. 39
Şekil 3.8. Kontrol Grubuna ait 4 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı. 39
Şekil 3.9. Kontrol Grubuna ait 4 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı. 39
Şekil 4.1. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son MMN testi latans bulguları(ms). 43
Şekil 4.2. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son Türkçe matris test bulguları (dB). ... 45

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Yaşlıların işitme, dinleme, anlama ve iletişim fonksiyonlarını etkileyen faktörler. 16

Tablo 3.1. MMN test parametreleri. 37

Tablo 4.1. Çalışma ve kontrol gruplarında cinsiyet ve yaş dağılımı. 41

Tablo 4.2. Çalışma ve kontrol grubunun saf ses ortalaması (SSO) (0,5, 1, 2, 4 kHz) ve konuşmayı ayırt etme (KAE) skorları. 41

Tablo 4.3. Çalışma ve kontrol grubunun ilk MMN test bulgularının karşılaştırılması (ms). 42

Tablo 4.4. Çalışma ve kontrol grubunun son MMN test bulgularının karşılaştırılması (ms). 42

Tablo 4.5. Çalışma ve kontrol grubunun ilk ve son MMN testi bulgularının karşılaştırılması (ms). 43

Tablo 4.6. Çalışma ve kontrol gruplarının ilk Türkçe matris test bulgularının karşılaştırılması (dB). 44

Tablo 4.7. Çalışma ve kontrol gruplarının son Türkçe matris test bulgularının karşılaştırılması (dB). 44

Tablo 4.8. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son Türkçe matris test bulguları(dB)... 45

1. GİRİŞ

Yaşa bağlı işitme kaybı, (YBİK) veya presbiakuzi 70 yaşın üzerindeki bireylerin yaklaşık üçte ikisini etkileyen kronik, yaşam kalitesini düşüren en yaygın sağlık sorunlarından biridir. Sosyal izolasyon, depresyon ve demans ile YBİK arasında bağlantılar olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (1).

YBİK'nın etyolojisine bağlı olarak seviyesi değişse de YBİK olan kişiler konuşma ayırt etme problemleri ile sıklıkla karşılaşırlar. Özellikle gürültülü ve reverberasyonlu ortamlarda konuşmayı anlama problemleri artar (2).

YBİK'da odyolojik rehabilitasyonda öncelikli olan uygulama işitme cihazı uygulamasıdır. İşitme cihazı teknolojisi her geçen gün ilerlemekte ve işitme cihazlarına gürültüde konuşma ayırt etme konusunda yeni özellikler eklenmektedir. Buna rağmen işitme cihazı kullanan yaşlıların sıklıkla ifade ettikleri bir şikâyet "Duyuyorum ama anlamıyorum" şikayetidir (3). Periferik sistemden başlayarak korteks dahil tüm işitme sistemindeki çevresel ve genetik etkenlerle olan bozulmalar, işitsel yoksunluk ve bozulmuş sinyal ile oluşmuş beyin plastisitesi, konuşmayı anlamaya katılan bilişsel özelliklerle ilgili kortikal alanlarda yaşa bağlı etkilenmeler, işitsel ve bilişsel sistemler arasındaki etkileşim, moral ve motivasyon ile ilgili nedenler YBİK olan kişilerde konuşma anlama zorluklarına neden olurlar (4,5).

İşitsel eğitim işitsel rehabilitasyon sürecinin bir bileşenidir ve seslerin dinleyiciye, belirlenmiş ihtiyaçlar ve amaçlar doğrultusunda sistematik olarak sunulmasıdır (6,7). İşitme cihazı kullanan kişilerde işitsel eğitimin etkileri çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. İşitsel eğitimin nöral plastisiteyi şekillendirmek yoluyla, konuşma ayırt etmeyi geliştirdiği gösterilmiştir (8-13).

İşitme cihazı kullanan yaşlılarda işitsel eğitimin amacı, algısal süreçleri ve özellikle zor dinleme durumlarında konuşmayı anlamada önemli olan bilişsel kontrol süreçlerini geliştirmektir (14).

İşitme kaybı olan insanlar için iletişimi geliştirmek söz konusu olduğunda, yalnızca işitme cihazının tek başına yeterli seçenek olmadığı açıktır. İşitsel rehabilitasyonda; algısal eksikliği iyileştirecek işitme cihazları, yardımcı dinleme cihazları, iletişim stratejileri, günlük hayata katılımı cesaretlendirici danışmanlık ve algısal eğitimi içeren bütüncül bir yaklaşım önerilir (15).

Özellikle yaşlı bireylerden eğitim ve deneyim olmadan sunulan yeni ve kısmi işitsel ipuçlarını anında ve en uygun şekilde sentezleyebileceklerini beklemek gerçekçi değildir. Bu nedenle, işitsel rehabilitasyonda hastaların işitme cihazıyla iyileştirilmiş işitmelerini, dinleme, anlama ve başarılı iletişim stratejileriyle tamamlayarak işitme cihazlarından elde edilen faydayı artırmak için işitsel eğitim gereklidir (16).

Son yıllarda işitsel eğitimin sonuçlarının objektif testlerle değerlendirilmesine ağırlık verilmiştir. Elektrofizyolojik testler ve görüntüleme teknikleri bu amaçla kullanılmıştır. Mismatch Negativity (MMN) olaya bağlı işitsel potansiyellerin bir bileşenidir. MMN beynin, işitsel uyaranda belirli bir limiti aşan ve kabaca davranışsal ayırt etme eşiğine karşılık gelen herhangi bir değişikliğe otomatik yanıt vermesi ile üretilir (17). MMN üretimine katılan temporal, frontal ve subkortikal kaynaklar vardır (18, 19). MMN sinirsel aktivitedeki artışı yansıtabilir, dolayısıyla işitsel eğitimin ve öğrenmenin etkilerini ölçmek için uygun bir araçtır (8,10, 20-27). Gürültüde konuşma tanımayı ölçen davranışsal testlerden bir tanesi Türkçe Matris testidir ve bu test, yaşlıların gürültülü bir ortamda iletişim kabiliyetini değerlendirmek için kullanılabilir (28).

Çalışmanın amacı;

Çalışmamızda işitsel eğitimin, işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme düzeyi üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla işitsel eğitim programı hazırlanmıştır ve uygulanmıştır. Eğitim programı, gürültüde konuşmayı ayırt etmede önemli olan akustik ipuçlarının işitme sisteminde işlenmesi ve konuşma ayırt etmeye katılan bilişsel fonksiyonların geliştirilmesine yönelik alıştırmalardan oluşmuştur. Alanda çalışan uzmanlar bu sorunla sıklıkla karşılaşmakta ancak işitsel eğitim desteği vermek için yeterli ve pratik uygulamalara ulaşamamaktadırlar. Hazırladığımız işitsel eğitim programının etkinliğini MMN ve

Türkçe Matris test ile tespit edip, klinik uygulamalar için örnek sunmak hedeflenmiştir.

Çalışmanın hipotezleri;

Hipotez 1

H_0: İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim, MMN cevaplarında değişikliğe yol açmaz.

H_1: İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim MMN cevaplarında değişikliğe yol açar.

Hipotez 2

H_0: İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim, gürültüde konuşmayı ayırt etmede değişikliğe yol açmaz.

H_1: İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim, gürültüde konuşmayı ayırt etmede değişikliğe yol açar.

Hipotez 3

H_0: İşitsel eğitim alan ve almayan işitme cihazı kullanan yaşlılar arasında gürültüde konuşmayı ayırt etme skorları ve MMN cevapları açısından fark yoktur.

H_1: İşitsel eğitim alan ve almayan işitme cihazı kullanan yaşlılar arasında gürültüde konuşmayı ayırt etme skorları ve MMN cevapları açısından fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Konuşmayı Anlama

Günlük konuşmanın anlaşılması algısal ve bilişsel sistemlerin katılımlarını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Akustik ve fonetik analizlerden elde edilen çıktıların depolanmış dil temsilleriyle eşleştirilmesine dayanır (29). Bu süreçte farklı ancak birbiriyle etkileşimli nöral ağlar hem akustik yapıyı hem de konuşmanın anlamını işler. Konuşmanın anlaşılması, iki taraflı superior ve orta temporal girus, sol prefrontal ve premotor korteks ve sol inferior temporal korteksi içeren beyin bölgeleri ağına dayanır (30). Doğru konuşma işleme; akustik bilginin kullanılmasını, fonemleri tanımak için süre ipuçlarının kullanılmasını ve semantik bilgiye erişilmesini gerektirir. Ayrıca, çalışma belleği (ÇB), seçici dikkat ve bilgilerin işlenme hızı gibi bilişsel süreçler de konuşma anlamayı etkilemektedir (31, 32).

Konuşma algısı, aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya işlemleme süreçleri arasındaki etkileşimin etkisi altındadır (31). Çünkü kişinin konuşmayı anlaması için, periferik maskelemenin üstesinden gelmesi, hedef konuşmacıya odaklanabilmesi, ilgisiz bilgilerin işlenmesini bastırması, bir konuşmacıdan diğerine dikkatini yöneltmesi ve önceki bilgilerle akustik sinyali birleştirmesi gerekir. Ayrıca dilbilgisi yapısı hakkındaki bilgiyi kullanması gerekir. Kişinin bu işlevleri karmaşık dinleme ortamlarında yerine getirme yeteneği, yalnızca o kişinin işitme durumuna değil, santral işitsel işlemleme becerileri ve bilişsel durumuna da bağlıdır (33,34). Etkili iletişim için, işitme kaybı olsun ya da olmasın, kişinin akustik bilgi girişine (işitme, pasif bir işlem), dikkati yöneltmeye (dinleme, aktif bir süreç), akustik ve dilsel bilgiyi doğru şekilde yorumlamaya (anlama, tek yönlü bir işlem) ve bilgiyi etkili şekilde kullanma ve iletmeye (iletişim, iki yönlü süreç) ihtiyacı vardır (35).

2.2. Yaşlılığın Konuşmayı Anlama Üzerine Etkileri

Klinik olarak anlamlı işitme kaybı olan yaşlıların günlük iletişimde sorun yaşamaları beklenen bir sonuç olabilir. Koklea ve işitme sinirinde yaşa bağlı anatomik ve fizyolojik değişiklikler sonucunda, işitme eşiklerinin yükselmesi, koklear sıkıştırmanın ve ayar keskinliğinin azalması gibi fonksiyonel bozulmalar oluşur. Periferik işitme zorlukları niteliksel olarak benzer etkiler üretir ve işitsel kortekse zayıflamış bir akustik bilgi ulaşır. Azalmış sinyal netliği, konuşmaya cevap olarak oluşan nöral aktivasyon derecesini değiştirebilir ve zamanla işitsel kortekste yapısal dönüşüme yol açabilir (30). Ancak neredeyse normal odyogramı olan yaşlıların bile iletişim güçlükleri olmaktadır. 60- 70 yaşlarında, 4 kHz öncesinde normal işitme eşiği olan kişilerin, gençlerle benzer konuşma ayırt etme skoru alabilmeleri için 3-4 dB daha iyi sinyal gürültü oranına (SGO) ihtiyaçları vardır (36). Yaşlılarda konuşma anlamayla ilgili çalışmalar, santral işitsel merkezlerdeki ve bilişsel fonksiyonlardaki yaşlılık etkilerinin konuşma anlamayı düşürdüğünü göstermiştir (37).

Yaşlılarda konuşma anlama probleminin altında yatan mekanizmayı açıklamak üzere hipotezler oluşturulmuştur.

2.2.1. Periferik (koklear değişiklikler) Hipotez

Bu hipoteze göre, konuşma anlamadaki zorluk, sesin dış kulaktan başlayıp iç kulak ve VIII. sinir boyunca kodlanmasındaki bireysel farklılıklara dayandırılır.

2.2.2. Santral İşitsel Hipotez

Bu hipoteze göre, konuşma sinyalinin azalması santral işitsel sistem bozukluğuna sebep olur. Beyin sapı ve beyindeki disfonksiyon nöral iletimde, tahmin etmede, bilgi işlemleme, etiketleme ve depolamada yetersizliğe sebep olur.

2.2.3. Bilişsel Hipotez

Bu hipoteze göre bilgi işlemleme, depolama, geri çağırma gibi kortikal süreçler konuşma anlamadaki performansın temelini oluşturur ve konuşma anlama

konusundaki bireysel farklılıklar, bu alanlardan bir veya daha fazlasındaki bozulmayla ilgili olabilir. Bilişsel eksikliğin işitsel modalite ile sınırlı olmadığı dikkat çekicidir. Bilişsel performansta konuşmayı anlamayı etkileyen en önemli değişiklik, algısal ve zihinsel işlem hızında azalmadır (38,39).

2.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybı (Presbiakuzi)

Konuşmayı anlamanın ilk basamağı olan akustik bilginin girişi, yaşa bağlı işitme kaybı (YBİK) (Presbiakuzi) varlığında azalmakta ve bozularak değişime uğramaktadır. YBİK, ilerleyici, bilateral ve simetrik; genellikle işitme aralığında yüksek frekans bölgesinde başlayan ve 2-4 kHz aralığında ilerleyen işitme kaybı olarak tanımlanabilir. Klinik bakış açısıyla, yaşa bağlı işitme hassasiyetindeki düşüş santral ya da periferik kaynaklı olabilir ve genellikle konuşma ayırt etme, sesi fark etme ve lokalize etmede güçlükle birleşir (40-42). YBİK'da periferik ve santral işitmedeki yaşa bağlı değişikliklerle azalmış olan işitsel algının, azalmış bilişsel destekle etkileşimi sonucu, gürültülü ve reverberasyonu yüksek ortamlarda daha fazla olmak üzere konuşmayı anlamada düşüş, konuşmadaki hızlı değişimleri algılamada ve ses lokalizasyonunda bozulma oluşur (2).

Presbiakuzi; sensör, nöral, metabolik, koklear iletimsel, mikst, santral ve intermediate presbiakuzi olarak sınıflanır (43). Sensör, metabolik (strial), koklear-iletimsel presbiakuzide konuşma ayırt etme göreceli olarak korunurken, nöral, mikst, santral presbiakuzide konuşma ayırt etmede belirgin düşüş olur (41).

2.4. Yaşlılarda Konuşmayı Anlamaya Etki Eden İşitsel Faktörler

Yaşlılarda konuşmayı anlama becerisi periferik ve santral işitme sistemindeki değişikliklerin etkisi altındadır (44).

2.4.1. Periferik İşitme Sisteminde Yaşa Bağlı Değişiklikler

2.4.1.1. Dış ve Orta Kulaktaki Yapısal ve Fizyolojik Değişiklikler

Kulak kepçesi, dış kulak yolu, timpan zarı, kemikçik zinciri, orta kulak kasları ve ligamentlerinde yaşa bağlı oluşan değişiklikler tüm işitsel sistem düşünüldüğünde göreceli olarak küçük değişikliklerdir. Ses iletimi mekanizmasındaki değişiklikler çok çeşitli olmakla beraber işitme hassasiyeti, konuşma ayırt etme ve işitme cihazından fayda sağlamada belirgin etkileri olmaz.

Dış kulak kanalında yaşa bağlı olarak; dış kulak kanalı duvarları incelir. Epitel dokunun dışarı atmada yetersizliği ile birleşince artmış serümen birikimi oluşur. Serümen kuru ve daha inatçıdır. Epitel dokuda dehidratasyon ve elastikiyet kaybı olur. Kanal ve çevresindeki kıllarda artış olur. Kulak kanalında çökmeye bağlı, odyogramda hava-kemik iletimi aralığı oluşur. Sesin akustik özelliklerini etkileyecek şekilde pinnada büyüme olur.

Orta kulakta yaşa bağlı olarak; kulak zarı kalınlaşır, soluklaşır, elastikiyetini kaybeder. İncudostapedial ve incudomalleolar eklem kartilajlarında incelme ve kalsifikasyon olur. Orta kulak kaslarının liflerinde atrofi ve dejenerasyon, kemikçik zincirinde kalsifikasyon ve artrik değişiklikler, östaki tüpü kartilajında kalsifikasyon olur (41).

2.4.1.2. İç Kulak ve İşitme Sinirinde Yapısal ve Fizyolojik Değişiklikler

YBİK, iç kulakta birçok histopatolojik lezyon ile birleşir. İnsan temporal kemik histopatolojik çalışmalarında, hayvan çalışmalarında YBİK açısından en fazla iç kulağın risk altında olduğu görülmektedir. İç kulaktaki bozulmalar konuşma anlamayı doğrudan etkiler (45).

Sensör Hücreler: Yaşlanmayla beraber kokleada tüylü hücre ve destek hücre kaybı görülür. Dış tüy hücrelerinde (DTH) daha belirgin dejenerasyon olurken, iç tüy hücrelerinde (İTH), DTH'den bağımsız bozulma olur (41).

Baziller membran: Baziller membranın esnekliğinde ve spiral ligament ile olan bağlantılarında azalma olur (43).

Stria vaskülaris: Stria vaskülaristeki patolojik değişiklikler, iyon taşıma enzimlerinin ekspresyon kaybına, böylece DTH'nin fonksiyonunda bozulmaya, koklear amplifikasyon için voltaj sağlayan endolenfatik potansiyelde (EP) düşüşe ve işitme eşiklerinin yükselmesine yol açar (46). Metabolik/strial presbiakuzi ya da lateral duvar ve stria vaskülaristeki dejeneratif değişikliklerin YBİK'nın baskın sebepleri olduğu öne sürülür (47,48).

Spiral ganglion: Yaşlı kokleada gözlenen diğer bir fizyolojik bozulma, işitme siniri liflerinin ateşlemesindeki asenkronizasyondur. Spiral ganglion (SG) hücreleri, İTH ve afferentler arasındaki sinaptik bağlantılardaki patolojik değişiklikler ile EP'deki düşüşün birleşiminin işitme siniri bozulmasının altında yatan nedenlerden biri olduğu düşünülmektedir (48). Ganglion hücrelerinde azalma olduğu her durumda tüylü hücrelerde azalma olmayabilir. Ganglion hücresi kaybının yeri ve miktarı ile saf ses eşikleri arasında ilişki vardır ama konuşmayı tanıma becerisi SG hücresi popülasyonunun belirleyicisi değildir (43). Yüksek gürültünün birikmiş etkisi afferent dendritlerin kaybına yol açar. Böyle bir mekanizmada göreceli olarak saf ses işitme eşik hassasiyeti korunabilir ama konuşmayı algılama ve gürültüde konuşma anlaşılırlığında önemli bozulma görülebilir (49).

2.4.2. Nöral ve Santral İşitsel Bölgelerde Yaşa Bağlı Değişiklikler

YBİK olanlarda, superior ve orta temporal girusta gri madde hacminde azalma, superior ve orta frontal girusta (50,51); primer işitsel kortekste (52,53), oksipital lop ve hipothalamus (51); işitsel korteks yakınında gri ve beyaz maddede azalma, sağ superior ve inferior longitudinal fasiculi ve kortikospinal tract da dahil olmak üzere beyaz cevherde fraksiyon anizotropisi değerlerinde azalma (50) çalışmalarla gösterilmiştir. Yaşlı yetişkinlerin nöral cevapları, dorsal koklear nüklei (54); inferior colliculi (ICs) (55), işitsel kortekslerde (52) azalan inhibitör nörotransmiterlerden etkilenebilir (56-58). Zamansal veya nöral cevap tutarlılığında bozulmanın, bilateral işlemdeki bozulmalara ve yaşlılarda konuşma algısı eksikliklerine katkıda bulunduğu düşünülmektedir (59). Yaşlılarda inhibe edici nörotransmiterlerdeki azalma konuşma

anlamayı; (a) gecikmiş nöral zamanlama, (b) sinirsel ateşlemede daha büyük değişkenlik; azalan cevap tutarlılığı ve (c) faz kilitlemedeki azalma ile olumsuz etkiler (60). Hayvan çalışmaları (61) ve insan çalışmaları (30); zayıflamış işitsel sinyaller ve bozulmuş kokleadan gelen azalmış işitsel uyarılar, kortikal yeniden yapılanma ve beyin morfometrisindeki değişiklikleri arttırdığını göstermiştir (62). YBİK ile ilgili yapılan MRI çalışmalarına göre YBİK'da konuşma anlama sorunları sadece santral işitsel sistemdeki patofizyolojik değişikliklerin değil, ayrıca doğrudan işitsel işlemleme bölgesi olmayan beyin alanlarındaki değişikliklerin de sonucudur (63).

2.4.3. Psikoakustik Performansta Yaşa Bağlı Değişiklikler

Yaşlılarda konuşma anlamanın bozulmasında psikoakustik performansta bozulma etkilidir. Psikoakustik çalışmalar yaşlılarda zamansal, frekansa ait ve şiddetle ilgili işlemlemenin gençlere göre düşük olduğunu gösterir. Doğru temporal ve spektral çözümleme gürültü içindeki sinyali tanımada kritik olduğu için, bu alandaki bozukluk, yaşlıların günlük hayatta konuşulanları anlamada zorlanmasına neden olur (42,64,65).

2.4.3.1. Frekans seçiciliği

Kokleadaki yaşa bağlı değişiklikler sonucunda, sesin spektral özelliklerinin çözümlenmesi yeteneğinin azalması, gürültülü ortamda konuşma anlama şikayetlerinin sebeplerinden biridir (65). Kokleadaki aktif nonlinear işlemleme mekanizmasının spektral ayrımı ve nöral ayar eğrilerinin keskinliğini arttırma görevi vardır. Sağlıklı koklear yapılar aktif nonlinear süreç için esastır (66). Şiddet ayırt etmede alçak frekanslarda yaşın etkisi daha fazla görülmüştür (42).

2.4.3.2. Temporal İşitsel İşlemleme

Konuşmanın algılanması için sesin zamansal işlenmesi önemlidir (67). Çünkü, ilk olarak, dinleyicilerin konuşmadaki sesleri tanımak için kısa, zamana göre değişen akustik bilgileri işlemesi gerekir. Örneğin; voice onset time (VOT), sesli ve sessiz ünsüzleri ayırt etmek için ipucu sağlar (bot/pot). İkincisi, dinleyicilerin, değişen sesli akustik uyaran dizisindeki fonemleri tek tek işlemesi gerekir. Bunun için kısa sinyallerin hızlı başlangıç ve düşüşlerini doğru şekilde işlenmelidir. Üçüncüsü,

dinleyici, konuşulan bir mesajın zamanlama yapısını (prosodi) takip etmelidir. Prosodi bilgisi konuşmayı tanımaya yardımcıdır ve prosodi algısındaki aksaklıklar, gençlere kıyasla yaşlıların konuşma tanıma performansı üzerinde daha zararlıdır (68).

Sessizlikte, basit ve yavaş konuşmaları algılamak, yaştan bağımsız olarak daha çok spektral alanda seslerin duyulurluğuna ve frekans seçiciliğine dayanırken, konuşma özellikle değişken gürültü içinde olduğunda büyük oranda temporal işlemlemeye dayanır. Yaşlılarda konuşmayı anlamada temporal alan, spektral alan kadar belki de daha fazla önemlidir (64).

YBİK'da konuşmayı anlama problemine katılan santral işitsel fonksiyonlardan en yaygın olarak temporal işlemleme bozukluğu görülür (65). Beynin uyarılma ve inhibisyon arasındaki dengesi büyük ölçüde temporal işlemlemeye bağlıdır (69). Bozulmuş temporal işlem, kulaklar arası zaman farklarına karşı duyarlılığı azaltarak ses lokalizasyonunu bozar ve grup içinde konuşan kişiyi ayırmak için mekânsal işaretlerin kullanımını engeller (70). Temporal işlem aynı zamanda birden fazla konuşmacıyı birbirinden ayırmak için gerekli olan ses perdesi ayrımını da sağlar (71). İki sesi ayrı ses olarak algılayabilmemiz için iki ses arasında belirli bir zaman aralığına ihtiyaç duyarız (Gap detection). Eğer bu aralık çok kısa ise ses tek ses olarak algılanır. Normal odyograma sahip yetişkinlerde, tonal sinyaller arasındaki boşluğu yakalamak için gençlere göre iki kat zaman gerektiği gösterilmiştir. Zamansal işlemlemedeki böyle değişiklikler hızlı konuşmaları algılama ve anlamayı zorlaştırabilir (72). Konuşma içindeki boşluklar segmental ipuçları sağlar. Sinirsel zamanlama, ünsüzleri karakterize eden hızlı değişen akustik geçişleri yakalamak için önemlidir (73). Yaşa bağlı değişiklikler ayrıca, zaman sıralaması yapma ve vurgu içeren sesleri (süresi uzatılan sesleri) ayırt etmede de görülür (74).

Yaştan etkilenen diğer bir zamansal özellik, senkronize kodlamadır; işitsel nöronlarının cevabı senkronizasyon ya da faz kilitleme ile olur. Faz kilitleme özelliği etkilendiğinde fundamental frekans ve harmonik kodlaması etkilenir. Bu özellik özellikle birçok sesin bir arada olduğu zor dinleme ortamlarında sesi ayırt etmeyi sağlayan özelliktir. ABR çalışmalarından elde edilen sonuçlara bakılarak, presbiakuzi hafif işitsel nöropati olarak düşünülebilir (73).

2.5. Yaşlılarda Konuşma Anlamada Etkili Bilişsel Süreçler

Pichora-Fuller ve ark (75)'e göre, işitme eşikleri yaşlıların gürültüde anlama zorluklarının tamamından sorumlu tutulamaz (75). İşitme zorlukları konuşma anlaşılırlığını doğrudan ve dolaylı olarak etkiler. Doğrudan etkisi, doğru algılanan kelime sayısının düşmesi, dolaylı etkisi ise zorlu dinleme durumunda konuşma anlaşılırlığı için ayrılmış bilişsel kaynakları tüketmesidir. Yaşlanma işitme kaybından bağımsız olarak da konuşma ayırt etmeyi düşürür. Bilişsel açıdan bakıldığında, konuşma anlaşılırlığı, birçok tamamlayıcı yeteneğin de kullanımına bağlı karmaşık bir beceridir. Tamamlayıcı beceriler, işlemleme hızı, fonolojik bilgi, çalışma belleği (ÇB) kapasitesi, parçalardan bütün algı oluşturma becerilerini içerir. İşitsel bir sinyalin eksik alınması, o sinyale karşı seçici dikkat ve ondan anlam çıkarma yeteneğini azaltır (60). Zorlu dinleme durumlarında konuşmayı anlamada dilbilimsel analiz için bilişsel işlemlerden, işleme hızının, ÇB'nin ve seçici dikkatin şart olduğu öne sürülür (76).

2.5.1. Çalışma Belleği

Çalışma belleği; bilgiyi geçici olarak depolayan ve bilgilerin manipülasyonunu sağlayan kısıtlı kapasiteye sahip, kısa süreli belleği de kapsayan bir sistemdir. İşitsel ÇB (Fonolojik Döngü), ÇB'nin bir bileşenidir ve sesler artık ortamda bulunmadığında kısa süre için akılda tutulması işlemidir. Sesi etkin bir şekilde işlemek için, beynin akustik bilgiyi, eş zamanlı olarak algılaması, saklaması ve işlemesi gerekir; bu olgu işitsel ÇB olarak da adlandırılır (77-79). Konuşmaları dinlerken, bireyler gerçek zamanlı olarak konuşulan işitsel bilgileri sürekli olarak saklamalı ve güncellemelidir. Bu nedenle korunmuş bir ÇB, dil ve konuşmayı anlamak için çok önemli kabul edilir (74,80). ÇB'nin işitme kayıplı kişilerin konuşmayı anlamaları üzerindeki etkisi birçok çalışmada araştırılmıştır (79, 81-85).

2.5.2. İşlemleme Hızı

Yavaş işlemleme hızı gürültüde konuşmayı anlama zorluğu ile bağlantılıdır ve özellikle hızlı konuşmaların anlaşılmasında önemli olabilir (65, 86). İşlem hızının ya da bilgiyi işlemlemek için gereken zamanın, bir görev tarafından talep edilen işlem yükü miktarını yansıttığı kabul edilir. Bir görev basitse otomatik olarak yapılır ve çok

düşük işlem yükü getirir. Buna karşılık, bir görev zorsa ve çaba gerektiriyorsa işlem yükü yüksek olacak ve görevi tamamlamak daha fazla zaman alacaktır. Gürültüde konuşmayı sürdürmek zorlu görevlere örnek olarak söylenebilir (87). Yaşlıların en yaygın dinleme şikayetlerinden birisi de devam eden konuşmayı takipte zorlanmadır. Kelimeleri tanısa bile işlemlemek için daha fazla zaman ve çaba harcamak yorgunluk sebebi olabilir (88).

2.5.3. Dikkat

Seçici dikkat, aynı anda birçok görev arasından birine katılırken diğerlerini görmezden gelmek anlamına gelir. Bölünmüş dikkat ise bireyin aynı anda birden çok görevin performansını koordine etmek için dikkat ile ilgili kaynakları bölüştürmesidir. Yaşlılarda, aktivasyon (arama sürecini gerçekleştirme kabiliyeti) korunur, ancak inhibisyon (seçici ve bölünmüş dikkat dahil) olumsuz olarak etkilenir. Böylelikle yaşlı yetişkinler ilgisiz düşünceleri, eylemleri ve dikkat dağıtıcı bilgileri genç yetişkinlerden daha az bastırabilirler veya görmezden gelemezler. Yaşa bağlı farklılıklar karmaşık durumlarda basit durumlardan daha belirgindir, çünkü yaşlı yetişkinler dikkat dağıtıcıları asgariye indirdiklerinde daha etkili odaklanabilirler (32).

2.6. Yaşlılarda Konuşma Anlamaya Katılan Bilişsel Süreçler ve İşitme Kaybı Arasındaki Etkileşim

Bilişin bazı yönleri yaşlanmayla birlikte düşerken, bazı yönleri gelişmeye devam edebilir. Genel olarak bilgilerin dinamik işlemesinde düşüşler yaşanırken, dil ve dünyaya ait bilgiler korunur ve gelişebilir (89). Buna göre yaşlılar genellikle bilgi ve bağlamsal desteği, hızlı bilgi işlemlemedeki zayıflıkları telafi etmek için kullanabilirler (31).

‘Kulaklarımızla duyarız ama beynimizle dinleriz’ cümlesi konuşmayı anlamada işitsel ve bilişsel bağlantıların önemine vurgu yapar. Hastaların şikayetlerinin daha iyi anlaşılması, daha etkili değerlendirme ve rehabilitasyon yaklaşımları geliştirilebilmesi, bilişsel özellikleri daha iyi anlamayı gerektirir (90).

Son yıllarda, periferik işitsel sistemdeki değişikliklerden dolayı bozulmuş bir nöral temsilin konuşma algısı üzerindeki nihai etkisinin ve onu düzeltme girişimlerinin etkinliğinin, bilişsel faktörlere güçlü bir şekilde bağlı olduğu açıkça ortaya çıkmıştır (91). Aktif dinleme sırasında, santral işitsel sistemden gelen sinirsel aktivite kalıpları, farklı konuşma elementlerinin temsilinin depolandığı dil merkezlerine, eşleştirilmek üzere gönderilirler. Sağlıklı bir işitsel sistemde, sessiz bir ortamda konuşmayı dinlerken, gelen sinirsel aktivite kalıpları ve uygun dil temsilleri arasındaki eşleşme, hece hece, otomatik olarak gerçekleşir ve bilişsel süreçlerden çok az katkı gerekir. Bununla birlikte, gürültülü bir arka planda konuşmayı dinlerken, gelen sinirsel aktivite kalıpları, özellikle de bozuk bir işitsel sistemden geliyorsa, bozulacak, saklanan temsillerle eşleşme net olmayacaktır (92).

Yeni görüntüleme teknikleri, yaşayan insan beyninde, yaşın beyin bölgeleri üzerindeki etkilerinin daha doğru bir şekilde ölçülmesini sağlamıştır. Bu gelişmelerin işitsel-bilişsel etkileşimlerin mekanizmalarına ışık tutmanın yanı sıra, rehabilitasyon için önemli etkileri vardır. Beyin görüntüleme çalışmaları, genç ve yaşlı yetişkinlerin aynı doğruluk seviyesinde algısal ve bilişsel görevleri gerçekleştirdiğinde yaşlılarda daha yaygın beyin aktivitesi olduğunu göstermiştir. Simetrik hemisferik aktivitede artış ve yaşlandıkça beyin aktivitesinin posteriordan anteriora kayması işitsel ve bilişsel düşüşe yanıt olarak beyin ağlarının telafi edici şekilde yeniden yapılanmasının kanıtı olarak yorumlanmıştır (93,94). Yaşlanmanın kognitif nörobilimi bakış açısıyla, algı kolay olduğu zaman, daha lokalize beyin aktivasyonu olur; algılama zor olduğunda ise telafi edici yukarıdan aşağıya işlemleme daha geniş bir şekilde dağıtılmış beyin aktivasyonuna sahip olacaktır. Bu nedenle, bilişsel kaynaklara olan talebin artması ve sonuç olarak daha dağınık beyin aktivasyonu, eforlu dinlemeyle birleşir. Bilişsel performans işitsel performanstaki düşüşten olumsuz etkilenirken, diğer taraftan bilişsel becerilerdeki kişisel farklılıklar özellikle zor dinleme ortamında amplifikasyondan elde edilecek başarıyı etkiler (95).

Başarılı iletişim için algıdan santral merkezlere ve santral merkezlerden algıya doğru olan işlemler arasında bir etkileşim vardır. Bu etkileşim deneysel olarak fizyolojik ve nörolojik çalışmalar ile (96) işitme cihazı kullanıcılarında bilişsel sistemin rolü çalışmaları ile (97), gürültü azaltma ve hızlı kompresyon gibi ileri işitme cihazı işlemleme stratejileri kullanılması durumunda yapılan çalışmalar ile

gösterilmiştir (98,99). Konuşma daha az anlaşılır hale geldikçe, işlem ön bölgelerdeki yukarıdan aşağıya etkilere (yürütücü fonksiyonlara) daha fazla dayanır (84,100,101). Bir MRI çalışmasında, gürültüde konuşma algılama ve frontal beyin alanları hacmi arasında yüksek korelasyon bulunmuştur (102).

Gelen sinirsel aktivite kalıpları ve depo dil temsilleri arasındaki eşleşme net olmadığında bilişsel süreçler devreye girer. Yürütme işlevi, arka plan gürültüsünden gelen karışıklığı azaltmak için seçici dikkatini ilgilenilen konuşmacıya yöneltir ve diğer seslerden uzak tutar; ÇB, birkaç saniye boyunca sinirsel aktivite kalıplarını depolar; böylece bilgiler birden fazla heceye entegre edilebilir; dilsel devreler, olası eşleşme kümesini daraltmak ve eksik kelimeleri tamamlamak için bağlamsal ipuçlarından yararlanır. Bu kavramsal model "The Easy of Language Understanding" (ELU Model-Römberg 2013) modelidir ve yaşlıların konuşma algısı performansındaki varyansın neden bilişsel işlevsellikteki farklılıklarla açıklandığını söyler (103).

Santral presbiakuzi ve yürütücü işlev bozukluklarının benzer nörodejeneratif süreçlerden kaynaklanması olasıdır (104). İşitme bozukluğu ve bilişsel bozulma arasındaki ilişki o kadar kuvvetli olabilir ki daha iyi işiten kişiler, beyinleri işitme kaybı olanlara benzer şekilde değişse bile, daha az bilişsel düşüş gösterirler. Bu durum şu şekilde de söylenebilir; daha iyi işitsel deneyimi olanlar daha yavaş bilişsel gerileme yaşarlar. Çünkü bilişsel olarak uyarıcı olan sağlıklı, aktif yaşam tarzlarını daha iyi koruyabilirler. Böylece "kullan ya da kaybet" prensibine uygun olarak bilişsel düşüşü yavaşlatabilirler. İşitme kaybına yönelik erken rehabilitasyon yalnızca iletişim işlevini ve sosyal etkileşimi sürdürmek için yardımcı olmakla kalmaz aynı zamanda işitsel işleyişe bağlı işlevselliği ve günlük yaşama aktif katılmayı sürdürerek demans semptomlarının ortaya çıkışını yavaşlatmaya yardımcı olabilir (86,105,106).

Gelen sinyalin kalitesi düşük olduğunda, daha fazla bilişsel enerji kullanmak gerekir ancak bilişsel enerjiyi arttırmak tüm dinleme problemlerinin çözümünün garantisi değildir. Bazı durumlarda, kişi yorgunluk nedeniyle yüksek düzeyde bilişsel efor sarf edemeyebilir ya da bunun için istekli olmayabilir. Uzun vadede, günlük aktiviteleri dinlemek, dinleyicilerin harcayabileceğinden daha fazla çaba gerektiriyorsa, sosyal etkileşimden çekinebilirler, kronik stres geliştirebilir, biliş, genel sağlık ve hayat kalitesi için olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilir (5,88).

İşitme kayıplı kişilerde ortalama 6,4 yıllık takipte genel beyin atrofisi olduğu gibi özellikle sağ superior, orta ve inferior temporal girusta hacim düşüşünü hızlandığı gösterilmiştir (107). Bu temporal bölgeler yalnızca konuşulan dil işlemesi için önemli değil, aynı zamanda anlamsal bellek, duyusal bütünleşme için de önemlidir ve hafif kognitif bozulmanın veya Alzheimer hastalığının erken aşamalarında rol oynarlar (108). Diğer taraftan, işitmedeki zorluklar, örneğin konuşulan dili hatırlama veya anlamadaki problemler gibi bilişsel performanstaki azalmalar ile daha da artmış olabilir (109). Birkaç kişiyi dinlemek, araba kullanırken konuşmaları dinlemek gibi eş zamanlı görevler yapılırken bilişsel düşüş, bölünmüş dikkati sürdürmeye engel olarak dinleme zorluklarına katkıda bulunur (88).

2.7. İşitsel Rehabilitasyon

İşitme kaybı olan yaşlılarda iletişime yardım etmek için işitme cihazları tek başına yeterli olmayabilir. Hasta merkezli eğitim, danışmanlık ve işitsel eğitim gibi diğer rehabilitasyon yaklaşımları işitme kayıplıların bozulmuş iletişiminin telafi edilmesine yardımcı olabilir (110).

Yaşlıların işitsel rehabilitasyonunda iletişim ihtiyaçlarını anlamak için, periferik kaynaklı işitme sorunlarının ötesine geçen santral işitsel ve bilişsel işleme konularına uzanan geniş bir pencereden bakmak gerekir. Yaşa bağlı işitsel değişiklikler kokleadan kortekse bir ya da daha fazla düzeyde ortaya çıkabilir ve işitme sistemindeki değişiklikler sıklıkla iletişim işlevini etkileyebilecek işitsel olmayan değişikliklerle birlikte olur.

İşitsel rehabilitasyon, dört temel işitsel beceri üzerine kurulur;

(a) İşitme; işitsel dünyaya ses algısı yoluyla erişim sağlayan pasif bir işlevdir. Seslerin varlığı, konumu, frekansı, şiddeti gibi özelliklerini ayırt etme ile ilgilidir. **(b)** Dinleme; bilişin rol almaya başladığı aşamadır. Niyet ve dikkat ile işitme süreci olarak tanımlanabilir. Dinleme bir aktivitedir. Dinleyicinin işitsel uyaranları deneyimlemesinin bir amacı vardır ve çaba harcamayı gerektirir. **(c)** Anlama; sinyal ve anlam arasındaki bağlantıları içerir. İşitme ve dinleme süreçlerinin ötesinde gerçekleştirilen bir aktivitedir. Anlama bilginin, anlamın ve niyetin alınmasıdır. **(d)**

İletişim; sosyal etkileşimi içerir. İki ya da daha fazla kişi arasında, iki yönlü bilgi ve anlam aktarımı olarak tanımlanır. İletişimde hem aktivite hem katılım vardır (111).

Tablo 2.1'de yaşlıların işitme, dinleme, anlama ve iletişim fonksiyonlarını etkileyen periferik işitsel, santral işitsel, görme, bilişsel ve genel sağlık faktörlerini ve mekanizmalarını özetlemektedir (111).

Tablo 2.1. Yaşlıların işitme, dinleme, anlama ve iletişim fonksiyonlarını etkileyen faktörler.

	İşitme Fonksiyonunda	**Dinleme Fonksiyonunda**	**Anlama Fonksiyonunda**	**İletişim Fonksiyonunda**
Fonksiyon	Daha yüksek işleme için bilgi girdilerine ulaşılması	İpuçlarını bir amaç için kullanma	İpuçları ve depo bilgilerden anlam çıkarma.	İpuçları ile anlamlı etkileşim
Koklea / perifer	Özellikle yüksek frekans işitme eşiklerinde yükselme, Dinamik aralıkta daralma, Frekans ve boşluk ayırt etme eşiklerinde yükselme, Genellikle tinnitus	İpuçlarındaki azalmayla fonemleri ayırt etme/tanımada düşme/ yavaşlama	Zayıflayan akustik bilginin fark edilmesi, tanınmasındaki hatalar nedeniyle yanlış anlama ya da anlam bulanıklığı, Hızlı girdilerin daha zor anlaşılması	Yanlış anlama, yanlış yorumlama ve sık tekrar
Retrokoklear ve ilgili merkezler	Binaural işlemlemede bozulma, Gürültülü ve reverberasyonlu ortamlarda sinyali almada azalma, Hiperakuzi - tinnitus	Zarf ipuçlarına dayanan patern algısı korunur. Lokalizasyon azalır. Gürültüde algı düşer, Ses kaynağını ayırma düşer.	Prosodinin korunması cümlenin yorumlanmasını sağlar. Eş zamanlı işitsel olaylarda lokalizasyon ve ayırt etme hataları	Prosodinin korunması, konuyu ve söz sırasını anlamayı destekler.
Görme	Görme bozukluğu nedeniyle görsel segmental ve suprasegmental artikülasyon ipuçlarında bozulma · Nesnelerin ve olayların görsel ipuçlarında değişme	İyi görme lokalizasyon zorluklarını telafi eder. Düşük ışıkta performans düşer. Artikülasyon ipuçları, yüz ifadesi ve jestler zayıflamış işitsel bilgiyi telafi edebilir.	Görsel sahneyi yorumlamak işitsel hataları telafi etmeye yardımcı olur. Artikülasyonla ya da jestlerle ilgili ipuçları zayıflamış işitsel ipuçlarını telafi etmeye yardımcı olur.	Mimik, jestler iletişimin içeriği anlamayı kolaylaştırır. Göz kontağı, söz sırası için azalmış işitsel girdiyi telafi edebilir.
Biliş	İşitsel, görsel ve motor bozulmalar yüzünden bilişsel yük artar. Algısal bozulmalar nedeniyle dikkat	Bilgi işleme yavaşlar. Dikkat dağılması, bilgisel maske artar. Seçici dikkat azalır. Odaklanma,	Bağlamsal bilgiyi kullanma korunur. Rakip görevlerin azalması işlem talebini azaltır.	Söz alma sırasının daha uzun olması dinleyici ve konuşmacının

	ipuçlarında azalma, Algı, dikkat, hafıza ve anlamada etkilenme Alzheimer ya da Parkinson hastalığından dolayı algı, bellek ve planlamada bozulma	sürdürme, dikkati değiştirebilme azalır. Girdi belirsizken ÇB' de aşırı yükleme olur. Eş zamanlı işler zorlaşır (yürürken konuşmak…)	Dünyaya ait genel bilgiler ile telafi etmek ÇB yükünü arttırır. Dünya bilgisi nöro-lojik hasarlardan etki-lenir (örn.demans).	rollerini koordine etmeyi kolaylaştırır. Bağlamı kullanmak tekrar ihtiyacını düşürür.
Diğer sağlık durumları	Komorbit durumlar nedeniyle yorgunluk, ağrı şikayetlerinde artma. İlaçlar algıyı düşürebilir. Becerilerdeki, mobilitedeki sınırlılıklar işitme teknolojisi kullanımını, rehabilitasyona ulaşımı ve türünü etkileyebilir.	Yorgunluk, stres, ağrı motivasyonu düşürür. Sağlık durumu dinleme amaçlarını değiştirir (bilginin tipi ve derecesi) Bakım verilen ortam akustik açıdan zor olabilir.Uyaran azlığı, fazlalığı olabilir.	Alışıldık düzen anlamayı destekler. Sağlık sorunları alışılmadık ortamlara maruz bırakabilir. Dilsel fonksiyon nörolojik hasarlar tarafından zorlaştırılabilir (ör. afazi)	Hedefler bilgi edinmeden sosyal etkileşime doğru değişir. Bakım düzenlemeleri sosyal izolasyonu azaltabilir.

2.7.1. İşitsel Eğitim

İşitsel eğitim, işitme engelliler için habilitasyon/rehabilitasyonun bir parçasıdır (112). İşitsel eğitim, işitme kayıplı kişilerde rehabilitatif müdahale olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır ve beyne, seslerle aktif bir şekilde etkileşime geçerek dinlemeyi öğretme olarak tanımlanabilir. Böylece dinleyiciler tipik olarak sistematik sunulan sesler arasında algısal ayrımlar yapmayı öğrenirler (113). İşitsel eğitim, işitme duyusunun bir kişinin toplam algısına katkıda bulunduğu bilgi miktarını artırmak için yapılır (114). İşitsel eğitim, işitme cihazı sonuçlarını iyileştirir ve bireyin kalıntı işitme duyusunun kullanımını en iyi düzeye çıkarmayı hedefler (16).

Sensorinöral işitme kaybı olan yetişkin işitsel eğitimin amacı, algısal süreçleri ve özellikle zor dinleme durumlarında konuşmayı anlamada önemli olan bilişsel kontrol süreçlerini geliştirmektir (11, 14, 36, 115).

İşitsel eğitim; sesi "fark etme, ayırt etme, tanıma ve anlama" aşamalarını içeren işitsel beceriler üzerine odaklanır ve yüz yüze bir ortamda sunulur (116). İşitsel eğitimin dinleme becerileri üzerindeki etkileri aşağıda verilen dört beceri üzerinden değerlendirilir.

- Çalışılmış durumlar ile ilgili gelişmeler (görev-içi öğrenme),

- Çalışılmamış durumlardaki performans gelişmeleri (görev dışı, genelleştirilmiş veya öğrenmenin aktarılması),
- Eğitim durduktan sonra bir süre öğrenmenin sürdürülmesi,
- Bireyin eğitime (edindiği becerilere) bağlı kalması ile değerlendirilebilir. (11,117, 118).

Herhangi bir işitsel eğitim programının temel varsayımı, programda öğrenilen becerilerin, çalışılmamış uyaranlara ve günlük dinleme durumlarına genelleşeceği veya aktarılacağı yönündedir (14).

2.7.2. İşitsel Eğitimin Fizyolojik Temeli: Nöral Plastisite

İşitsel eğitimin temelini oluşturan fizyolojik teori, işitsel korteksin duyusal deneyime yanıt olarak kendisini yeniden düzenleme kapasitesine dayanmaktadır (8, 117). Beyindeki plastisite, çevresel uyaranlara doğrudan tepki olarak nöronal yolakların gelişmesini sağlar ve erken yaşlarda daha yüksek derecede plastisite görünse de değişim için kapasite yetişkinlikte de devam eder (10, 22). İnsan santral sinir sisteminin kesin bir özelliği yaşam boyunca yapısal ve fonksiyonel olarak beynin yeniden organizasyon yapma kabiliyetine sahip olmasıdır (118).

"Plastisite" terimi, dış ortamdaki veya iç ortamdaki değişikliklere uyum sağlamak için beyinde meydana gelen işlevsel veya yapısal değişiklikleri (birbirini tetikleyebilir) ifade eder (119). Sinir plastisitesi, algısal veya bilişsel kaynakların kullanımını gerektiren bir etkinliğe aktif katılımı takiben anatomik yapıların (nöronlar, glial hücreler, sinapslar) ve fizyolojik işlemlerin (örneğin işitsel algı, bellek) uyarlanmasıdır (120). İşitsel alanda genel olarak üç tür plastisite vardır: (a) Gelişimsel plastisite, (b) İşitsel sistem içinde meydana gelen bir lezyondan kaynaklanan telafi edici plastisite, (c) Öğrenmeyle ilgili plastisitedir.

Yüksek frekanslı SNİK, santral işitsel bağlantıların yaygın bir şekilde yeniden düzenlenmesi, yüksek frekanslı girişlerin azaltılması ve bozulmamış koklear fonksiyona sahip yakındaki bölgelerin kortikal bağlantılarının iyileştirilmesi, bu şekilde kortekste tonotopik organizasyonun yeniden yapılanması ile sonuçlanır. Örneğin, işitme engelli bireyler / v /-/ f / ve / z /-/ s / gibi sesli ve sessiz sürtünmeli

fonem çiftlerini ayırt etmek için orantısız bir şekilde sesli fonemlerin sürelerine güvenirler (121).

Santral işitme sistemi, işitsel girdilerden yoksun kalması durumunda olduğu gibi uyarana cevap olarak da plastisite sergiler. Amplifikasyon, duyusal girdiyi artırarak koklear fonksiyon bozukluğunu kısmen telafi edebilirken, konuşma algılamaya yardımcı olmak için işitsel işlem yolaklarını onarma işleminin, farklı bir uyaran seviyesi gerektirdiği düşünülmektedir (11, 122). Özellikle, işitsel korteks fonksiyonu eğitimle değişir (8). İşitme kaybını takiben işitsel korteksin yeniden yapılandırılmasının büyüklüğü, kayıp sonrası akustik deneyimin doğasına kritik derecede bağlıdır (123).

İşitsel rehabilitasyonun tekrarlarla ve çeşitli dinleme çalışmalarıyla, uyarandan yoksun kalmış bir santral işitme sistemin "yeniden normalleşmesini" teşvik etmek için gerekli uyaranı sağladığı ve bu nedenle hastaları rehabilite etmek için kullanılması gerektiği ileri sürülmektedir (10-12, 125-127). Algısal öğrenme, tek bir nöronun yanıt özelliklerinin değiştirir (124). Bu durum fonksiyonel manyetik rezonans görüntülemede (24) ve olaya bağlı beyin potansiyellerinde (83, 128) görülen büyük ölçekli değişikliklere yansıyan kortikal yeniden yapılanma ile sonuçlanır (129,130).

Nöral plastisite kavramı, normal yaşlanmanın bir parçası olarak yavaş yavaş nörodejenerasyon yaşayan yaşlı yetişkinler için çok önemlidir (93).

2.7.3. Yaşa Bağlı İşitme Kaybında İşitsel Eğitim İhtiyacı

İşitme kayıplı kişilerin iletişim sorunlarının çözümünde temel klinik müdahale işitme cihazı kullanımıdır. Dijital teknolojideki güncel ilerlemelerin gürültüde konuşma anlamaya katkıları ve kullanıcı memnuniyetindeki artışa rağmen, kullanıcılar gürültülü ve zor dinleme ortamlarında zorluklarla karşılaşmaya devam etmektedirler. İşitme cihazlarının birçok kişi için işitilebilirliği yeteri kadar geri getirebildiği odyogram üzerinde gösterilse bile, hastaların yaşadığı iletişim sorunlarının tatmin edici bir şekilde çözülmediği gösterilmiştir (3).

İşitme cihazlarının çoğu, öncelikle çok kanallı geniş dinamik aralık sıkıştırması yoluyla DTH'leri tarafından artık sağlanmayan amplifikasyon ve sıkıştırmanın yapay

olarak değiştirilmesine hizmet eder. Bu yaklaşım, zayıf seslerin işitilmesini geliştirir ve bu durum odyogram üzerinde gösterilebilir. Ancak ne yazık ki, bu gürültülü ortamlarda konuşma anlaşılırlığını düzeltmek için yeterli değildir (131). Mevcut işitme cihazlarının çoğu konuşma işlemcileri, yönlü mikrofonlar, frekans dönüşümleri gibi ek özellikler içerir. Bu özellikler belirli durumlarda faydalı olabilir ancak genel olarak sadece küçük ek faydalar sağlar (132). Bunun en önemli nedeni, işitmenin yalnızca iletişime doğru giden olaylar dizisindeki ilk adım olmasıdır. En yüksek teknolojiye sahip olanları da dahil olmak üzere işitme cihazları dinleme ya da anlama becerilerini geliştirmekte tek başlarına yeterli değillerdir. İşitme cihazları artmış akustik bilgi sağlar, ancak tek başlarına beyni veya hastanın davranışını doğrudan değiştiremezler (7, 133, 134).

İşitme cihazı kullanmaya başlamak, bir öğrenme sürecine girmek demektir. Sadece işitme cihazı kullanımını öğrenmek değil, sesin yeni kalıplarını almayı da öğrenmek gerekecektir. YBİK'da işitme cihazı kullanmaya başlama zamanı, işitme kaybının başlamasından yaklaşık on yıl sonradır (12). Bu süre içinde, beyinde işitsel yoksunluğa bağlı yeni bir organizasyon oluşur (135). YBİK'da, işitsel eğitimi içeren işitsel rehabilitasyonun gerekliliği ve önemini anlatmak için kulak ve beyni, aralarında iletişim olan iki kişiye benzetmek faydalı olabilir. Çünkü işitme kaybının etkisi, basitçe kulağın beyne daha sessiz konuşması değil, artık beynin anlamadığı kısmen yeni bir dil konuşmasıdır (4). Normal durumda, dinleme sırasında, santral işitsel sistemden gelen sinirsel aktivite kalıpları farklı konuşma elementlerinin temsilinin depolandığı dil merkezlerine, eşleştirilmek üzere gönderilirler. Ancak gelen sinirsel aktivite kalıpları, özellikle de bozuk bir işitsel sistemden geliyorsa bozulur, saklanan temsillerle eşleşme net olmaz. İşitme kaybının süresi uzadıkça, bellekte saklı dil temsilleri de zayıflayabilir (76). Bu durumda işitme cihazları kulağın daha yüksek sesle konuşmasını sağlar, ancak kulağın ne söylediğini beynin ana diline çeviremez. İşitme cihazının, işitme kaybının karmaşık etkileri karşısında sınırlı kaldığı alanlar vardır. İleri derecede koklear hasar olan vakalarda bu karmaşık etkileri karşılamak olanaksız olabilir. İşitme kaybı orta derecede olsa bile, bir işitme cihazı gelen sesi, işitme kaybından önce oluşan nöral aktivite modellerini ortaya çıkaracak şekilde dönüştürmesi günümüz teknolojisinde mümkün değildir (4).

İşitme cihazının konuşma ayırt etmek için gerekli işitilirliği sağlamada sınırlılıkları vardır. Buna bir örnek DPOAE'ler ile verilebilir. İki frekanslı bir ses kulağa girdiğinde, koklea tarafından orijinal ikisinin karmaşık bir birleşimi olan üçüncü bir frekansta ek bir ses oluşturulur. Bu değişiklikler, distorsiyon ürünü otoakustik emisyonları olarak ölçülür ve DPOAE'lerin olmaması bozulmuş koklear fonksiyonun göstergesidir. Ama bu distorsiyonlar sadece kokleadan DKY'na doğru gönderilmez, aynı zamanda beyne gönderilen nöral aktivite ortaya çıkarırlar. İşitme cihazı frekans hassasiyetini sesi amplifiye ederek restore edebilse bile, distorsiyonları yaratamaz ve bundan dolayı işitme kaybından önce bu distorsiyonlarla birleşen nöral aktivite ortaya çıkmaz. Bu distorsiyonların, konuşma gibi geniş bant sesleri dinlemede bağlantısı gösterilemeyebilir, ancak işitme cihazının geri getiremediği karmaşık işlevselliği temsil ederler. Bu işlevsellik olmadan, konuşmayla ortaya çıkan sinirsel aktivite kalıpları beynin sağlıklı kulaktan beklemeyi öğrendiklerinden çok farklı olur. Sonuç olarak, beyne hasarlı bir kulaktan gönderilen işitme siniri aktivite kalıpları, önceki kalıplardan niteliksel olarak farklıdır ve beyin bu yeni kalıpları tanımadığından algı bozulur (136).

Gizli işitme kaybı (Hidden hearing loss), yaşlılarda görülebilen, odyogramda işitme eşikleri normal sınırlarda olmakla beraber, özellikle gürültüde konuşma ayırt etme şikâyeti ile birleşen durumdur. İşitsel işlemleme bozukluğu da denir. YBİK'da, DTH'nde etkilenmeyle beraber, işitme sinirini doğrudan etkileyen işitme kaybı da görülebilmektedir. Yapılan son çalışmalarda, özellikle, periferik akson veya İTH'nin sinaptik terminaline zarar veren, fonksiyon kaybıyla sonuçlanan bir işitme siniri dejenerasyon formuna dikkat çekilmiştir. Bu sinaptopati, işitme siniri hücre gövdesinin kaybından çok önce ortaya çıkabilir (137, 138) ve standart klinik odyometrik testlerde etkileri belirgin olmadığı için "gizli işitme kaybı" olarak adlandırılmıştır (139).

Sağlıklı bir kulakta bile, DTH amplifikasyonu, gelen sesi tek bir işitme siniri lifinin dinamik aralığına sıkıştırmak için yeterli değildir. Bu nedenle, geniş bir ses seviyesi aralığında diferansiyel duyarlılık, yalnızca her biri farklı bir aktivasyon eşiğine sahip olan ve nispeten küçük bir aralıkta duyarlılık sağlayan farklı lif popülasyonlarında paralel işlem (dinamik aralık fraksiyonlama) ile sağlanır. Konuşma

sırasında değişen şiddet farklılıkları, bu farklara göre uyarılan işitme siniri liflerinin kaybı sonucu algılanamaz (140).

İşitme kaybının etkileri kulağın ötesinde beyne uzanır (141). İşitme kaybının yaygın olarak gözlenen bir etkisi, santral işitsel yol boyunca GABAerjik ve gliserjik nörotransmisyondaki değişikliklerin aracılık ettiği inhibisyon özelliğinde azalmadır. İnhibisyon, frekans ayarını keskinleştirir ve bazillar membranda (BM) sinyalin seçici olarak yükseltilmesini sağlar. Bu seçicilik, konuşmadaki önemli frekansların gizlenebileceği gürültülü ortamlarda kritiktir. Kulağın gelen sesin basit bir frekans analizini gerçekleştirdiği fikri, kokleanın fonksiyonunu açıklamada yeterli değildir. DTH tarafından sağlanan amplifikasyon ve sıkıştırma doğrusal olarak işlemez, ancak görece basittir ve en azından teoride mevcut işitme cihazları ile restore edilebilir. Bununla birlikte, her bir DTH BM hareketini sadece bağlı olduğu koklea bölgesinde değil aynı zamanda başka yerlerde de modüle edebilir. Sonuç olarak, sağlıklı bir kulağa giren ses, çapraz frekans etkileşimleri oluşturan karmaşık doğrusal olmayan işlemlere tabi tutulur. Bu etkileşimler nedeniyle, yükseltme sadece gelen sesin frekansı ile değil, aynı zamanda diğer frekanslarla da ilgilidir. Çapraz frekans etkileşimlerinden dolayı, gelen bir ses tarafından ortaya çıkan işitme siniri aktivitesinin modeli, temelde bir dizi yoldan basit frekans analizine karşılık gelecek olandan sapmaktadır (136).

İşitme cihazlarıyla özellikle ilgili olan bir etki, artan ses seviyesi ile beyin aktivitesinde (ve dolayısıyla algılanan ses yüksekliği) anormal derecede hızlı bir büyüme olan rekrutmen kavramıdır. Rekrutmen dinamik aralığı daraltarak, konuşma algısı için kritik olan ses seviyesindeki dalgalanmaları engeller ve hem duyulabilir hem de rahat olduğu küçük bir seviye aralığı bırakır (142).

Tipik yaşa bağlı SNİK ile fonetik analiz için erişilebilir akustik ipuçları değişir ve yüksek frekanslı girdiler yavaş yavaş kaybolur. Bazı fonetik işaretler (örneğin, temel ve ilk formant tarafından taşınan) çok az etkilenirken, diğerleri (örneğin, yüksek frekanslı sürtünme enerjisi, patlamalı sesler, ikinci ve daha yüksek formatlı geçişler) değişen derecelerde zayıflar. İşitme cihazlarının temel varsayımı, işitme kaybının sinirsel aktiviteyi ilk seviyesine geri yükleyerek çözülebilecek bir hassasiyet kaybı olduğudur. Ancak, bu aşırı basitleştirilmiş bir açıklama olur. Şöyle ki; işitme kaybı sadece sinirsel aktiviteyi zayıflatmaz, onu derinden bozar. Konuşma algısı yalnızca

genel nöral aktivite seviyesine değil, aynı zamanda nöronlar arasındaki spesifik aktivite kalıplarına da bağlıdır (143).

YBİK'larında, işitme cihazları, yüksek frekanslı sesleri yükselterek koklear fonksiyon bozukluklarını kısmen telafi edebilirken, uzun süredir devam eden periferik işitme kaybı, aynı zamanda, sinaptik bağlantılarda ve dendritik arborizasyonda değişiklikler de dahil olmak üzere santral işitsel sistemde nöroplastik değişiklikler yaratacaktır. İşitme cihazları tarafından sağlanan yeni yükseltilmiş işitsel girdiler fonksiyonel nöroplastisiteyi artırabilirken (144), anormal sinaptik bağlantılar anında yeniden normalleşmeyecektir. Normalleşme, işitme cihazı kullanımı devam ettikçe kademeli algısal değişikliklere yansıyabilir (145). Bununla birlikte, etkileri genellikle küçüktür ve tutarsız bir şekilde elde edilir. Bu minimum alışma faydasının (acclimatization) işitsel algıyı normalleştirmek için gerekli olan nöroplastik değişiklikleri tek başına gerçekleştiremeyeceği gösterilmiştir (146). Sadece işitme cihazı kullanmayla dinleme (*acclimatization*), birkaç olası nedenden dolayı başarısız olur. İlk olarak, birçok işitme cihazları, geniş bir konuşma sesi aralığında, tutarlı yüksek frekanslı konuşma ipuçları sunamaz, böylece algısal öğrenme sürecini zorlaştırır. İkincisi, günlük iletişimdeki bilgiler nöroplastisite için yetersizdir. Şöyle ki; görsel, anlamsal ve alçak frekanslı fonetik ipuçları, genellikle normal yüksek frekanslı fonetik ipuçlarını kullanmadan bilgi anlamaya izin verir. Aslında, işitme kayıplı bireyler, yüksek frekanslı işaretlerin daha gerekli hale geldiği zor, yüksek gürültülü durumlardan kaçınmaya çalışabilir. Son olarak, fonem işleme hataları hakkındaki geri bildirimler ertelenir ve normal konuşmada tutarsızlık gösterir, böylece kişiler algısal değişikliklerin gerçekleşmesi için gereken kritik bilgilerden yoksun kalırlar (11).

Çoğu durumda yüksek maliyetler, özellikle de göreceği faydanın ödeyeceği fiyatı karşılamayacağını düşünüyorlarsa, hastaların işitme cihazı almaktan kaçınmalarına yol açar. Değerlendirmeye işitsel işlemlemeyi ve işitsel eğitimi dahil etmek, bu tür hastaların sofistike ve pahalı bir işitme cihazı satın alma konusunda kendinden emin hissetmeleri için bir temel sağlayabilir. Odyologlar, hastaların işitsel eğitimin önemini anlamalarına yardımcı olarak ve bu eğitimi işitme cihazı ayar sürecinin bir parçası şeklinde sunarak bu durumda önemli bir rol oynarlar (147).

Sonuç olarak, işitme kaybı olan insanlar için iletişimi geliştirmek söz konusu olduğunda, yalnızca işitme cihazının tek başına yeterli seçenek olmadığı açıktır. İşitsel

rehabilitasyon için, algısal eksikliği iyileştirecek işitme cihazları, FM sistemleri, kablosuz sistemler gibi yönetim stratejileri, iletişim stratejileri, günlük hayata katılımı cesaretlendirici danışmanlık ve algısal eğitimi içeren bütüncül bir yaklaşım önerilir (15). Özellikle yaşlı bireyler için, eğitim ve deneyim olmadan sunulan yeni ve kısmi işitsel ipuçlarını anında ve en uygun şekilde sentezleyebileceklerini beklemek gerçekçi değildir. Bu nedenle, işitsel rehabilitasyonda, hastaların işitme cihazı ile iyileştirilmiş işitmelerini, dinleme, anlama ve başarılı iletişim stratejileriyle tamamlayarak işitme cihazlarından elde edilen faydayı artırmak için işitsel eğitim gereklidir (16).

2.7.4. İşitsel Rehabilitasyonda Bilişsel Eğitimin Katkısı ve İşitsel Eğitim-Bilişsel Eğitim Etkileşimi

İşitme kayıplı yaşlıların gürültüde yaşadığı zorluklar, işitme ve biliş arasındaki bağlantıya son zamanlarda yoğun ilgi görmesine neden olmuştur (59). Yaşlı yetişkinler sıklıkla işitme kaybı ve bilişsel gerileme yaşarlar ve araştırmalar ikisi arasında davranışsal ve potansiyel bir patofizyolojik ilişki olduğunu gösterir (105). İşitme kayıplı kişilerin konuşma anlama becerilerinin geliştirilmesi için uygulanan işitsel eğitimden en iyi sonuç işitsel-bilişsel eğitim kombine edilerek sunulduğunda alınır ve işitsel eğitim, bilişsel eğitim ile ortak süreçleri de paylaşır (100).

Bilişsel eğitim, farklı bilişsel işlevlerin iyileştirilmesi/alıştırması için standartlaştırılmış, bilişsel olarak zorlayıcı görevler ile ilgili eğitimi ifade eder (148). Bilişsel eğitimin temel amacı bilişsel işlevi geliştirmektir. Ancak dinleme ve biliş arasındaki ilişki göz önüne alındığında, bu eğitim türünün işitme kaybı olan yetişkinler için hem işitsel algıda hem bilişsel alanlarda yararları olabildiği gösterilmiştir. İşitsel eğitimin temel amacı, işitsel becerilerin geliştirilmesidir, ancak son kanıtlar beraberinde bilişte iyileşmeler olabileceğini göstermektedir (100, 109, 116).

Bilişsel eğitim de işitsel eğitim gibi, işlevi iyileştirmek için nöral plastisiteden yararlanmayı amaçlar (149). İşitsel eğitim ve bilişsel eğitim, sinirsel plastisiteyi ortaya çıkarmak ve işitme engelli yaşlılarda bilişsel işlevi geliştirmek için en uygun koşulları sağlayabilir (150). Dil ve dinleme yetenekleri için bilişsel becerilerin gelişiminin duyusal işlemenin geliştirilmesiyle eşit, hatta belki de daha önemli olabileceği öne sürülmüştür (151).

2.7.5. Yaşlılarda İşitsel Eğitim Uygulamaları ve Hedefler

İşitsel rehabilitasyon, işitme, dinleme, anlama ve iletişim becerileri için potansiyel çözümler sağlamalıdır. Aşağıda verilen unsurlar işitsel eğitim programının çerçevesini belirler:

Kullanılan eğitim yaklaşımı : Analitik eğitim; ağırlıklı olarak periferik algıdan etkilenir ve bu nedenle aşağıdan yukarıya işleme (bottom-up) olarak kabul edilir. Aşağıdan yukarıya işlemleme, algının bilişi ve iletişimi etkilediği anlamına gelir. Aşağıdan yukarıya doğru eğitim, nöroplastisiteyi artırarak gelişim için belirli işitsel becerilerin kullanılmasıyla ilgilidir. Konuşma sesi ayırt etme, fonolojik farkındalık, gürültüde konuşma sesi ayırt etme gibi alanlardaki uygulamaları içerir. Temelden üst düzeye kadar dört temel işitsel beceri düzeyi (sesi fark etme, ayırt etme, tanıma, anlama) üzerine kurulur. Sentez yoluyla yapılan (synthetic) eğitim, yukarıdan aşağıya (top-down) işlemlemeyi kullanır ve söylemin genel anlamının tanınmasına dayanan eğitimi ifade eder. Konuşma sinyalinin her bir parçasının farkındalığını, tanınmasını ya da anlaşılmasını gerektirmez. Aktif dinleme becerileri oluşturmaya ve bilişsel işlemlemeyi arttırmaya çalışır. Dinleyiciye dikkat, bağlamsal kullanım,işitsel tamamlama, kelime bilgisi, onarma stratejileri, dilbilgisi, muhakeme ve iletişim hakkında bilgi sahibi olmak gibi çeşitli iletişim stratejilerini kullanmak öğretilir. Kelimeler, cümleler ya da devam eden konuşma gibi uzun konuşma uyaranları kullanılır. Bu yaklaşım bilişin algıyı etkilediği kavramına dayanır. Gerçekte iki yönlüdür, algı bilişi biliş de algıyı etkiler. Bu nedenle birçok işitsel eğitim programı iki türden de eğitimi içerir (152, 153).

Eğitimin zorluk seviyesi ve ilerlemesi: Eğitim tipik olarak kolaydan zora doğru ilerler. Örneğin dinleyicinin belirlenmiş cevaplar arasından seçim yaptığı kapalı uçlu cevaplar, seçenek olmadan cevap verdiği açık uçlu cevaplardan daha kolaydır. Benzer olmayan kelimeler benzer kelimelerden daha kolaydır. Yüksek SGO, düşük SGO'dan daha kolaydır.

Kullanılacak uyaran türü: Konuşma sesi, konuşma sesi olmayan sesler şiddet, süre, frekans farklılıklarına, uyaranın yükselme-düşme süreleri, uyaranlar arası aralıklar ve verme şekli, yani monotik, diotik ya da dikotik olması gibi faktörlere göre

uyaran türü oluşturulabilir. Kullanılacak uyaran türünün kararı, eğitimde hedeflenen özel işlemleme yeteneğine bağlıdır.

Zaman sınırlaması: Kalıcı öğrenme ve genelleme için gereken en kısa zamanı belirlemek işitsel eğitim programı oluştururken önemlidir. Öğrenme prosedürel ve algısal öğrenme olarak sınıflandırılabilir. Gerçek hayatta karşılaşılan durumlar için genelleme oluştuğunda algısal öğrenme gerçekleşir. En iyi algısal öğrenmeyi sağlamak için gereken zaman muhakkak ki çoklu faktörlere bağlıdır (153). Başarılı sonuç rapor edilmiş çoğu çalışmada kısa sürede çok sayıda eğitim seansı uygulandığı görülür (109, 154).

Görsel bilgilerin kullanılma durumu: Dudak okuma, işaret gibi görsel yöntemlerin kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir.

Eğitimin etki süresi: Seanslarda kazanılan becerilerin günlük hayata genellenmesi ve görülen faydanın devamlılığıdır (111, 155).

2.7.6. İşitsel Eğitimin Etkisinin Ölçülmesi

Herhangi bir işitsel eğitim programının anahtar komponenti, işitsel eğitimin etkisinin farklı tipte test prosedürleriyle ölçülmesidir. Geleneksel olarak, davranışsal konuşmayı algılama testleri, işitsel işlemleme becerisi, gürültüde ve sessizlikte konuşma ayırt etme/tanıma ve eğitimin sonuçlarını ölçmek için kullanılır. Bu testler davranışsal olarak değerli bilgiler verirler. Ancak dikkat, motivasyon ve öğrenme gibi faktörlerden de etkilenirler. Son zamanlarda, işitsel işlemleme, konuşma ayırt etme ve plastisiteyi ölçmek için, dikkatler daha objektif ve noninvasif olan işitsel uyarılmış potansiyeller üzerinde toplanmıştır [Mismatch Negativity (MMN), P300] (141, 156, 157). Fonksiyonel görüntüleme teknikleri de işitsel eğitim sonucunda santral işitsel işlemleme sisteminde olan değişiklikleri göstermek için kullanılmaktadır (95).

2.8. Konuşma Ayırt Etmenin Objektif Değerlendirilmesi

2.8.1. Olaya Bağlı İşitsel Potansiyeller

İşitsel uyarılmış potansiyeller (İUP), akustik uyarana cevap olarak periferik ve/veya santral işitsel sistem yapıları içinde bir ya da daha fazla kaynaktan doğan elektrofizyolojik tepkilerdir. Kafa derisi, kulaklar ya da kulak içinde belirli bölgelerden kaydedilen bu tepkiler, uyaranların sunumundan sonra, ardışık zaman noktalarında pozitif ve negatif voltaj sapmaları ile dalga formları olarak belirir. İUP'ler eksojen ya da endojen olarak kabul edilmelerine göre sınıflanabilir. Eksojen potansiyeller, zorunlu, uyaranın fiziksel özelliklerinden etkilenen, duyusal uyarılmış potansiyellerdir. Bu potansiyeller genel olarak geç latanslara kadar tüm İUP'leri içerir. İşitsel beyinsapı cevapları (ABR) eksojen potansiyellere klasik bir örnektir. Endojen potansiyeller, aksine, uyaranın fiziksel özelliklerine daha az, uyaranla ilgili bağlamsal etkenlere daha fazla bağlıdır (158). Bu potansiyeller çok uzun latansa sahiptir. Endojen potansiyeller, bir tekrarlı uyaran dizisinde seyrek bir uyaranı dinlemek gibi belirli bir olaya karşı dikkat, bellek gibi fizyolojik işlemlere de dayanarak ortaya çıkar. Bu potansiyellerin bağlamsal, zorunlu olmayan doğalarından ötürü, endojen potansiyeller uyarılmış potansiyeller olarak değil, olaya-bağlı potansiyeller (*event-related potentials*, ERPs) olarak adlandırılır. Olaya bağlı işitsel potansiyeller P300 ve MMN potansiyelleridir (139).

2.8.2. Mismatch Negativity (MMN)

Akustik çevredeki küçük değişiklikler, MMN'ye yansıyan otomatik bir işitsel değişim algılama mekanizmasını devreye sokar. Tekrarlanan veya bilinen olayların akışına gömülü bir yabancı veya seyrek olayın sunumu, elektroensefalografi (EEG) ve manyetoensefalografi (MEG) gibi elektrofizyolojik tekniklerle invaziv olmayan şekilde kaydedilebilen uyarılmış bir yanıtla sonuçlanır (159). MMN beynin, işitsel uyaranda belirli bir limiti aşan ve kabaca davranışsal ayırt etme eşiğine karşılık gelen herhangi bir değişikliğe otomatik yanıt vermesi ile üretilir. Otomatik doğası göz önüne alındığında, MMN işitmede dikkat öncesi bilişsel işlemlerle ilişkilendirilebilir ve bu yüzden işitsel korteksteki 'ilkel zekayı' yansıtır (160). MMN'nin ortaya çıkışı, yeni duyusal girdi ve önceki uyaranları temsil eden duyusal bellek izi arasındaki otomatik

bir karşılaştırmadan kaynaklanmaktadır. En yaygın yorum MMN, işitsel dizideki düzen bozulduğunda ortaya çıktığıdır (23), ve mevcut duyusal girdiyi önceki uyaranlara ait bir bellek izi ile karşılaştıran bir temporo-prefrontal ağın, skalp seviyesinde bu cevabı oluşturmaktan sorumlu olduğudur (19). Adaptasyon hipotezi, yeni uyarana karşı oluşan N1 cevabın, tekrarlayan sese karşı oluşan N1 cevabından çıkartılmasının sonucu olduğunu öne sürer (161). MMN oluşumu ile ilgili tahmine dayalı kodlama adı verilen hipoteze göre ise beyin, hiyerarşik olarak organize olmuş kortikal sistem olarak kabul edilir, her bir aşama aşağıdan gelen algısal girdiyle ilgili (bottom-up), yukarıdan sağlanan öngörücü bilgi (top-down) arasında uzlaşmayı yakalamaya çalışır. Bu çerçeve içinde MMN yukarıdan aşağıya bilgiyi tahmindeki hatanın ve tahmin hatasına uygulanan baskılamanın sonucudur (162).

Kraus ve ark. (163), MMN'yi periferik kodlamadan sonra oluşan santral duyusal temsil olarak tanımlar. Genel anlamda bir fizyolojik fark eşiği olarak düşünülebilir. Konuşma ve konuşma olmayan geniş bir çeşitlilikte ses uyaran olarak kullanılarak MMN ortaya çıkarılabilir. Sesin şiddet, frekans ve süresindeki değişiklikler, ses atlamaları, uyarandaki boşluklar, uzamsal değişiklikler, uyaran başlangıç asenkronizasyonundaki değişiklikler ile MMN kaydedilmiştir (163).

MMN "oddball" paradigması ile ortaya çıkartılır. Oddball ara sıra sapan bir uyaranın (hedef ya da seyrek uyaran olarak da bilinir), bir dizi standart uyaran (sık uyaran olarak da bilinir) ile iç içe geçtiği bir dizidir. Cevap tanımlama ve değerlendirme için, sık ve seyrek uyaranların ayrı ayrı ortalaması alınır ve bir fark dalgası elde edilir. Tipik kayıt durumunda kişi kitap okur ya da sessiz olarak video izler. Kişinin dikkatini sese vermesi diğer kortikal potansiyellerin (N2b ve P3) güçlenmesine neden olur.Standard uyaran, baskın N1 (Uyaran başlangıcından yaklaşık 100 ms sonra oluşan tepe noktası) ve P2 (180–200 ms sonra oluşan tepe noktası) bileşenleri olan tipik ERP oluştururken, buna karşılık seyrek uyarana karşı oluşan ERP içinde ek bir negatif bileşen vardır ve MMN adını alır. MMN, N1 dalgasının tepe noktasında başlar ve P2 bileşeni ile üst üste gelir (139). MMN latansı, uyaranın başlangıcından itibaren 100 ila 250 msn arasındadır (164).

MMN santral işitsel işlemleme ve altında yatan nörofizyoloji anlamak için eşsiz bir pencere açar. MMN, santral işitsel algı biyolojik alt tabakasını, farklı işitsel bellek biçimlerinin yanı sıra işitsel duyusal girdinin bilinçli algıya ve daha yüksek

biçimlere erişimini kontrol eden dikkat çeken süreçleri oluşturan beyin süreçleri hakkında yeni bir anlayış seviyesine ulaşılmasını sağlar (165).

2.8.2.1. MMN'nin Alt Bileşenleri ve Nöral Üreteçleri

MMN için belirlenmiş birçok jeneratör bölge vardır. Yetişkinlerde ana jeneratörler, iki taraflı primer ve sekonder işitsel kortekslerde temporal lobun üst yüzeyinde bulunur. Baskın olarak sağ hemisferik frontal kaynak ve subkortikal kaynaklar da vardır (18, 19). Näätänen'in modelinin ışığında, MMN altında yatan iki süreç tarafından oluşturulur Bunlar; temporal jeneratörlerle ilgili bir algısal bellek mekanizması ile frontal jeneratörlerle bağlantılı bir otomatik dikkat yönlendirme mekanizmasıdır (166). Supratemporal bileşen, muhtemelen, algısal değişiklikleri yakalamakla birleşir (167). Frontal bileşen işitsel bir değişimin neden olduğu istemsiz dikkatin başlamasıyla ilgili görünmektedir (19, 168, 169).

2.8.2.2. MMN Ölçümünde Gelişimin ve Yaşın Etkisi

Genel olarak, MMN'nin topografisinde bebeklikten erişkinliğe kadar, özellikle sol ve ön elektrot bölgelerinde, önemli maturasyon değişiklikleri görülür. Topografik değişikliklere ek olarak latans değişiklikleri de maturasyon ile birlikte görülür. Maturasyonla latans değerlerinde azalma bildirilmiştir (169). MMN işitsel sistemin plastisitesinin bir göstergesi olarak doğal yaşlanma sürecine ilişkin bilgi de sağlar. İlerleyen yaşla birlikte işitsel duyusal bellek izinin süresinin azaldığı bulunmuştur (8). Yaşla birlikte MMN amplitüdünde azalma görülür (170). Akustik uyaranların işlenmesindeki hassasiyetin azalması, yaşlı erişkinlerde nöral yavaşlamanın da bir sonucu olabilir (96).

2.8.2.3. MMN'nin İşitsel Rehabilitasyon Değerlendirmesinde Kullanımı

MMN, öğrenme sonrası nöroplastisiteyi araştırmak için birçok çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmalara göre, MMN amplitüdü, latansı ve süresi dil eğitimi ve işitsel eğitimle değişebilir (8, 23-27). MMN, Kİ'lılar için işitsel rehabilitasyonun değerlendirilmesinde bir araç olarak da hizmet verebilir ve işitsel eğitim sonucunda işitsel ayırt etmedeki gelişmeyi yansıtabilir (23, 25, 171, 172).

MMN hassasiyeti davranışsal ayırt etme eşiğini karşılar, bu hem normal grup hem de klinik popülasyonu için geçerlidir. Klinik popülasyonda, Kİ'lılarda, konuşma algılama ve MMN amplitüdü arasında yakın ilişki bulunmuştur (8, 173). Algısal öğrenmenin mekanizmasını anlamak için birçok çalışmada MMN kullanılmıştır. MMN ile gösterilen nöral aktivitede, eğitim ile ilişkili değişikliklerin konuşmanın davranışsal ayırt edilmesinden önce olduğu, değişikliklerin işitsel eğitimden kaynaklanan nörofizyolojik değişiklikleri izleyebileceği bildirilmiştir (174).

2.9. Türkçe Matris Test

Türkçe Matris Test, Türkçe için geçerli odyometrik konuşma testlerinden birisidir. Aynı yapının mevcut testleriyle aynı prensiplere göre geliştirilmiştir (175, 176) ve Türkçe Matris Test, düşük dereceli bir anlamsal bağlam gösterir ve bu da araştırma ve rehabilitasyon uygulamaları gibi sık tekrarla test etmenin gerekli olduğu ortamlar için daha uygun olmasını sağlar. Matris testleri; teşhis, işitme cihazı ile ya da işitme cihazsız uygulamalarda, cerrahi öncesi ve sonrası uygulamalarda, farklı işitme cihazları ya da aynı işitme cihazı için farklı ayarların etkisinin gösterilmesinde kullanılabilir. Bu gibi durumlarda genellikle serbest alan testi uygulanır. Matris testleri gürültüde konuşma tanıma eşiğini ölçme testleri oldukları için konuşma ve gürültü farklı yönlerdeki farklı hoparlörlerden verilerek, gerçek ortamların değerlendirilmesine yardımcı olabilir (28).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Doktora Programına bağlı olarak yürütülmüştür. Çalışmada işitsel eğitimin, işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme düzeyi üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için işitsel eğitim programı hazırlanmış, katılımcılardan çalışma ve kontrol grupları oluşturulmuştur. Eğitim programının etkinliği davranışsal ve elektrofizyolojik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Araştırmanın Etik Kurul izni, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu tarafından verilmiştir (23.02.2018 tarih, 25 sayılı etik kurulu proje onay belgesi Ek 1'de verilmiştir). Katılımcılara Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu (Ek 2) imzalatılmıştır. Çalışmamız, İstanbul Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Odyoloji Ünitesinde yapılmıştır.

3.1. Bireyler

Çalışma, 60-80 yaşları arasında, yaşa bağlı işitme kaybı olan bireyler ile yapılmıştır. İstatistiksel açıdan anlamlılık sağlayabilmek için katılımcı sayısı belirlenirken güç analizi kullanılmıştır. Güç analizi sonuçlarına göre çalışma grubunda 20, kontrol grubunda 20 birey ile çalışmaya başlanmıştır. Çalışma grubunda 3 bireyin işitsel eğitim seanslarına devam etmemesi, kontrol grubunda 4 bireyin son teste katılmaması nedeniyle çalışma grubunda 17, kontrol grubunda 16 olmak üzere toplam 33 bireyin verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmaya;

1) Her iki kulağında işitme cihazı kullanması
2) 3 ay – 1 yıl arasında işitme cihazı kullanma deneyimi olması,
3) 1 yıldan daha uzun süre ile yüksek gürültülü ortamda çalışmış olmaması,
4) Nörolojik ve psikiyatrik ek problemi olmaması (Mini Mental Test'te 24 puan alan),

5) Hikayesinde kronik orta kulak problemi ve uzun süreli ototoksik ilaç kullanımı olmaması,
6) İşitme kaybı 500 Hz'de en fazla 40 dB, 4 kHz'de en fazla 80 dB olması ve azalan tipte odyogram elde edilmesi
7) Konuşmayı Ayırt Etme Testi skorlarının %60 ve üzerinde olması

Kriterlerini karşılayan kadın ve erkek bireyler dahil edilmiştir. Kontrol grubu yukarıda verilen özelliklere uygun olan kişilerden oluşturulmuştur. Tüm bireylere çalışma ile ilgili bilgi verilmiş ve klinikte verilecek işitsel eğitime katılım sağlayabilecek olanlar çalışma grubuna alınmıştır.

3.2. Çalışma Protokolü

Çalışma, İstanbul Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Kulak Burun Boğaz Kliniği ve Odyoloji Bölümü'ne başvuran, çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan ve çalışmaya katılmayı kabul eden hastalarla yapılmıştır.

Çalışmaya alınan hastalar öncelikle uygulanacak testler konusunda bilgilendirilmiştir.

Değerlendirmeye odyometrik ölçümlerle başlanmıştır. İşitme cihazı kazançları düşük bulunan hastaların işitme cihazı ayarları konuşma frekanslarında amplifikasyon sağlaması hedeflenerek araştırmacı tarafından yapılmıştır.

Gürültüde konuşma anlaşılırlığı ön testi için Türkçe Matris Konuşma Tanıma testi kullanılmıştır. Elektrofizyolojik ölçümler için Interacoustics marka Eclipse EP25 model ABR cihazı kullanılmıştır. Aynı seansta Mini Mental Test uygulanmıştır.

Ön testler tamamlandıktan sonra hasta ile işitsel eğitim uygulamaları için bir program oluşturulmuştur.

<u>İşitsel eğitim programının hazırlanması:</u>

Uygulanan işitsel eğitim programı araştırmacı tarafından aşağıdaki gruplamaya göre oluşturulan hedefleri karşılamak amaçlanarak hazırlanmıştır:

1. Fark etme

- Sessiz fonemleri fark etme (kapalı uçlu ve açık uçlu cevap sırasıyla)

2. Ayırt etme
    - Kapalı uçlu kelime ayırt etme
    - Anlamlı hece ayırt etme (üretim yerlerine göre) (kapalı- açık uçlu cevap sırasıyla)
    - Anlamlı hece ayırt etme [Ses başlama zamanı (VOT) özelliklerine göre] (kapalı-açık uçlu cevap sırasıyla)
3. Tanıma
    - Anlamlı hece tanıma (üretim yerlerine göre) (kapalı- açık uçlu cevap sırasıyla)
    - Anlamlı hece tanıma [Ses başlama zamanı (VOT) özelliklerine göre] (kapalı-açık uçlu cevap sırasıyla)
    - Kelime (yüksek frekans enerjisi taşıyan tek heceli kelime) tanıma (açık uçlu cevap uygulaması)
    - Kelime (yüksek frekans enerjisi taşıyan tek heceli kelime) tanıma
    - (Kapalı uçlu cevap uygulaması)
    - Anlamlı hece-kelime içinde hece – fonem tanıma (orta- yüksek frekans enerjisi taşıyan) (Kapalı uçlu uygulama yapılır)
    - Hece – fonem tanıma (orta- yüksek frekans enerjisi taşıyan) (Açık uçlu)
    - Hece tanıma-anlamsız hece içinde fonem tanıma (Üretim yeri farklılığı-Ses başlama zamanı ayırt etme sıralamasıyla. İhtiyaca göre açık-kapalı uçlu cevap ile)
4. Anlama
5. İşitsel bellek
    - Kısa süreli bellek / İşitsel sıralama (açık uçlu uygulama)
    - Çalışma belleği
6. Temporal işlemleme (zamana sıkıştırılmış hece, kelime, cümleler)
7. İşitsel dikkat
8. Hemisferler arası transfer becerisi

İşitsel eğitim programı için yukarıdaki hedefler doğrultusunda hem analitik hem bütüncül yaklaşımlar kullanılarak egzersizler hazırlanmış ve doküman haline getirilmiştir. Egzersizler oluşturulurken ilgili literatür taranmış, belirlenen hedeflere

uygun olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışmalar dinleme gelişimi ilkelerine uygun olarak sunulmuştur. Buna göre egzersizler, basitten zora olacak şekilde aşağıdaki içerikle sunulmuştur:

1) Cevap oluşturmaya yönelik; kapalı uçlu cevaptan açık uçlu cevaba doğru
2) Uyarı şekline yönelik; kelime – hece- fonem düzeyine doğru
3) Uyaran benzerliğine yönelik; benzer olmayandan benzer olana doğru
4) Dinleme durumuna yönelik; yüksek SGO'dan düşük SGO'ya doğru
5) Yapılandırılma durumuna yönelik; yapılandırılmıştan spontana doğru bir sıra izlenmiştir.

İşitsel eğitim programının içerdiği alıştırmalar birden çok hedefi karşılamak üzere uygulanabilecek şekilde hazırlanmıştır. İşitsel eğitim programı özeti Ek 3'de verilmiştir.

İşitsel eğitim programının uygulanması:

İşitsel eğitim 8 hafta sürmüştür. Haftada 1 kez klinikte 30 dakikalık seanslar yapılmıştır. İşitsel eğitim programı işitsel algı basamakları takip edilerek hazırlanmış kolaydan zora doğru alıştırmalar içerir. Alıştırmalar 8 hafta uygulanacak şekilde planlanmıştır. Seviyesi ve türüne göre bazı alıştırmalar için basılı ek çalışma kağıdı bulundurulur. İşitme cihazlı birey dinlediği ses, hece, kelime ya da cümleyi kendisine verilen bu çalışma kağıtlarından seçer. Bazı alıştırmalarda görsel ipucu kullanılmaz. Bireyin ihtiyacına göre uyaranlar önce işitsel-görsel yöntemle (dudak okuma ile), daha sonra sadece işitsel olarak sunulur. Alıştırmalar klinikte yaklaşık 8 m^2 standart görüşme odasında önce +15 dB SGO, sonra +5 dB SGO'da araştırmacı tarafından canlı ses kullanılarak sunulmuştur. Arka plan gürültü için oda içinde bireyin sağ ve sol tarafına 1m mesafeye yerleştirilen iki hoperlörden beyaz gürültü verilmiştir. Seanslarda yapılan egzersizlerden örnekler basılı hale getirilmiş ve bireyin telefonu ile sesli kayıt yapılmıştır. Birey materyalleri sesli okuma ve kayıtları dinleyip tekrar etme yoluyla haftada 5 gün 30 dakika olarak ev çalışması yapmıştır. Çalışma grubundaki tüm bireyler ile ilk alıştırmadan başlanmıştır. Bir sonraki aşamaya geçmek için başarı kriteri % 80 olarak belirlenmiştir. Başarı kriterini her birey farklı zamanlarda yakalayabilmiştir. Başarı kriterini karşılamaları uzun sürdüğünden, 3 birey belirlenen 8 haftalık çalışma süresinde işitsel eğitim programının tümünü tamamlayamamıştır.

Bu bireyler bulundukları seviyelerde çalıştırılmıştır. İşitsel eğitim öncesinde bireylere ilk test olarak elektrofizyolojik MMN testi ve davranışsal Türkçe Matris Test uygulanmıştır. 8 haftalık işitsel eğitim programı tamamlandıktan sonra aynı grupta MMN ve Türkçe Matris Test son test olarak uygulanmıştır ve bireylerin işitsel eğitim öncesi ve sonrası test sonuçları karşılaştırılmıştır. Kontrol grubuna işitsel eğitim verilmemiş ve çalışma grubu ile aynı zamanlarda aynı testler uygulanarak ilk ve son test sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.3. Veri Toplama Yöntemi

Odyolojik değerlendirme

Odyolojik testler Madsen Astera klinik odyometre kullanılarak IAC (Industrial Acoustic Company) standartlarındaki sessiz odalarda araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bireylerin odyolojik değerlendirilmesinde aşağıdaki testler uygulanmıştır.

Saf Ses İşitme Eşikleri: Bireylerin hava yolu işitme eşikleri 125-8000 Hz aralığında, kemik yolu işitme eşikleri ise 500-4000 Hz aralığında ölçülmüştür.

Konuşma Testleri: Canlı ses ile üç heceli kelimeler kullanılarak konuşmayı alma eşiği, fonetik dengeli tek heceli kelimeler kullanılarak en rahat ses seviyesinde konuşmayı ayırdetme yüzdesi saptanmış ve son olarak rahatsız edici ses seviyesi belirlenmiştir.

İşitme Cihazlı Serbest Alan Testi: İki taraflı işitme cihazları bireyin kulağında ve açık durumdayken, sessiz kabin içinde, 1'er metre mesafe ile sağ ve sola 90° derece açı ile yerleştirilen hoparlörler aracılığıyla saf ses uyaran kullanılarak 250-8000 Hz aralığında bireyin işitme cihazlı işitme eşikleri ve konuşmayı ayırt etme yüzdesi belirlenmiştir.

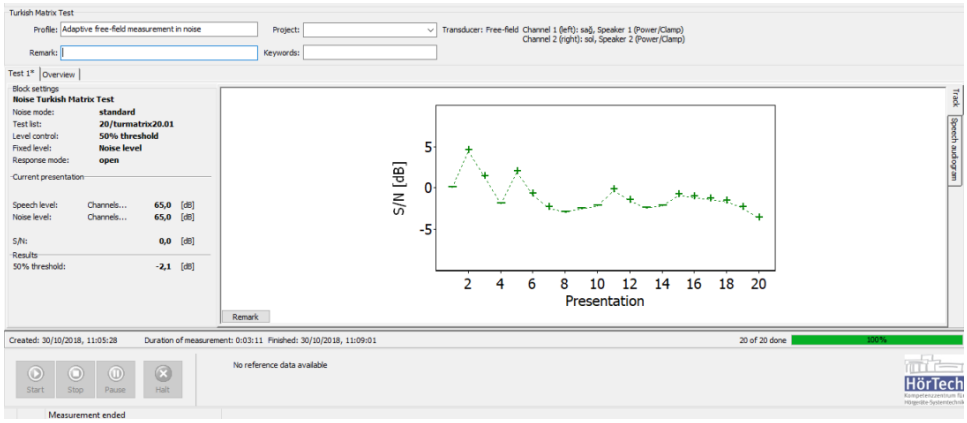
Türkçe matris konuşma tanıma testi

Hasta sessiz kabin içinde, işitme cihazları kulaklarında ve açık pozisyonda otururken sağ ve sol taraftan 1m mesafede bulunan her iki hoparlörden eş zamanlı olarak gürültü ve cümleler sunulmuştur. Hastanın doğru ya da yanlış/eksik tekrarlarına göre sinyal/gürültü oranı her bir uyaran için program algoritmasına göre otomatik

değişir. Toplam 20 cümle sunulmuştur. Böylece hastanın en rahat konuşma ayırt ettiği sinyal- gürültü oranı sayısal değeri belirlenmiştir.

Matris testleri hastalara uygulanmak üzere profesyonel bir odyoloji yazılımı olan Oldenburg Measurement Application (OMA) yazılımı içerisinden çalıştırılır. Bu yazılım piyasada mevcut pek çok odyometre ile uyumludur. Matris testleri genellikle adaptif bir prosedürle gürültüde %50 konuşmayı anlama eşiğini tespit etmek için uygulanır. Ancak %20 ve %80 arasında değişen konuşmayı anlama eşikleri için de matris testi yapmak mümkündür. Adaptif ölçümlerde gürültü seviyesi hastanın kolaylıkla işitebileceği bir seviyede (varsayılan seviye 65dB-SPL) sabit tutulur. İlk cümle (uyaran) hastaya 0 dB sinyal / gürültü oranında (0dB SGO) dinletilir. Takip eden cümlelerde konuşma seviyesi hastanın bir önceki cümleye verdiği yanıta göre belirlenir. Hastanın en az üç kelimeyi doğru olarak tekrar ettiği durumlarda sinyal / gürültü seviyesi düşürülür. Doğru tekrar edilen kelimelerin sayısı üçten az ise seviye artırılır. Sinyal / gürültü seviyesinin artma / azalma adımları değişkendir ve test ilerledikçe bu adımlar küçülür. Test sona erdikten sonra hastanın anlama eşiği en çok olabilirlik yöntemi ile (maximum likelihood) belirlenir. 20 cümleden oluşan bir testin uygulanması ortalama 4 dakika sürmüştür. 20 cümlelik bir testin ölçüm hassasiyeti +/- 1dB aralığında uygulanmıştır.

Türkçe Matris testte kullanılan cümleler aynı yapıdan oluşmuştur. (Türkçe'de özne-sayı-sıfat-nesne-yüklem dizilimi kullanılmıştır, örneğin "Seyhan sekiz temiz gömlek bulmuş") Test listeleri elli kelimelik bir envanterden (matris) rastlantısal olarak seçilmiş cümlelerden oluşur. Böylece her kategoride on kelime bulunur. Cümleler rastlantısal olarak oluşturulsa bile gramer yapıları doğrudur. Bu şekilde yaklaşık 100.000 değişik 39 cümle oluşturulabileceğinden, cümlelerin hatırlanması imkansızdır. Sonuç olarak kısa bir alıştırmadan sonra matris testi aynı hastaya test sonuçlarını etkilemeksizin defalarca uygulanabilir. 50 kelimelik temel düzeyden oluşan Türkçe ana tümce testinin konuşma materyalleri aynı sentaktik yapıya sahip on adet cümle içermektedir (28).



Şekil 3.1. Türkçe matris test kaydı örneği.

Mismatch Negativity Test

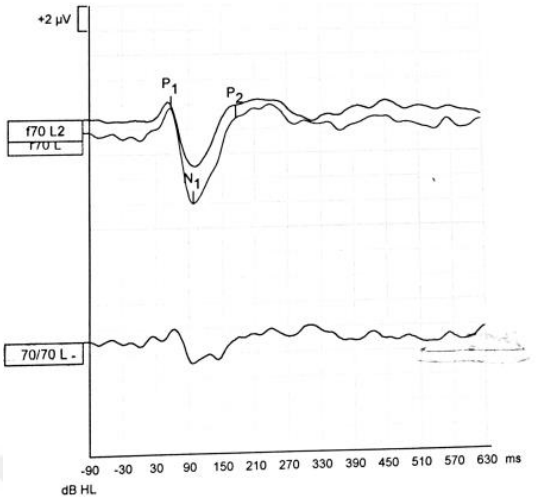
Mismatch Negativity (MMN) ölçümleri sırasında, katılımcılar rahat bir koltukta oturmuş ve kayıt sırasında kitap okumuşlardır. Okuma güçlüğü olanlar, kısık sesle film seyretmişlerdir. Elektrofizyolojik kayıtlar için Interacoustics Marka Eclipse EP 25 Model cihaz kullanılmıştır. Verteks (Cz) "noninverting", alın (Fpz) toprak elektrot, Inverting elektrotlar sağ mastoid (M2), sol mastoid (M1) olarak yerleştirilerek standart 2 kanal elektrot montajı yapılmıştır. MMN oluşturmak için oddball paradigması kullanılmıştır. Sık uyaran olarak 1000 Hz tone burst, seyrek uyaran olarak ise 1500 Hz tone burst kullanılmıştır. Seyrek uyaran %20 sıklıkla gönderilmiştir. Elektrofizyolojik ölçümler için test öncesinde elektrot yapıştırılacak bölgeler temizlenmiştir.

Ölçümde kullanılan MMN test parametreleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. MMN test parametreleri.

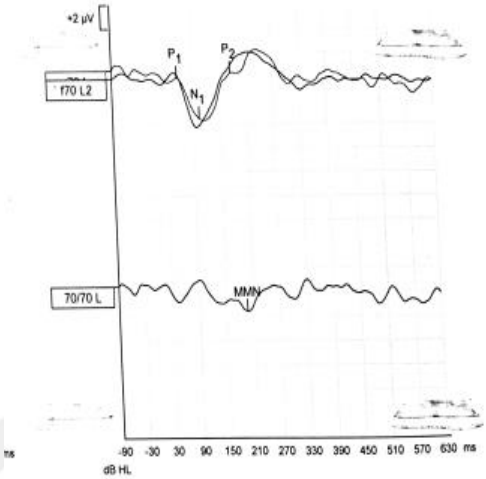
Analiz zamanı	90.0 ms uyaran öncesi ve 630.0 uyaran sonrası
Uyaran şiddet düzeyi	40 dBSL
Filtre	1-100 Hz
Kanal sayısı	Tek kanal
Averajlama sayısı	1000 sweep
Uyaran tekrar sayısı	1.0/sn
Artifact rejection	+/- 80 µV
Elektrot montajı	Cz, Fpz, M1-M2

İşitsel eğitim öncesi ve sonrası alınmış MMN kayıt örnekleri Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



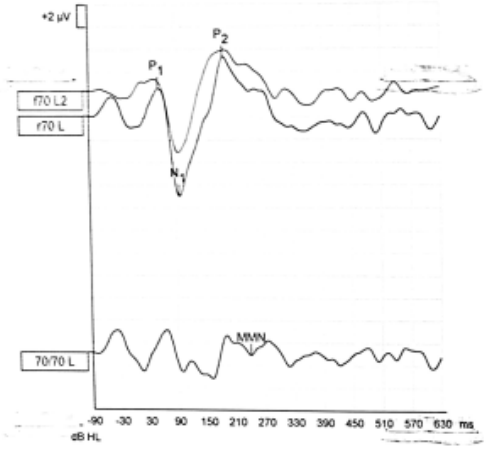
Şekil 3.2. Çalışma Grubuna ait 1 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı.

MMN dalgası görülmemiştir.

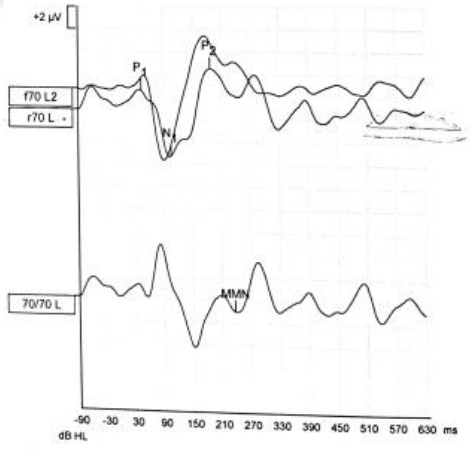


Şekil 3.3. Çalışma Grubuna ait 1 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı.

MMN dalgası görülmüştür.

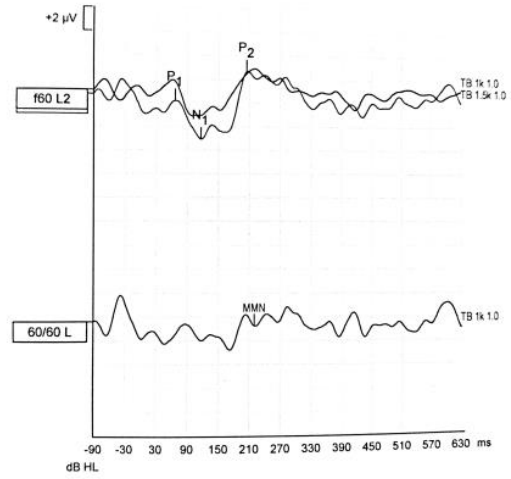


Şekil 3.4. Çalışma Grubuna ait 2 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı.

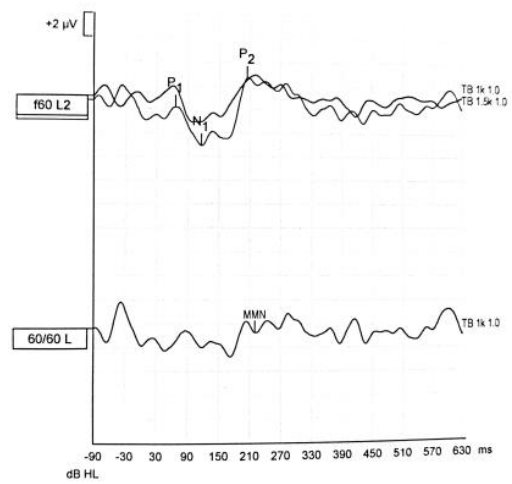


Şekil 3.5. Çalışma Grubuna ait 2 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı.

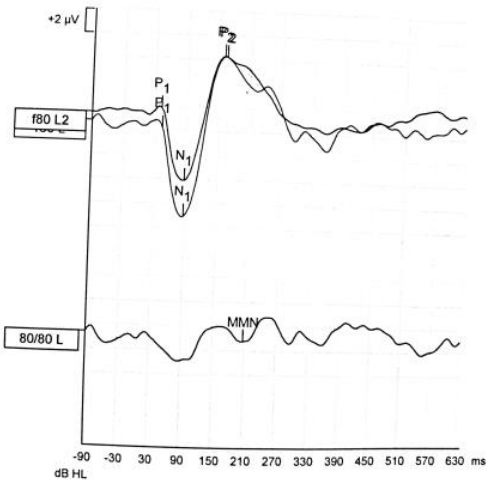
İlk kayda göre MMN dalgası tepe latansında azalma görülmüştür.



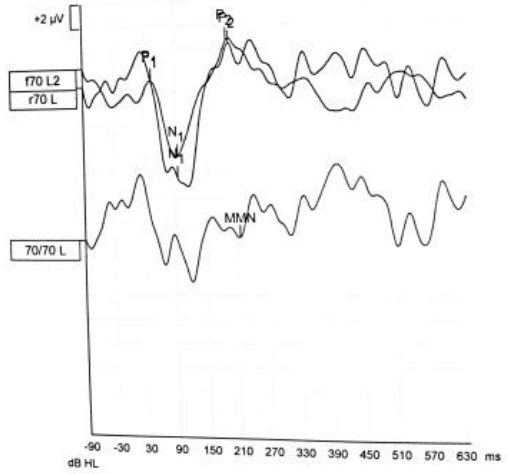
Şekil 3.6. Kontrol Grubuna ait 3 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı.



Şekil 3.7. Kontrol Grubuna ait 3 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı.



Şekil 3.8. Kontrol Grubuna ait 4 nolu bireyin işitsel eğitim öncesi kaydı.



Şekil 3.9. Kontrol Grubuna ait 4 nolu bireyin işitsel eğitim sonrası kaydı.

Mini Mental Test: Folstein (177) tarafından geliştirilen Mini Mental Testin geçerlilik güvenirlilik çalışması Güngen ve ark (178) tarafından yapılmıştır. Bilişsel düzeyin belirlenmesinde yararlanılabilecek kısa ve pratik bir testtir. (EK-4).

3.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 18.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programı

kullanıldı. Çalışmada normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk ve Kolmogorov Smirnov testleri ile değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler minimum, maksimum, ortalama±SS (Standart Sapma) değerleri ile verildi. Cinsiyet değişkeni sayı (n) ve yüzde ile gösterildi. Gruplar arasında yaş, MMN latansları ve Türkçe Matris Test skorlarının karşılaştırılmasında bağımsız örneklem-t test kullanıldı. Her bir grubun ayrı ayrı ilk ve son MMN latansları ve Türkçe Matris Test skorlarının karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t test kullanıldı. $p<0.05$ istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışma ve kontrol grubuna ait bulguların istatistiksel analiz sonuçları değerlendirildi.

4.1. Çalışma ve Kontrol Grupları İçin Demografik Bilgiler

Çalışma grubunu oluşturan yaşa bağlı işitme kaybı olan bireylerin 8'i (%47) erkek, 9'u (%53) kadın olup, kontrol grubunun 10'u (%62,5) erkek, 6'sı (%37,5) kadındır. Çalışma ve kontrol grubundaki hastaların yaşları 60 ile 80 aralığındadır.

Tablo 4.1. Çalışma ve kontrol gruplarında cinsiyet ve yaş dağılımı.

	Kadın		**Erkek**		**Yaş**	
	n	%	n	%	Ortalama	Std. Sapma
Çalışma Grubu	8	47	9	%53	72,1765	6,94834
Kontrol Grubu	10	62	6	%38	71,7500	6,81665

Tablo 4.1.'de çalışma ve kontrol grubuna ait cinsiyet ve yaş dağılımı gösterilmiştir. Çalışma ve kontrol grubu arasında yaş açısından anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.2. Çalışma ve kontrol grubunun saf ses ortalaması (SSO) (0,5, 1, 2, 4 kHz) ve konuşmayı ayırt etme (KAE) skorları.

	SSO dB (ort±SS)	**KAE % (ort±SS)**
Çalışma Grubu (n=17)	38,53±8,78	74,59±9,40
Kontrol Grubu (n=16)	38,06±8,89	71,87±10,83

Tablo 4.2.'de çalışma ve kontrol grubuna ait Saf Ses Ortalaması (SSO) (0,5, 1, 2, 4 kHz) ve Konuşmayı Ayırt Etme (KAE) Skorları dağılımı gösterilmiştir. Çalışma ve kontrol grubu arasında SSO ve KAE açısından anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

4.2. Elektrofizyolojik Test Bulguları

Tablo 4.3. Çalışma ve kontrol grubunun ilk MMN test bulgularının karşılaştırılması (ms).

	Çalışma Grubu	Kontrol Grubu	p
	İlk MMN	İlk MMN	
Birey sayısı	13	9	
Minimum	160,00	166,00	
Maksimum	240,00	208,00	
Ortalama	199,38±21,52	187,56±15,13	0,171
Std. Sapma	21,52	15,13	

Tablo 4.3'te, çalışma grubuna dahil edilen 17 bireyden 13'ünde ilk testte MMN kaydı elde edildiği görülmektedir. Kontrol grubuna dahil edilen 16 bireyden 9'unda ise ilk testte MMN kaydı elde edilmiştir. Çalışma grubundan işitsel eğitim öncesi ilk testte elde edilen ortalama MMN latans değeri 199,38 ±21,52ms'dir (160ms-240ms aralığında). Kontrol grubunda ilk testte elde edilen ortalama MMN latans değeri 187,56 ±15,13ms'dir (166ms-208ms aralığında). Çalışma ve kontrol grubu arasında ilk MMN latans ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.4. Çalışma ve kontrol grubunun son MMN test bulgularının karşılaştırılması (ms).

	Çalışma Grubu	Kontrol Grubu	p
	Son MMN	Son MMN	
Birey sayısı	16	9	
Minimum	150,00	162,00	
Maksimum	236,00	210,00	
Ortalama	190,25±25,09	193,56±13,22	0,718
Std. Sapma	25,09	13,22	

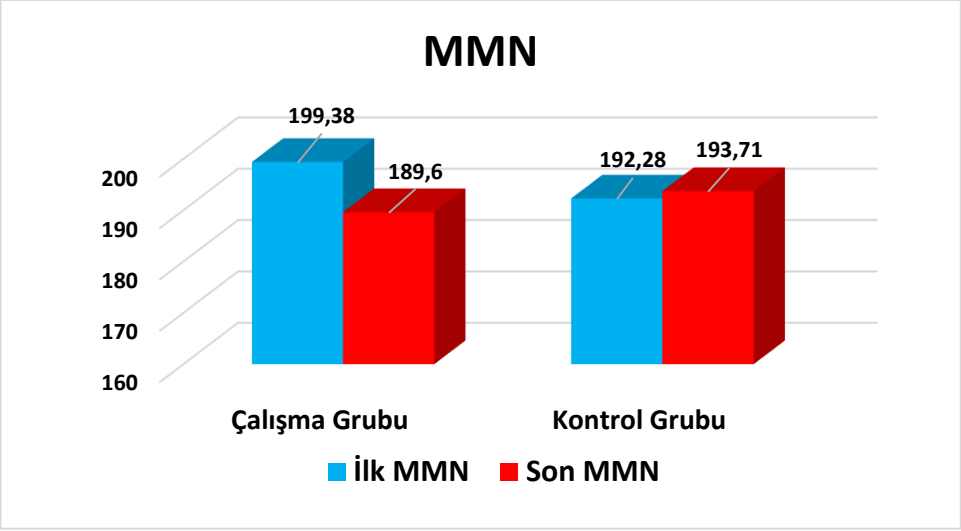
Tablo 4.4'te, çalışma grubuna dahil edilen 17 bireyden 16'sında son testte MMN kaydı elde edildiği görülmektedir. Kontrol grubuna dahil edilen 16 bireyden

9'unda ise son testte MMN kaydı elde edilmiştir. Çalışma grubundan işitsel eğitim sonrası, son testte elde edilen ortalama MMN latans değeri 190,25±25,09ms'dir (150ms- 236ms aralığında). Kontrol grubunda son testte elde edilen ortalama MMN latans değeri 193,56±13,22ms'dir (162ms-210ms aralığında). Çalışma ve kontrol grubu arasında son MMN latans ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0,05).

Tablo 4.5. Çalışma ve kontrol grubunun ilk ve son MMN testi bulgularının karşılaştırılması (ms).

	İlk MMN	Son MMN	p
Çalışma grubu	199,38 ±21,52	189,60±27,93	0,038
Kontrol grubu	192,28±13,68	193,71±15,25	0,842

İşitsel eğitim verilen çalışma grubunda ilk MMN ve son MMN latans ortalamaları arasında anlamlı fark elde edilmiştir (p<0,05). İşitsel eğitim verilmeyen kontrol grubunda ilk MMN ve son MMN değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır (p >0,05). (Tablo 4.5) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son MMN testi latans bulguları(ms).

4.3. Türkçe Matris Test Bulguları

Türkçe Matris Test bulguları, çalışma grubu için Tablo 4.11'de, kontrol grubu için Tablo 4.12'de yer almaktadır.

Tablo 4.6. Çalışma ve kontrol gruplarının ilk Türkçe matris test bulgularının karşılaştırılması (dB).

	Çalışma Grubu	Kontrol Grubu	p
	İlk Türkçe Matris Test	İlk Türkçe Matris Test	
Birey sayısı	17	16	
Minimum	-2,80	-3,80	
Maksimum	12,60	6,70	
Ortalama	2,12±3,42	2,13±3,02	0,997
Std. Sapma	3,42	3,02	

Çalışma grubundan işitsel eğitim öncesi ilk testte elde edilen ortalama Türkçe Matris Test skorları 2,12±3,42 dB'dir (-2,80-12,60 aralığında). Kontrol grubunda ilk testte elde edilen ortalama Türkçe Matris Test skorları 2,13±3,02 dB'dir (-3,80-6,70 aralığında). Çalışma ve kontrol grubu arasında ilk Türkçe Matris Test skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (Tablo 4.6) (p>0,05).

Tablo 4.7. Çalışma ve kontrol gruplarının son Türkçe matris test bulgularının karşılaştırılması (dB).

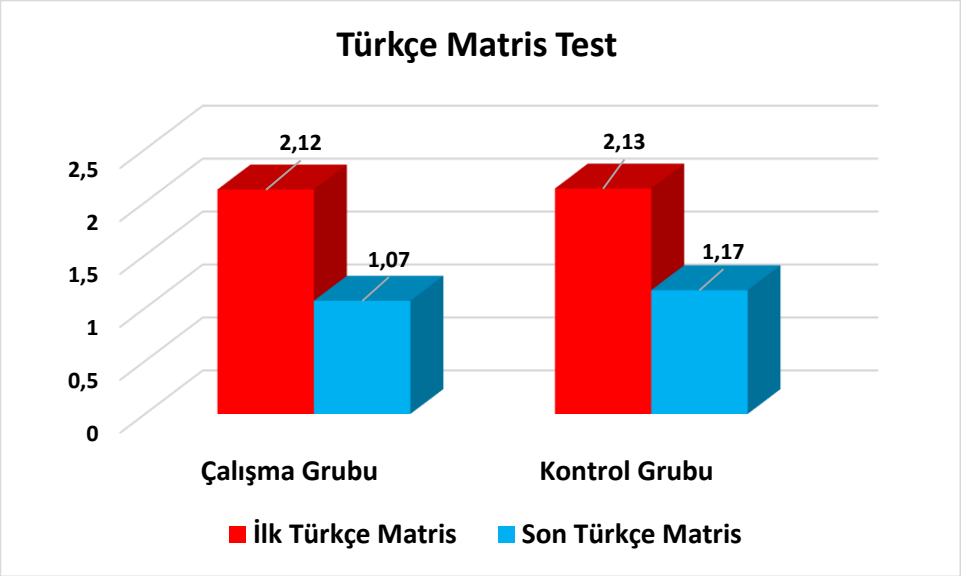
	Çalışma Grubu	Kontrol Grubu	p
	Son Türkçe Matris Test	Son Türkçe Matris Test	
Birey sayısı	17	16	
Minimum	-4,90	-6,70	
Maksimum	8,40	7,70	
Ortalama	1,07±3,01	1,17±3,85	0,935
Std. Sapma	3,01	3,85	

Çalışma grubundan işitsel eğitim sonrası son testte elde edilen ortalama Türkçe Matris Test skorları 1,07±3,01 dB'dir (-4,90 dB-8,40 dB aralığında). Kontrol grubunda son testte elde edilen ortalama Türkçe Matris Test skorları ise 1,17 ±3,85 dB'dir (-6,70 dB-7,70 dB aralığında). Çalışma ve kontrol grubu arasında son Türkçe Matris Test skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (Tablo 4.7) (p>0,05).

Tablo 4.8. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son Türkçe matris test bulguları(dB).

	İlk Matris	Son Matris	p
Çalışma grubu	2,12±3,42	1,07±3,01	0,004
Kontrol grubu	2,13±3,02	1,17±3,85	0,117

İşitsel eğitim verilen çalışma grubunda ilk Türkçe Matris Test skoru ve son Türkçe Matris test skoru arasında anlamlı fark elde edildi ($p<0,05$). İşitsel eğitim verilmeyen kontrol grubunda ise ilk Türkçe Matris Test skoru ve son Türkçe Matris test skoru arasında anlamlı fark elde edilmedi ($p>0,05$) (Tablo 4.8) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çalışma ve kontrol grubu ilk ve son Türkçe matris test bulguları (dB).

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda odyolojik rehabilitasyonun bir parçası olarak işitsel eğitim uygulamalarının, yaşlılarda sıklıkla görülen gürültüde konuşma ayırt etme sorunlarının çözümünde etkili olacağı hipotezinden yola çıkılmıştır. Bu amaçla yaşa bağlı işitme kaybı olan yetişkinler için sistematik ve özgün bir işitsel eğitim programı hazırlanmıştır. İşitsel eğitim programının içine konuşma anlamada etkili olan bilişsel süreçlere yönelik eğitim uygulamaları dahil edilmiştir. İşitsel eğitim programının etkinliği, eğitim öncesi ve sonrası uygulanan objektif elektrofizyolojik testlerden MMN testi ve davranışsal gürültüde konuşma tanıma testlerinden Türkçe Matris test ile değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda, doğruluğu araştırılan "İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim işitsel kortikal cevapları etkiler" hipotezini doğrulayan bir sonuç elde edilmiştir. İşitsel eğitim verilen çalışma grubunda, işitsel eğitim öncesi ilk MMN tepe latansı ve işitsel eğitim sonrası son MMN tepe latansı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). İşitsel eğitim sonrasında MMN tepe latansında azalma olmuştur. Bulgularımız, işitsel eğitimin olumlu sonuçlarını MMN amplitüdü, latansı ve süresindeki değişikliklerle gösteren literatürdeki çalışmalarla uyumludur (8, 23-27). İşitsel eğitim uygulamaları ile yeni bilgi ve beceriler öğrenilmesi mevcut nöral yolları ve ağları güçlendirebilir veya yeni sinapsların oluşmasına yol açabilir. Kortikal nöron aktivitesindeki zamansal uyumluluğu (eş zamanlılığı) arttırabilir (13). Belirli seslere maruz kalmak, bu uyaranlar tarafından harekete geçirilen kortikal nöronların sayısını artırabilir ve davranışsal olarak ilgili sesleri desteklemek için nöronal ayar özelliklerini ve yanıt gecikmelerini değiştirebilir. Yetişkin primatlarla yapılan bir çalışmada, işitsel eğitim ile belirli seslere maruz bırakma sonucunda işitsel kortekste Al'in tonotopik organizasyonunun değiştirebildiği ve bu değişikliğin algısal keskinlikteki değişikliklerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (124). Çevresel zenginleşme, işitsel korteksin nöronal ayar eğrilerini de keskinleştirir (125). Diğer taraftan işitsel rehabilitasyon negatif nöroplastisite etkilerini engelleyebilir (179, 180). Latansta azalma, işitsel eğitime bağlı nöral plastisitenin oluştuğunun işaretidir. Birbirine yakın

ya da aynı zamanda ateşlenen nöron sayısı arttıkça uyarılmış potansiyel cevabı daha erken ya da daha geniş olur. Tanım olarak, uyarılmış potansiyeller çoklu nöron aktivitesinin sonucudur (164).

Menning ve ark. (26) yılında yaptığı çalışmada, bizim çalışmamızda kullanılan uyaranlara benzer özellikte, basit sinüzoidal tonların ayırt etme becerisini araştırmış ve ilk haftadan itibaren küçük ama tutarlı ilerlemeler bulmuştur. Bulgularımızla uyumlu olarak, eğitim sonrasında MMN amplitüdünde artış ve tepe latansında azalma saptanmıştır (26).

Atienza ve ark. (181), eğitimden sonra bellekte olan güçlendirmeyi de MMN'nin yansıtabileceğini söylemiştir; çünkü eğitimin bitmesinden 48 saat sonra kaydedilen MMN'de, 24 saat sonra kaydedilene göre daha yüksek amplitüd bulunmuştur (181). Gottselig ve ark. (182), yaptıkları çalışmada aynı paradigmaya ikinci ve daha zor bir sapma (seyrek uyaran) eklemişlerdir. Denek grubundan birine seyrek uyaranlardan birini çalıştırırken diğerine ikincisini çalıştırmışlardır. Çalışmaya bağlı MMN dalgası genliğinde artış sadece basit seyrek uyaranda görülmüştür ve bu gelişme hangi seyrek uyaranın çalışıldığına bakılmaksızın gerçekleşmiştir. Daha da fazlası, gelişmedeki büyüklük, ayırt etmedeki gelişim ile ilişkili bulunmuştur (182). İşitsel eğitimin etkisi ve MMN bulguları arasındaki ilişkiyle ilgili bir başka çalışmada, MMN oluşan grupta davranışsal ayırt etme gelişirken, davranışsal ayırt etme gelişmeyen grupta MMN cevabı da oluşmamıştır (183).

Çalışmamızın sonuçlarına göre MMN'nin işitsel eğitimin sonuçlarının gösterilmesi için uygun bir ölçüm aracı olduğu söylenebilir. Näätänen ve ark. (24) ve Näätänen ve ark. (164)'e göre, MMN işitsel ayırt etme doğruluğunun bir göstergesidir ve işitmenin santral işlemlemesinin ölçümünde ulaşılabilir en iyi nörofizyolojik yöntemdir (24, 164). Elde ettiğimiz sonuç, literatürdeki işitsel eğitimin sonuçlarının olaya bağlı işitsel potansiyeller ile gösterilebileceğini söyleyen çalışmalarla uyumludur. Yapılan çalışmalarda MMN testi, işitsel eğitimin normal işiten ve işitme kayıplı bireylerde sesin nöral kodlamasını değiştirebileceğini göstermek için kullanılmıştır ve MMN'nin ses ayırt etmedeki ilerlemeyi gösterebileceği belirtilmiştir (8, 23, 25, 156, 184).

Çalışmamızda doğruluğu araştırılan bir diğer hipotez "İşitme cihazı kullanan yaşlılarda, işitsel eğitim, gürültüde konuşmayı ayırt etmeyi etkiler." hipotezidir. Çalışmamızda işitsel eğitim alan grupta MMN latansında istatistiksel olarak anlamlı azalma bulunmuştur. Davranışsal test olarak kullanılan Türkçe Matris testi sonuçlarında da ilk test ve son test arasında, katılımcıların konuşmayı ayırt edebildikleri SGO'nın azaldığı görülmüş ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Elde ettiğimiz MMN ve Türkçe Matris test sonuçlarına göre işitsel eğitim ile gürültüde konuşmayı tanımalarının geliştiği söylenebilir. Çalışmamızda MMN ölçümleri sessizlikte yapılmıştır. Bununla beraber, Koerner ve ark. (185) ve Koerner ve ark. (186) yaptıkları çalışmalarda sırasıyla, MMN ölçümünün gürültüde cümle düzeyinde konuşma anlaşılırlığının göstergesi olabileceğini ve MMN'nin gürültüde konuşma algılamada yararlı, objektif bir nöral gösterge olduğunu, klinik uygulamalarda kullanılabileceğini söylemiştir (185, 186). Bu bulgulara dayanarak MMN latansındaki azalma, gürültüde konuşma ayırt etmede iyileşmenin işareti olarak yorumlanabilir.

Çalışmamızda çalışma grubunda, işitsel eğitim öncesi ilk MMN kaydında, işitsel eğitim öncesinde katılımcıların %23,5'ünde MMN dalgası oluşmamıştır. Eğitim sonrasında ise bu kişilerden sadece 1'inde (%5,8) MMN dalgası oluşmamaya devam etmiştir. İstatistiksel hesaplamalarda MMN oluşmadığı için bu bireylerin ölçümlerine sayısal değer verilememiştir. Bu nedenle, bu veriler eğitim sonucunda ilerleme olduğunu destekleyen istatistiksel verilere katkı sağlamamıştır. MMN cevabının oluşmaya başlaması işlemlemeye katılan nöronların sayısının artmasını yansıtır (187, 188). Bu bilgiye dayanarak, çalışmamızda eğitim sonrası MMN cevabı görülmeye başlamasını işitsel eğitimin sağladığı fayda olarak yorumlayabiliriz.

Çalışmamızda konuşmayı tanıma becerisi davranışsal yöntemlerden Türkçe Matris test ile değerlendirilmiştir. Gürültü içindeki konuşmayı tanıma testi olan Türkçe Matris test, hastanın gürültülü bir ortamda iletişim kabiliyetini değerlendirmek için kullanılabilir. Türkçe Matris test konuşma anlaşılırlığı için kullanılan standardizasyonu yapılmış bir testtir (28) ve bu testin sonucuna bakılarak işitsel eğitim ile gürültüde konuşma anlamanın iyileştiği yorumu yapılabilir. Literatürde bu test ile Kİ faydasının değerlendirilmesi çalışmasına rastlanmıştır ve çalışmada bu amaçla kullanmak için uygun bir test olduğu söylenmiştir (189).

İşitsel eğitim ile gürültüde konuşma ayırt etme arasındaki ilişkiyi davranışsal testlerle değerlendiren literatürdeki çalışmalara bakıldığında bulgularımızla uyumlu sonuçlar görülmüştür. Gil ve ark. (147), Ingvalson ve ark. (149), Kricos ve ark. (190), Walden ve ark. (191), Bode ve ark. (192), Song ve ark. (193), Montgomery ve ark. (194), Castiglione ve ark. (195), yaptıkları çalışmalarda, işitme kayıplı yaşlıların, işitsel eğitim sonrasında iletişim becerilerinde kontrol grubuna göre belirgin iyileşme gösterdiklerini, gürültüde konuşma ayırt etmeyi ölçen çeşitli davranışsal testlerle tespit etmişlerdir (147, 149, 190-195). İşitsel eğitimle değişen beyin sapı ve kortikal plastisite, bireylerin gürültüde konuşma ayırt etme becerilerindeki gelişimin temelini oluşturur (8, 10, 20, 163). İşitsel eğitim ile beraber seçici dikkat, çalışma belleği kapasitesinde artış gösterilmiştir (105,106). Bu bilişsel beceriler zor dinleme durumlarında konuşmayı anlamaya katıldıklarından (76) gürültüde konuşma anlama testlerinde başarının artmasında etkili oldukları düşünülmektedir.

Çalışmamızdaki bir diğer hipotez "İşitsel eğitim alan ve almayan işitme cihazı kullanan yaşlılar arasında gürültüde konuşmayı ayırt etme skorları ve kortikal cevaplar açısından fark vardır" hipotezidir. İşitsel eğitim alan grupta ilk ve son testler arasında hem MMN hem de Türkçe Matris test ölçümünde anlamlı ilerleme bulunurken, kontrol grubunda iki ölçümde de anlamlı fark bulunmamıştır. Bu bulguya dayanarak, yaşa bağlı işitme kaybı olanlarda işitsel eğitimin gürültüde konuşma anlaşılırlığını arttırdığı söylenebilir. Bulgularımızla uyumlu olarak, Menning ve ark. (26), frekans ayırt etme eğitiminden sonra hem davranışsal frekans ayırt etme performansında gelişme hem de N1 ve MMN amplitüdlerinde artma bulmuşlardır (26). Gil ve ark. (147), yaptıkları çalışmada işitme cihazı kullanan yaşlılarda işitsel eğitim öncesi ve sonrası, santral işitsel işlemleme testleri ve N1, P2, N2 ve P3 testleri uygulamıştır. Çalışma grubunun skorlarının kontrol grubuna göre daha iyi olduğu bulunmuştur (147). Russo ve ark. (22), dil temelli öğrenme güçlüğü olan deneklere işitsel eğitim uygulamış, kontrol grubuna ise eğitim vermemişlerdir. Eğitim sonunda sadece çalışma grubunda işitsel beyinsapı cevaplarında (frequency following responses) belirgin iyileşme olduğunu bulmuşlardır (22). Song ve ark. (193) yaptıkları çalışmada, sessizlikte ve gürültüde hece uyaranı ile ABR kaydı yapmış, işitsel eğitimden sonra çalışma grubunda belirgin ilerleme bulurken, kontrol grubunda değişiklik olmamıştır (193). Näätänen ve ark. (23) bir çalışmada standart uyaran olarak karmaşık bir spektrotemporal uyaran paterni kullanmışlardır. Davranışsal olarak çalışılmış uyaranı tespit eden bireylerde, sonraki

pasif durumda seyrek uyarana karşı MMN dalgası oluştuğunu, buna karşılık, uyaranları davranışsal olarak ayırt edemeyenlerin kayıtlarında hiçbir MMN dalgası ortaya çıkmadığını bulmuşlardır (23).

Atienza ve ark. (184), benzer uyaranlar kullanarak, eğitim etkisinin egzersizden üç gün sonra REM uykusunda bile MMN ile kaydedilebileceğini göstermişlerdir (184).

Ross (135), "Son elli yılda odyolojiden bir şey öğrendiysek, o da işitme zorluğu olan kişinin konuşma algısının, işitsel amplifikasyon, işitsel deneyim ve işitsel eğitim ile olabildiğidir" diyerek işitsel eğitimin etkisini vurgulamıştır (135).

Walden ve ark. (191) yeni işitme cihazı kullanmaya başlayan yaşlıların sistematik ünsüz ses ayırt etme eğitiminden fayda sağladığını bulmuşlardır (191). Bununla beraber, Kricos ve ark. (190) daha önceden işitme cihazı kullanan yaşlıların ünlü ya da ünsüz seslerle yapılan ayırt etme çalışmalarından fayda görmediğini ama aktif dinleme eğitiminden faydalandıklarını bulmuşlardır (190). Çalışmamızda işitme cihazı kullanma süresi bir değişken olarak kullanılmamıştır. Yeni işitme cihazı kullanıcılarında alışma sürecinde olabilecek etkileri dışlamak için en az üç ay işitme cihazı kullanımı kriteri uygulanmıştır.

İşitsel eğitimin faydasının sadece çalışılan seslerle sınırlı kalmadığı, farklı ses kategorilerine genelleşebildiğini gösteren çalışmalar vardır. (10, 196, 197). YBİK'da en çok etkilenen alan yüksek frekans bölgesidir. Çalışmamızda uyguladığımız işitsel eğitim programında bu nedenle ağırlıklı olarak yüksek frekans enerjisine sahip ünsüz sesler çalıştırılmıştır. Çalışma grubunda gürültüde konuşma ayırt etmede genel bir ilerleme olması yukarıda verilen çalışmalarla uyumlu olarak yorumlanabilir.

Çalışmamızda, işitsel eğitim sonrasında hem MMN latansında azalma hem de davranışsal olarak gürültüde konuşma anlama testi skorunda artış bulunmuştur. Bulgularımız, kortikal cevaplarla davranışsal testler arasında bağlantı olduğunu gösteren Tremblay (20) ve ark., Anderson ve ark. (96), Gil ve ark. (147), Tremblay ve ark. (174)'nın çalışmalarının sonuçları ile uyumludur (20, 96 ,147, 174).

Kraus ve ark. (163), Alho ve ark. (198), Dalebout ve ark. (199), Allen ve ark. (200), Paavilainen ve ark. (201), çalışmalarında davranışsal olarak fark edilmeyen

değişikliklerde bile MMN oluştuğunu bulmuşlardır (163, 198-201). Tremblay ve ark. (174) ayırt etme eğitimi sırasında, davranışsal ayırt etme becerisinden önce MMN'nin belirebileceğini ve bu nedenle, nöral plastisitenin değerlendirilmesinde ve belirli bir eğitim stratejisinin etkinliğini değerlendirmek için kullanılabileceğini söylemişlerdir (174). Bizim çalışmamızda iki parametre aynı zamanlarda değerlendirildiğinden benzer bulgu elde edilmemiştir.

"Duyuyorum ama anlayamıyorum" şikâyeti ile uygulamada sıklıkla karşılaşırız. Literatürde de bu durum çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur (3, 202, 203). Bu şikayetin sebepleri için; yaşa bağlı işitme kaybının sadece işitilirliği azaltan değil aynı zamanda tüm işitsel sistem ve konuşmayı anlamayla ilgili alanları etkileyip, nöral ve kortikal organizasyonu değiştiren bir durum olması, yaşla birlikte konuşmayı anlama ile ilgili bilişsel süreçlerdeki fonksiyon bozulmaları, işitsel ve bilişsel sistemlerdeki bozulmaların etkileşimi, tüm bunlar ile bağlantılı olarak duygusal-motivasyonel durumdaki olumsuz etkilenmeler, tüm gelişmelere rağmen işitme cihazlarının teknolojilerindeki sınırlılıklar, mevcut işitme cihazı teknolojilerine ulaşmadaki sınırlılıklar, kullanılan işitme cihazı için yeterli danışmanlık hizmeti alınamaması gösterilebilir. Bir diğer önemli etken ise, yaşlılarda, odyolojik rehabilitasyon içindeki işitsel rehabilitasyon aşaması uygulamalarındaki sınırlılıktır. Son yıllara kadar ülkemizde ve dünyada işitme cihazı kullananlar için işitsel rehabilitasyon uygulamaları genellikle bebek ve çocuklarla sınırlı olacak şekilde yapılmıştır. Yetişkinlerde dil kazanımı gerçekleşmiş olduğu için, işitme cihazları ile belirli frekans alanlarında duyulabilirliğin yükseltilmesiyle konuşmanın da anlaşılırlığının artması beklenmiştir. Olson ve ark. (16) özellikle yaşlı nüfus için, eğitim ve deneyim olmadan sunulan yeni ve kısmi işitsel ipuçlarını anında ve en uygun şekilde sentezleyebileceklerini beklemenin gerçekçi olmadığını söylemişlerdir (16). Lin ve ark. (204)'na göre, uygun işitme rehabilitasyonu karmaşıktır, sadece işitme cihazı kullanmaktan ibaret değildir ve odyoloğun süreci yönetmesine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir (204). Çalışmamızda, yaşlılarda işitsel rehabilitasyonun bir parçası olarak işitsel eğitim programı oluşturulması ihtiyacı bu durumdan doğmuştur. Ülkemizde yetişkin Kİ kullanıcıları için işitsel rehabilitasyon uygulamaları yapılmaktadır ancak işitme cihazı kullanan yaşlılar için sistematik şekilde hazırlanmış ve uygulanmakta olan işitsel eğitim programına rastlanmamıştır.

İşitsel eğitim, seslerin sistematik olarak sunulması yoluyla aktif şekilde seslerle etkileşime geçerek beyne dinlemeyi öğretme olarak tanımlanabilir (111). İşitsel eğitim programı oluştururken, beynin yeni uyaranlarla şekillenme (nöral plastisite) yeteneğinin yaşlılarda da devam ettiği bilgisi (9-11, 22, 122) temel alınır. Literatüre baktığımızda, yaşlılar için işitsel eğitim çalışmaları yapıldığı görülmektedir (10-12). Ülkemizde YBİK'da konuşma ayırt etme problemleri alanda çalışanlar tarafından çok iyi bilinmekte ama rehabilitasyon için uygun materyallere ulaşmak zor olmaktadır. Bu amaçla, çalışmamızda işitsel algı gelişimi hedefleri doğrultusunda, özgün egzersizler oluşturarak bir işitsel eğitim programı hazırlandı. Hazırladığımız bu eğitim yaklaşımı ile, işitme kayıplı yaşlı bireylerde günlük yaşamdaki zor dinleme koşulları taklit edilerek; ses işlemleme ve duyusal işlemlemeyi etkileyebilecek deneyimlerin artmasına katkı sağlandığı kanaatindeyiz.

Hazırladığımız işitsel eğitim programının içeriğinde; frekans çözünürlüğü alıştırmalarına (konuşma sesleri arasındaki farklılık ve benzerlikleri ayırt etme) yer verilmiştir. Nedeni; konuşmanın anlaşılması için gerekli olan frekans çözünürlüğünün, işitme sistemindeki bozulmalardan olumsuz etkilenmesi, YBİK olan kişinin önemli spektral incelikleri algılama yeteneğinin azalması ve sonuç olarak ünlü ve ünsüz tanıma ve ayırt etmenin zorlaşmasıdır (200).

Hazırlamış olduğumuz işitsel eğitim programında temporal çözümleme alıştırmalarına da (süre ayırt etme, boşluk tespiti ve zamansal sıralama) yer verilmiştir. Çünkü temporal çözümleme, gürültüde konuşma ayırt etmede çok belirgin bir rol oynar. YBİK'lı birey temporal ipuçlarını kaçırdığı için, gürültülü ortamda konuşma sesi ve karışan seslerin spektral ayrımlarını yapması zorlaşır (205).

İşitme kayıplı bireylerin konuşma anlama becerilerinin geliştirilmesi için uygulanan işitsel eğitimden en iyi sonuç, işitsel-bilişsel eğitim kombine edilerek sunulduğunda alınır (100). Bu bilgiye dayanarak programımızı hem işitsel hem de bilişsel becerilere yönelik egzersizler oluşturulmuştur. Programımızda işitsel dikkat ve işitsel bellek, problem çözme, muhakeme, devamlılık, motivasyon, kelime bilgisi, fonolojik farkındalık, prosodi, işitsel tamamlama için egzersizler bulunur.

İşitsel eğitim programı hazırlanırken, işitsel eğitimde uygulanan genel ilkelerden hareket edilmiştir. Örneğin; yüksek SGO'dan düşük SGO'ya doğru (+15

SGO ve + 5 SGO), az benzerden çok benzere doğru hem analitik hem de senteze dayalı bütüncül yaklaşım kullanılmıştır (11, 113, 114, 149, 152, 206). Çalışmamızın sonunda gürültüde konuşma ayırt etmede ilerleme bulunduğundan hazırladığımız işitsel eğitim programının yaşlılarda gürültüde konuşma ayırt etmenin geliştirilmesi amacına uygun bir program olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda uygulamalar sırasında doğrudan ölçülmeyen ancak gözlem yoluyla bilgi topladığımız alanlar vardır. Bunlardan biri, hastaların işitme cihazlarını kullanma süresinin, işitsel eğitim uygulamaları sırasında ve sonrasında arttığıdır. Bunda etkili olan etkenler; işitme cihazı ile ilgili danışmanlık hizmetinin yararı, yaşlı kişinin bir programa dahil edilmesinin motive edici etkisi olarak düşünülmüştür. Yapılan çalışmalarda işitme cihazları satın alındıktan sonra bile kullanım oranlarının düşük olduğu hatta bazen hiç kullanılmadığı görülmüştür. Bu durumda işitsel yoksunluk süresi artar ve buna bağlı konuşmayı anlama ile ilgili nöral kortikal organizasyon bozulmaya devam eder (207). Buradan yola çıkılarak yaşlılarda işitme cihazı uygulandıktan hemen sonra işitsel rehabilitasyon sürecinin başlatılması ve sistematik olarak sürdürülmesinin faydalı olduğu söylenebilir. İşitsel rehabilitasyon sürecindeki kişi işitme kaybının etkileri, yaşlanmanın konuşma anlama ile ilişkisi, konuşma anlamaya katılan diğer bilişsel, motivasyonel etkenler ile ilgili bilgi sahibi olur ve süreci anlar. Bu şekilde, işitme cihazıyla ilgili gerçekçi beklentiler oluşturma olasılığı artar. İşitsel eğitim sırasında, küçük parçalara ayrılmış konuşma uyaranlarını dinlemesi, yaşadığı zorlukları tanımlamasını kolaylaştırır ve dinleme durumları için farkındalığını arttırır.

Çalışmamız sırasında işitme cihazından memnuniyet ve kullanma süresindeki artış ile ilgili gözlemlerimiz, literatürdeki çalışmalar ile uyumludur. Doğru danışmanlık, işitme cihazlarına karşı pozitif tutum, işitsel rehabilitasyon faktörlerinin işitme cihazından memnuniyeti arttırdığını gösteren çalışmalar vardır (207, 208).

Çalışmamızda uyguladığımız işitsel eğitim programı literatürdeki bilgiler ışığında özgün olarak hazırlanmıştır. Çalışma grubunun işitsel eğitim öncesi ilk ve işitsel eğitim sonrası son MMN ve Türkçe Matris sonuçları arasında anlamlı fark bulunmuştur. İşitsel eğitim programı uygulanmayan kontrol grubunun sonuçlarında ise fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre, hazırladığımız işitsel eğitim programının,

işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşma ayırt etmenin geliştirilmesi için etkili olduğu ve klinikte kullanılmasının uygun olduğu yorumu yapılabilir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar, işitsel algı becerileri ve konuşmaya katılan bilişsel becerileri bir arada destekleyen işitsel eğitim programlarının daha etkili olduğunu söyleyen çalışmalarla uyumludur (100, 209). Doğrudan ölçülmemekle beraber, işitsel eğitim programımızın içeriğinde hem işitsel hem bilişsel becerilere yönelik alıştırmalar olmasının, katılımcıların bilişsel fonksiyonlarını desteklediği ve bunun da gürültüde konuşma ayırt etmede başarılı sonuç alınmasında etkili olduğu tahmin edilmektedir. Castiglione ve ark. (195)'na göre, işitsel rehabilitasyon, konuşulan dil için gerekli olan işitsel algı becerilerini geliştirebilir ve bunun bir sonucu olarak, konuşma ve işitme süreçleriyle ilgili diğer bilişsel kaynakların merkezi yönetimini iyileştirmeye yardımcı olabilir (195). Bazı çalışmalar, santral ve periferik işitme kaybının bilişsel gerileme ile ilişkili olduğu bulgularına dayanarak, işitsel eğitimin bilişsel işlevler üzerindeki potansiyel geliştirici etkileri üzerine tahminler yapmışlardır (62, 210). Lawrence (150) sistematik derleme çalışması yapmış ve işitme kayıplı yetişkinlerde işitsel-bilişsel eğitimin nöral zamanlama, bellek, işlemleme hızı ve gürültüde konuşma algılamada etkili olduğunu bildirmiştir (150). Literatüre bakıldığında, Atienza ve ark. (181) yaptıkları çalışmada, işitsel eğitimin bitmesinden 24 saat ve 48 saat sonra MMN kaydı almışlardır. 48 saat sonra yapılan kayıtta MMN amplitüdü daha büyük bulunmuştur. Çalışmacılar bu durumun bellekteki sağlamlaşmayı yansıttığını savunmuşlardır (181). Diğer taraftan, ÇB ile işitsel duyusal bellek arasında sıkı bir bağlantı vardır (211) ve MMN'nin işitsel algısal belleği göstermede anahtar rol oynadığı gösterilmiştir (18). Bu çalışmalara dayanarak çalışmamızda işitsel eğitim sonucunda MMN latansında azalma bulunması, ÇB'deki ilerlemenin işareti olarak gösterilebilir.

Dünyada YBİK'da işitme cihazı kullanan yaşlılar için işitsel eğitim uygulamalarına bakıldığında, genel olarak bilgisayar destekli ve uzaktan katılımlı eğitim programlarına rastlanmaktadır (109, 212-214). Ülkemizde koklear implant merkezlerinde uygulanan (basılı materyal, sesli kayıtlar vb.) işitsel rehabilitasyon programları mevcuttur. Ancak YBİK'da işitme cihazı ile yapılan odyolojik rehabilitasyonun bir parçası olarak sistematik işitsel rehabilitasyon uygulamalarına rastlanmamaktadır.

Çalışmamızda, literatürde genellikle görülen çalışmalardan farklı olarak, işitsel eğitim hastaya bire bir uygulanmıştır. Programımız hazırlanırken, işitsel eğitiminin doğası gereği bire bir yapılmasının uygun olduğu düşünülmüştür. Diğer taraftan son yıllarda, hasta memnuniyeti, yaşam kalitesi, aktivite sınırlaması ve odyolojik rehabilitasyona katılım gibi küresel rehabilitasyon sonuçlarının ölçülmesine odaklanıldığı gibi, hasta merkezli uygulamalara doğru bir kayma vardır (215).

Swenson ve ark. (216), tedavi ve terapilerde hastaların %69'unun hasta merkezli etkileşimi tercih ettiğini bulmuşlardır. Hasta merkezli etkileşim ile hastanın terapisti ile birebir etkileşim halinde olduğu durum anlatılmaktadır (216). Benzer şekilde, Ong ve ark. (217), Wolf ve ark. (218), Michie ve ark. (219), yaptıkları çalışmalarda hasta merkezli etkileşimin hasta memnuniyetini attırdığını bulmuşlardır (217-219). Krupat ve ark. (220), hasta memnuniyetinin, terapistin her bir hasta için davranışsal tercihlere yönelik bir anlayış ve esneklik gösterip göstermediğine (örneğin karar vermede yer alma düzeyi) bağlı olduğunu bildirmişlerdir (220).

Çalışmamızın sonunda hem kortikal yanıtlarda hem davranışsal yanıtlarda ilerleme olmuştur. Literatürde, yaşlılarda işitsel eğitimin faydalarının günlük hayata genellemesi ile ilgili ölçümlerin, eğitimden hemen sonra işitme cihazı memnuniyet anketleri ile yapıldığı çalışmalara rastlanmıştır (207). Sistematik olarak uzun dönem etkilerini araştıran çalışmalar sınırlıdır. Burk ve ark. (221) yaşlılara kelime düzeyinde işitsel eğitim uygulamışlardır. Eğitimin hemen sonrasında ve 14 hafta sonra gürültüde kelime tanımayı ölçmüşlerdir. Bu şekilde çalışma grubundaki yaşlıların günlük hayat becerilerini değil, ama işitsel eğitimin kalıcılığını değerlendirmiş ve eğitimin etkisinin kalıcı olduğunu bildirmişlerdir (221). Benzer şekilde Song ve ark. (193), hece uyaranı kullanarak işitsel eğitimden hemen sonra ve 6 ay sonra ABR ölçümü yapmış ve eğitimin etkisinin devam ettiğini göstermişlerdir (193). Çalışmamızda, işitsel eğitim ile frekans ayırt etme becerisinde MMN ile gösterilebilir bir ilerleme oluşturduğu görülmüştür. Buna göre, kortikal işitsel sistemdeki frekans ayırt etmedeki ilerlemenin, ilerleyen zamanlarda günlük hayatta gürültü içinde konuşma ayırt etmeye faydalı olacağı öngörülmektedir. Öngörünün doğruluğunun araştırılması için çalışma grubunun ilerleyen zamanda yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Henshaw ve ark. (222) işitme kayıplı yetişkinler için işitsel eğitimin etkisini değerlendiren çalışmalarda metodolojik eksiklikler ve kaydetme yetersizlikleri olduğunu öne

sürmektedirler (222). Ülkemizde de işitme kayıplı yetişkinler için işitsel eğitim programları oluşturulmasına, uygulanmasına ve sonuçlarının sistematik kaydedilmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda YBİK olan yaşlılarda işitsel eğitimin etkisini değerlendirmek üzere MMN testi kullanılmıştır. Literatürde yaşlı bireylerde eğitimin etkisi araştırılırken ABR (60), Frequency Following Response (FFR) (96), N1-P2 kompleksi (223), P300 (224) testlerinin kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır. MMN testi çocuklarda ve genç yetişkinlerde işitsel eğitimin değerlendirilmesinde birçok çalışmada (8, 23-27) kullanılmıştır ancak işitme kaybı olan yaşlılarda işitsel eğitimin etkisini değerlendirmek üzere kullanıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. MMN'nin, küçük akustik farklılıkların santral işitsel sistemde işlenmesini yansıttığı ve işitsel ayırt etme için objektif ölçüm sağladığı bilgisine dayanarak (17) çalışmamızda MMN kullanılmış ve etkinliği değerlendirilmiştir. Bununla beraber, çalışmamıza dahil ettiğimiz bireylerden bazılarında, elde ettiğimiz MMN dalgası tepe amplitüdlerinin düşük olduğu ve dalganın başlama ve bitiş latansları arasındaki sürenin kısa olduğu gözlenmiştir. Dalgaların büyüklüğünün, yaş faktörü ile ilgili olduğunu düşünmekteyiz. Literatürde (170) yaşla birlikte MMN amplitüdünün düştüğü gösterilmiştir. Yaşa ilaveten, işitsel duyusal bellek izinin süresinin azalması, akustik uyaranların işlenmesindeki hassasiyetin azalması ve nöral yavaşlama MMN amplitüdünde düşüşün sebepleri olabilir (8, 96). Çalışmamızda elde edilen MMN dalgalarının morfolojisinde, tepe amplitüdünde ve süresinde gözlenen literatüre göre farklılıkların, çalışmaya dahil ettiğimiz bireylerin konuşma sesini ayırt etme problemleri ile ilişkili olabileceği kanaatindeyiz. Konuşmayı ayırt etmedeki keskinlik arttıkça, MMN dalgası daha büyük amplitüd ve daha kısa latansa sahip olmaktadır (23, 225).

MMN dalgalarını etkileyen diğer bir faktörün bireylerin dikkatlerini uyarandan uzaklaştırmada zorlanmaları olduğunu düşünmekteyiz. MMN ölçümlerinde sinyal değişimlerine dikkat edilmesi, MMN dalga formunda dikkatin katılımıyla ortaya çıkan N2b cevabında artışa sebep olur ve bu da MMN dalgasının ayırt edilmesini zorlaştırır (226). Bunun için uygulanan yöntem genellikle kayıt sıranda bireye kitap okutmak ya da sessiz film izletmektir. Çalışmamızda da aynı şekilde uygulama yapılmış olmakla beraber, yaşlı bireylerin dikkatlerini okudukları ya da izlediklerine yönlendirmekte

zorlandıkları gözlemlenmiş, bu durumun da MMN kayıtlarını etkileyebileceği düşünülmüştür.

MMN dalga morfolojisini etkileyen diğer bir faktör çalışmamızda kullanılan uyaran parametrelerinden sık ve seyrek uyaran frekans özellikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Sık ve seyrek uyaranların farkı çok küçük olsa da MMN cevabı oluşabilir. Çalışmamızda kullanılan uyaran benzerliğinin göreceli olarak az olduğu söylenebilir. Sık ve seyrek uyaran arasındaki algısal fark arttıkça N1 ve N2b kortikal potansiyellerinin de amplitüdünde artış olur ve MMN dalga formuna katılabilirler (226). Sık ve seyrek uyaran frekansı arasındaki fark arttıkça MMN latansında kısalma olur (18) . Bu durumun da daha erken oluşan kortikal potansiyeller nedeniyle MMN dalgasını etkilediği düşünülmüştür.

Çalışmamızın sonucunda elde ettiğimiz verilere göre, işitme cihazı kullanan yaşlılarda işitsel eğitim gürültüde konuşmayı ayırt etmede etkilidir. Çalışmamız için hazırladığımız işitsel eğitim programının, işitme cihazı kullanan yaşlılarda uygulanacak odyolojik rehabilitasyonun bir parçası olarak klinik uygulamalarda kullanımının uygun olduğu kanaatindeyiz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada işitsel eğitimin, işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme düzeyi ve kortikal cevaplar üzerindeki etkisini araştırmak üzere kurulan hipotezlerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma grubuna sekiz seans işitsel eğitim programı uygulanmış, kontrol grubuna ise uygulanmamıştır. İşitsel eğitim öncesi çalışma ve kontrol grubuna ilk MMN testi uygulanarak işitsel kortikal potansiyel kaydı; ilk Türkçe Matris testi ile davranışsal olarak gürültüde konuşma tanıma düzeyi kaydı yapılmıştır. İşitsel eğitim sonrasında çalışma grubuna ve aynı süre sonunda kontrol grubuna son MMN testi ve son Türkçe Matris test uygulanmıştır. Çalışma grubunda ilk ve son MMN latans değerleri arasında anlamlı fark bulunmuş, kontrol grubu ilk ve son MMN latans değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Çalışma grubunda ilk ve son Türkçe Matris testi skorlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş, kontrol grubunda ise ilk ve son Türkçe Matris testi skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bu bulgulara göre ulaşılan sonuçlar aşağıdadır.

1) İşitme cihazı kullanan yaşlılara işitsel eğitim verilmesi işitsel kortikal cevapları etkiledi ve kortikal plastisitenin değiştiği elektrofizyolojik yöntemler ile doğrulandı.
2) İşitme cihazı kullanan yaşlılara uygulanan işitsel eğitim, davranışsal olarak gürültüde konuşma anlaşılırlığını arttırdı.
3) İşitme cihazı kullanan ve işitsel eğitim alan yaşlılarda kortikal cevapların, işitme cihazı kullanan ve işitsel eğitim almayan yaşlılardan farklı olduğu saptandı.
4) İşitme cihazı kullanan ve işitsel eğitim alan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme skorlarının, işitme cihazı kullanan ve işitsel eğitim almayan yaşlılardan farklı olduğu saptandı.
5) Çalışma için hazırlanan işitsel eğitim programının, yaşlılarda gürültüde konuşma ayırt etmeyi geliştirmede etkili olduğu saptandı.

6) Yaşa bağlı işitme kaybında, işitsel eğitimin etkinliğini göstermekte elektrofizyolojik bir yöntem olarak MMN'nin kullanılabileceği belirlendi.
7) Yaşa bağlı işitme kaybında, işitsel eğitimin etkinliğini göstermede davranışsal bir ölçüm yöntemi olarak Türkçe Matris testin kullanılabileceği belirlendi.

Öneriler:

1) YBİK'lı bireylerde; sözel iletişim becerilerinin gelişmesi, işitme cihazlarından memnuniyetin artması ve gürültüde konuşma ayırt etme becerisinin geliştirilebilmesi amacıyla işitme cihazı kullanmaya başlayan tüm YBİK'lı bireylerin işitsel eğitim programına dahil edilmeleri önerilir.
2) YBİK olan bireylere yönelik işitsel eğitim uygulamalarında, etkinliği gösterilmiş, standart programların kullanılması teşvik edilmelidir. Böylece uygulamaların doğruluğu ve standardizasyonu kontrol edilebilir.
3) YBİK olan ve işitme cihazı kullanan bireylerde, işitsel eğitim sonrası konuşmayı anlamadaki ilerlemeler, davranışsal ya da elektrofizyolojik yöntemlerle tespit edilmeli, amplifikasyon sistemleri ve işitsel rehabilitasyonun etkinliği takip edilip, gerekli destek sağlanmalıdır.
4) Yaşa bağlı işitme kaybında sadece işitme cihazı uygulamasının yeterli olmadığı, işitsel rehabilitasyonun da gerekli olduğunun vurgulanması amacıyla, objektif ölçüm yöntemleriyle etkinliği kanıtlanmış standart rehabilitasyon yaklaşımlarına yönelik çalışmalar arttırılmalıdır.
5) Yaşa bağlı işitme kaybında işitsel rehabilitasyonun etkinliğinin değerlendirilmesinde bilişsel değerlendirmenin de dahil edildiği ilave çalışmalar yapılmalıdır.
6) İşitsel rehabilitasyonun işitme kayıplı yaşlı bireylerde uzun dönem sonuçlarının da değerlendirildiği çalışmalar planlanmalıdır.

Çalışmanın sınırlılıkları;

1) İşitme cihazı kullanan yaşlılarda işitsel rehabilitasyonun etkinliğinin değerlendirilmesinde bilişsel değerlendirmeye yönelik spesifik testlerin olmaması.
2) İşitsel eğitimin uzun dönem etkilerinin değerlendirilmemiş olması.
3) MMN ölçümünde sık ve seyrek uyaranlar arasındaki frekans farkı çok küçük de olsa cevap elde edilebilir. Ancak çalışmamızda kullandığımız

kortikal işitsel potansiyel ölçüm cihazında sık ve seyrek uyaranların küçük farklılıklarla verilememesi.

7. KAYNAKLAR

1. Lin FR, Ferrucci L, Metter EJ, An Y, Zonderman AB, Resnick SM. (2011). Hearing loss and cognition in the baltimore longitudinal study of aging, *Neuropsychology,* 2011, 25(6):763-770.
2. Willott JF, Hnath Chisolm T, Lister JJ. Modulation of presbycusis: current status and future directions, *Audiology and Neurotology,* 2001, 6(5):231-249.
3. Johnson EE, Dillon H. A comparison of gain for adults from generic hearing aid prescriptive methods: impacts on predicted loudness, frequency bandwidth, and speech intelligibility, *Journal of the American Academy of Audiology,* 2011, 22(7):441-459.
4. Lesica NA. Why do hearing aids fail to restore normal auditory perception?, *Trends in Neurosciences,* 2018, 41(4):174-185.
5. Pichora-Fuller MK, Kramer SE, Eckert MA, Edwards B, Hornsby BWY, Humes L, Wingfield A. Hearing impairment and cognitive energy, *Ear and Hearing,* 2016, 37:5S-27S.
6. Musiek FE, Shinn J, Hare C. Plasticity, auditory training, and auditory processing disorders, *Seminars in Hearing,* 2002, 23(4):263–276.
7. Sweetow R, Palmer CV. Efficacy of individual auditory training in adults: a systematic review of the evidence, *J Am Acad Audiol*., 2005, 16:494-504.
8. Kraus N, McGee T, Carrell TD, King C, Tremblay K, Nicol T. Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training, *Journal of Cognitive Neuroscience,* 1995, 7(1):25-32.
9. Scheich H. Auditory cortex: comparative aspects of maps and plasticity, *Current Opinion in Neurobiology*, 1991, 1:236-247

10. Tremblay K, Kraus N, Carrell TD, McGee T. Central auditory system plasticity: Generalization to novel stimuli following listening training, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1997, 102(6):3762-3773.

11. Stecker GC, Bowman GA, Yund EW, Herron TJ, Roup CM, Woods DL. Perceptual training improves syllable identification in new and experienced hearing aid users, *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 2006, 43(4):537-552.

12. Sweetow RW, Henderson-Sabes J. The case for LACE: Listening and auditory communication enhancement training, *The Hearing Journal*, 2004: 57(3):32-40.

13. Wall J, Xu J, Wang X. Human brain plasticity: an emerging view of the multiple substrates and mechanisms that cause cortical changes and related sensory dysfunctions after injuries of sensory inputs from the body, *Brain Research Reviews*, 2002, 39(2-3):181-215.

14. Saunders GH. A randomized control trial: supplementing hearing aid use with Listening and Communication Enhancement (LACE), *Auditory Training. Ear and Hearing*, 2016, 37(4):381-396.

15. Boothroyd A. Adult aural rehabilitation: what is it and does it work?, *Trends Amplif.*, 2007, 11(2):63-71.

16. Olson AD, Options for auditory training for adults with hearing loss, *Seminars in Hearing*, 2015, 36(04):284-295.

17. Näätänen R, Kreegipuu K. Oxford Handbooks Online The Mismatch Negativity (MMN). In: Kappenman ES, Luck SJ (eds). *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. 2012:1-29.

18. Näätänen R. The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function, *Behavioral and Brain Sciences*, 1990, 13(02):201-233.

19. Rinne T, Alho K, Ilmoniemi RJ, Virtanen J, Näätänen R. Separate time behaviors of the temporal and frontal mismatch negativity sources, *NeuroImage*, 2000, 12(1):14-19.

20. Tremblay K, Kraus N, McGee T, Ponton C, Otis B. Central auditory plasticity: changes in the N1-P2 complex after speech-sound training, *Ear Hearing*, 2001, 22(2):79-90.

21. Song JH, Skoe E, Wong PC, Kraus N. Plasticity in the adult human auditory brainstem following short term linguistic training, *J Cogn Neurosci.*, 2008, 20(10):1892-1902.

22. Russo NM, Nicol TG, Zecker SG, Hayes EA, Kraus N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem, *Behavioural Brain Research*, 2005, 156(1):95-103.

23. Näätänen R, Schröger E, Karakas S, Tervaniemi M, Paavilainen P. Development of a memory trace for a complex sound in the human brain, *NeuroReport*, 1993, 4(5):503-506.

24. Näätänen R, Lehtokoski A, Lennes M, Cheour M, Huotilainen M, Livonen A, Alho K. Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses, *Nature*, 1997, 385(6615):432-434.

25. Winkler I, Lehtokoski A, Alku P, Vainio M, Czigler I, Csépe V, Näätänen R. Pre-attentive detection of vowel contrasts utilizes both phonetic and auditory memory representations, *Cognitive Brain Research*, 1999, 7(3): 357-369.

26. Menning H, Roberts LE, Pantev C. Plastic changes in the auditory cortex induced by intensive frequency discrimination training, *NeuroReport*, 2000, 11(4):817-822.

27. Perez VB, Miyakoshi M, Makeig SD, Light GA. Mismatch negativity reveals plasticity in cortical dynamics after 1-hour of auditory training exercises, *International Journal of Psychophysiology*, 2019, 145:40-47.

28. Zokoll MA, Fidan D, Türkyılmaz D, Hochmuth S, Ergenç İ, Sennaroğlu G, Kollmeier B. (2015). Development and evaluation of the Turkish matrix sentence test, *International Journal of Audiology*, 2015, 54(sup2):51-61.

29. Davis MH, Johnsrude IS. Hearing speech sounds: top-down influences on the interface between audition and speech perception, *Hearing Research*, 2007, 229(1-2):132-147.

30. Peelle JE, Troiani V, Grossman M, Wingfield A. Hearing loss in older adults affects neural systems supporting speech comprehension, *Journal of Neuroscience*, 2011, 31(35):12638-12643.

31. Pichora-Fuller MK, Use of supportive context by younger and older adult listeners: Balancing bottom-up and top-down information processing, *International Journal of Audiology*, 2008, 47(sup2):S72–S82.

32. Pichora-Fuller MK, Singh G. Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation, *Trends In Amplification*, 2006, Volume 10, Number 1.

33. Schneider BA, Pichora-Fuller K, Daneman M. Effects of Senescent Changes in Audition and Cognition on Spoken Language Comprehension. In: Gordon-Salant S, Frisina RD, Fay RR, Popper AN (eds). *The Aging Auditory System*. 1st ed. New York, Springer Science Business Media. 2010:167-210.

34. Martin JS, Jerger JF. Some effects of aging on central auditory processing, *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 2005, 42(4 Suppl 2):25-44.

35. World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health: ICF. Geneva, Switzerland: WHO; 2001.

36. Pichora-Fuller MK, Levitt H. Speech Comprehension training and auditory and cognitive processing in older adults, *American Journal of Audiology*, 2012, 21(2):351.

37. Wingfield A. Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity, *J Am Acad Audiol.*, 2006, 17:487-497.

38. Humes LE, Kidd GR, Lentz JJ. Auditory and cognitive factors underlying individual differences in aided speech-understanding among older adults, *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2013, 7:55.

39. Akeroyd MA. Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults, *International Journal of Audiology*, 2008, 47(sup2):S53-S71.

40. Fetoni, AR, Picciotti PM, Paludetti G, Troiani D. Pathogenesis of presbycusis in animal models: a review, *Exp. Gerontol*, 2011, 46:413-425.

41. Karen H. Calhoun MD. Geriatric Otolaryngology. In: Busis SN. *Presbycusis*, 1st ed. Taylor & Francis Group. 2006:77-90.

42. Kidd III AR, Bao J. Recent advances in the study of age-related hearing loss - a mini-review, *Gerontology*, 2012, 58(6):490-496.

43. Weinstein BE. Hearing Loss in the elderly: A new look at an old problem. In: Katz J (ed). *Handbook of clinical audiology*. 6th Edition. Lippincott Williams &Wilkins, 2009:712-725.

44. George ELJ, Zekveld A, Kramer SE, Goverts T, Festen JM, Houtgast T. Auditory and nonauditory factors affecting speech reception in noise by older listeners, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2007, 121(4):2362-2375.

45. Schuknecht HF, Gacek MR. Cochlear pathology in presbycusis, *Annals of otology, Rhinology & Laryngology*, 1993, 102(1_suppl):1-16.

46. Wangemann P. K+ cycling and the endocochlear potential, *Hearing Research*, 2002, 165(1-2):1-9.

47. Schmiedt RA, Lang H, Okamura HO, Schulte BA, Effects of furosemide applied chronically to the round window: a model of metabolic presbyacusis, *J. Neurosci.*, 2002, 22:9643-9650.

48. Gates GA, Mills JH. Presbycusis, *The Lancet*, 2005, 366(9491):1111-1120.

49. Yamasobaa T, Lin FR, Someyae S, Kashioa A, Sakamotoa T, Kondo K. Current concepts in age-related hearing loss: Epidemiology and mechanistic pathways, *Hearing Research*, 2013, 303:30-38.

50. Husain FT, Medina RE, Davis CW, Szymko-Bennett Y, Simonyan K, Pajor NM, Horwitz B. Neuroanatomical changes due to hearing loss and chronic tinnitus: A combined VBM and DTI study, *Brain Research*, 2011, 1369:74-88.

51. Boyen K, Langers DRM, Kleine E, Dijk P. Gray matter in the brain: Differences associated with tinnitus and hearing loss, *Hearing Research*, 2013, 295:67–78.

52. Eckert MA, Cute SL, Vaden KI, Kuchinsky SE, Dubno JR. Auditory cortex signs of age-related hearing loss, *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 2012, 13(5):703-713.

53. Hughes LF, Turner JG, Parrish JL, CasparyDM. Processing of broadband stimuli across A1 layers in young and aged rats, *Hearing Research*, 2010, 264:79-85.

54. Wang H, Turner JG, Ling L, Parrish JL, Hughes LF, Caspary DM. Age-related changes in glycine receptor subunit composition and binding in dorsal cochlear nucleus, *Neuroscience*, 2009, 160:227-239.

55. Caspary DM, Milbrandt JC, Helfert RH. Central auditory aging: GABA changes in the inferior colliculus, *Experimental Gerontology*, 1995, 30(3-4):349-360.

56. Caspary DM, Llano DA. Aging processes in the subcortical auditory system. In: Kandler K (ed). *The Oxford Handbook of the Auditory Brainstem*, 2018:1-49, doi:10.1093/oxfordhb/9780190849061.013.16.

57. Kraus N, Bradlow AR, Cheatham MA, Cunningham J, King CD, Koch DB, Wright BA. Consequences of neural asynchrony: A case of auditory neuropathy, *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 2000, 1(1):33-45.

58. Yang, Y, Liang Z, Li G, Wang Y, Zhou Y. Aging affects response variability of V1 and MT neurons in rhesus monkeys, *Brain Research*, 2009, 1274:21-27.

59. Pichora-Fuller MK, Schneider BA, Macdonald E, Pass HE, Brown S. Temporal jitter disrupts speech intelligibility: A simulation of auditory aging, *Hearing Research*, 2007, 223(1-2):114-121.

60. Anderson S, Parbery-Clark A, White-Schwoch T, Kraus N. Aging affects neural precision of speech encoding, *The Journal of Neuroscience*, 2012, 32(41):14156-14164.

61. Groschel M, Gotze R, Ernst A, Basta D. Differential impact of temporary and permanent noise-induced hearing loss on neuronal cell density in the mouse central auditory pathway, *Journal of Neurotrauma*, 2010, 27(8):1499-1507.

62. Lin FR, Ferrucci L, An Y, Goh JO, Doshi J, Metter EJ, Davatzikos C, Kraut MA, Resnick SM. Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults, *Neuroimage*, 2014, 90:84-92.

63. Jayakody DMP, Friedland PL, Martins RN, Sohrabi HR. Impact of Aging on the Auditory System and Related Cognitive Functions: A Narrative Review, *Frontiers in Neuroscience*, 2018, 12.

64. Anderson S, Kraus N. Sensory-cognitive interaction in the neural encoding of speech in noise: A Review, *Journal of the American Academy of Audiology*, 2010, 21(9):575-585.

65. Humes LE, Dubno JR. Factors affecting speech understanding in older adults, *The Aging Auditory System*, NewYork, Springer, 2010, 211-257.

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

67. Gordon-Salant S, Fitzgibbons PJ, Yeni-Komshian GH. Auditory temporal processing and aging: implications for speech understanding of older people, *Audiology Research*, 2011, 1(1):e4.

68. Wingfield A, Lombardi L, Sokol S. Prosodic features and the intelligibility of accelerated speech, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 1984, 27(1):128.

69. Frisina RD, Walton JP. Age-related structural and functional changes in the cochlear nucleus, *Hearing Research*, 2006, 216-217, 216–223.

70. Marrone N, Mason CR, Kidd G. The effects of hearing loss and age on the benefit of spatial separation between multiple talkers in reverberant rooms, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2008, 124(5):3064-3075.

71. Oxenham AJ. Pitch perception and auditory stream segregation: implications for hearing loss and cochlear implants, *Trends in Amplification,* 2008, 12(4):316-331.

72. Souza PE. Older listeners' use of temporal cues altered by compression amplification, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 2000, 43(3):661.

73. Schneider BA, Pichora-Fuller MK, Kowalchuk D, Lamb M. Gap detection and the precedence effect in young and old adults, *The Journal of the Acoustical Society of America,* 1994, 95(2):980-991.

74. Fitzgibbons PJ, Gordon-Salant S. Age effects on duration discrimination with simple and complex stimuli, *The Journal of the Acoustical Society of America,* 1995, 98(6):3140-3145.

75. Pichora-Fuller MK, Schneider BA, Daneman M. How young and old adults listen to and remember speech in noise, *The Journal of the Acoustical Society* of *America,* 1995, 97(1):593-608.

76. Rönnberg J, Danielsson H, Rudner M, Arlinger S, Sternang O, Wahlin A, Nilsson LG. Hearing loss is negatively related to episodic and semantic long-term memory but not to short-term memory, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 2011, 54(2):705-726.

77. Baddeley AD. Working memory: Looking back and looking forward, *Nature Reviews/Neuroscience,* 2003, 4:829-839.

78. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory?, *Trends in Cognitive Sciences,* 2000, 4(11):417-423.

79. Rudner M, Rönnberg J, Lunner T. Working memory supports listening in noise for persons with hearing impairment, *J Am Acad Audiol.,* 2011, 22:156-167.

80. Caplan D, Waters GS. Verbal working memory and sentence comprehension, *Behavioral and Brain Sciences,* 1999, 22(1):77-94.

81. Tamati TN, Gilbert JL, Pisoni DB. Some factors underlying individual differences in speech recognition on PRESTO: a first report, *J Am Acad Audiol.* 2013, 24(7):616-634.

82. Heald SLM, Nusbaum HC. Speech perception as an active cognitive process, *Frontiers in Systems Neuroscience,* 2014, 8:35.

83. Rodd JM, Davis MH, Johnsrude IS. The neural mechanisms of speech comprehension: fMRI studies of semantic ambiguity, *Cerebral Cortex,* 2005, 15(8):1261-1269.

84. Tremblay KL, Piskosz M, Souza P. Effects of age and age-related hearing loss on the neural representation of speech cues, *Clinical Neurophysiology,* 2003, 114(7):1332-1343.

85. Lunner T, Rudner M, Rönnberg J. Cognition and hearing aids, *Scand J Psychol.,* 2009, 50:395-403.

86. Gordon-Salant S, Peter JF. Sources of age-related recognition difficulty for time-compressed speech, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 2001, 44(4):709.

87. Anderson S, Parbery-Clark A, Yi HG, Kraus N. A neural basis of speech-in-noise perception in older adults, *Ear and Hearing*, 2011, 32(6):750-757.

88. Pichora-Fuller MK. Auditory and cognitive processing in audiologic rehabilitation. In: Mantona JJ, Spitzer JB (eds). *Adult Audiologic Rehabilitation.* Plural publishing. 2017:542-559.

89. Cunningham WR, Clayton V, Overton W. Fluid and crystallized intelligence in young adulthood and old age, *Journal of Gerontology,* 1975, 30(1):53-55.

90. Pichora-Fuller MK. How social factors may modulate auditory and cognitive functioning during listening, *Ear Hear*., 2016, 37:92s-100s.

91. Arlinger S, Lunner T, Lyxell B, Pichora-Fuller MK. The emergence of cognitive hearing science, *Scand J Psychol.,* 2009, 50(5):371-384.

92. Rönnberg J, Lunner T, Zekveld AA, Sörqvist P, Danielsson H, Lyxell B. The ease of language understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances, *Front. Syst. Neurosci.,* 2013, 7:31

93. Cabeza R, Anderson ND, Locantore JK, McIntosh AR. Aging Gracefully: Compensatory brain activity in high-performing older adults, *NeuroImage*, 2002, 17(3):1394-1402.

94. Grady C. The cognitive neuroscience of ageing, *Nature Reviews: Neuroscience*, 2012, 13:491-505.

95. Grady CL. Functional brain imaging and age-related changes in cognition, *Biol Psychol.*, 2000, 54:259-281.

96. Anderson S, White-Schwoch T, Parbery-Clark A, Kraus N. A dynamic auditory-cognitive system supports speech-in-noise perception in older adults, *Hearing Research*, 2013, 300:18-32.

97. Lunner T. Cognitive function in relation to hearing aid use, *Int J Audiol.*, 2003, 42(Suppl-1):S49-S58.

98. Lunner T, Sundewall-Thor_E. Interactions between cognition, compression, and listening conditions: effects on speech-in-noise performance in a two-channel hearing aid, *J Am Acad Audiol.*, 2007, 18(7):604-617.

99. Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B, Hafter E. Objective measures of listening effort: effects of background noise and noise reduction, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2009, 52(5):1230-1240.

100. Ferguson MA, Henshaw H. Auditory training can improve working memory, attention, and communication in adverse conditions for adults with hearing loss, *Front Psychol.*, 2015, 6:556.

101. Pichora-Fuller MK. Cognitive aging and auditory information processing, *Int J Audiol*., 2003, 42(2):S26-2S32.

102. Wong PCM, Ettlinger M, Sheppard JP, Gunasekera GM, Dhar S. Neuroanatomical characteristics and speech perception in noise in older adults, *Ear and Hearing*, 2010, 31(4):471-479.

103. Füllgrabe C, Moore BC, Stone MA. Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition, *Front. Aging Neurosci.*, 2015, 6:347.

104. Gates GA, Gibbons LE, McCusrry SM, Crane PK, Feeney MP, Larson EB. Executive dysfunction and presbycusis in older persons with and without memory loss and dementia, *Cognitive and Behavioral Neurology*, 2010, 23(4):218-223.

105. Taljaard DS, Olaithe M, Brennan-Jones CG, Eikelboom RH, Bucks RS. The relationship between hearing impairment and cognitive function: a meta-analysis in adults, *Clinical Otolaryngology*, 2016, 41(6):718-729.

106. Yumba WK. Cognitive processing speed, working memory, and the intelligibility of hearing aid-processed speech in persons with hearing impairment, *Frontiers in Psychology*, 2017, 8:1308.

107. Chetelat G, Landeau B, Eustache F, Mezenge F, Viader F, Sayette V, Baron JC. Using voxel-based morphometry to map the structural changes associated with rapid conversion in MCI: A longitudinal MRI study, *Neuroimage*, 2005, 27(4):934-946.

108. Schneider BA, Daneman M, Murphy DR, Kwong-See S. Listening to discourse in distracting settings: the effects of gaining, *Psychol Aging*, 2000, 15:110-125

109. Sweetow RW. Sabes JH. The need for and development of an adaptive listening and communication enhancement (LACE™) program, *Journal of the American Academy of Audiology*, 2006, 17(8):538-558.

110. Kiessling J, Pichora-Fuller MK, Gatehouse S, Stephens D, Arlinger S, Chisolm, T, Wedel H. Candidature for and delivery of audiological services: special needs of older people, *International Journal of Audiology*, 2003, 42(sup2):92-101.

111. Musiek FE, Chermak GD, Weihing J. Auditory Training. In: Musiek FE, Chermak GD. Handbook of central auditory disorder, *Plural Publishing* 2014:157-200.

112. Blamey PJ, Alcantara JI. Research in auditory training. In: Gagne J, TyeMurray N (eds). *Research in audiological rehabilitation: current trends and future directions.* Academy of Rehabilitative Audiology, 1994:161-191.

113. Fu QJ, Galvin J, Wang X, Nogaki G. Moderate auditory training can improve speech performance of adult cochlear implant patients, *Acoustics Research Letters Online*, 2005, 6:106-111.

114. Erber N, Hirsh I. *Auditory training*, New York, NY: Holt, Rinehart and Winston; 1978: 358-374.

115. Burk MH, Humes LE, Amos NE, Strauser LE. Effect of training on word-recognition performance in noise for young normal-hearing and older hearing-impaired listeners, *Ear and Hearing*, 2006, 27:263-278.

116. Ferguson MA, Henshaw H, ClarkDP, Moore DR. Benefits of phoneme discrimination training in a randomized controlled trial of 50- to 74-year-olds with mild hearing loss, *Ear and Hearing*, 2014, 35(4):e110-e121.

117. Reuter-Lorenz PA, Sylvester CYC. The Cognitive Neuroscience of Working Memory and Aging. In: Cabeza R, Nyberg L, Park D (eds). *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging*. New York, Oxford University Press. 2005:186-217.

118. Pascual-Leone A. The plastic human brain cortex, *Annu. Rev. Neurosci.* 2005, 28:377-401.

119. Zilles K. Neuronal plasticity as an adaptive property of the central nervous system, *Ann. Anat.*, 1992, 174(5):383-391.

120. Tremblay K, Ross B. Effects of age and age-related hearing loss on the brain, *Journal of Communication Disorders*, 2007, 40(4):305-312.

121. Syka J. Plastic changes in the central auditory system after hearing loss, restoration of function, and during learning, *Physiological Reviews*, 2002, 82(3):601-636.

122. Neuman AC. Central auditory system plasticity and aural rehabilitation of adults, *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, 2005, 42(4s):169.

123. Norena AJ, Eggermont JJ. Enriched acoustic environment after noise trauma reduces hearing loss and prevents cortical map reorganization, *J Neurosci.* 2005, 25(3):699-705.

124. Recanzone GH, Schreiner C, Menenich M. Plasticity in the frequency representation of primary auditory cortex following discrimination training in adult owl monkeys, *Journal of Neuroscience*, 1993, 13:87-103.

125. Engineer ND, Percaccio CR, Pandya PK, Moucha R, Rathbun DL, Kilgard MP. Environmental Enrichment Improves Response Strength, Threshold, Selectivity, and Latency of Auditory Cortex Neurons, *Journal of Neurophysiology*, 2004, 92(1):73-82.

126. Karmarkar UR. Temporal Specificity of Perceptual Learning in an Auditory Discrimination Task, *Learning & Memory*, 2003, 10(2):141-147.

127. Trambley DE, Tajima K, Callan AM, Kubo R, Masaki S, Akahane-Yamada R. Learning-induced neural plasticity associated with improved identification performance after training of a difficult second-language phonetic contrast, *NeuroImage*, 2003, 19(1):113-124.

128. Shahin A, Bosnyak DJ, Trainor LJ, Roberts LE. Enhancement of neuroplastic P2 and N1 auditory evoked potentials in musicians, *The Journal of Neuroscience*, 2003, 23(13):5545-5552.

129. Buonomano DV, Merzenich MM. Cortical Plasticity: From synapses to maps, *Annual Review of Neuroscience*, 1998, 21(1):149-186.

130. Gilbert CD, Sigman M, Crist RE. The neural basis of perceptual learning, *Neuron*, 2001, 31(5):681-697.

131. Larson VD. Efficacy of 3 commonly used hearing aid circuits a crossover trial, *JAMA*, 2000, 284(14):1806.

132. Ohlenforst B, Zekveld AA, Jansma EP, Wang Y, Naylor G, Lorens A, Kramer SE. Effects of hearing impairment and hearing aid amplification on listening effort, *Ear and Hearing*, 2017, 38(3):267-281.

133. Dubno JR. Benefits of auditory training for aided listening by older adults, *American Journal of Audiology*, 2013, 22(2):335-338.

134. Brennan MA, McCreery RW, Buss E, Jesteadt W. The influence of hearing aid gain on gap-detection thresholds for children and adults with hearing loss, *Ear and Hearing*, 2018, 39(5):969-979.

135. Ross M. Improving your listening and hearing skills. In: Carmen RE (ed). *Hearing Loss and Hearing Aids*. 3rd edition. Auricle Ink Publishers. 2009:183-202.

136. Recio-Spinoso A, Cooper NP. Masking of sounds by a background noise – cochlear mechanical correlates, *J. Physiol.,* 2013, 591:2705-2721.

137. Parthasarathy A, Kujawa SG. Synaptopathy in the aging cochlea: characterizing early-neural deficits in auditory temporal envelope processing, *The Journal of Neuroscience,* 2018, 38(32):7108-7119.

138. Sergeyenko Y, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG. Age-related cochlear synaptopathy: an early-onset contributor to auditory functional decline, *J. Neurosci.,* 2013, 33(34):13686-13694.

139. Hall JW. P300 Response and Mismatch Negativity (MMN) Response. In: Hall M (ed). eHandbook of Auditory Evoked Responses. 2015:716-823.

140. Costalupes JA, Young ED, Gibson DJ. Effects of continuous noise backgrounds on rate response of auditory nerve fibers in cat, *Journal of Neurophysiology*, 1984, 51(6):1326-1344

141. Tremblay KL, Miller CW. How neuroscience relates to hearing aid amplification, *International Journal of Otolaryngology*, 2014:641-652.

142. Moore BCJ, Wojtczak M, Vickers DA. (1996). Effect of loudness recruitment on the perception of amplitude modulation, *The Journal of the Acoustical Society of America,* 1996, 100(1):481-489.

143. Young ED. Neural representation of spectral and temporal information in speech, *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences,* 2008, 363(1493):923-945.

144. Willott JF. Physiological plasticity in the auditory system and its possible relevance to hearing aid use, deprivation effects, and acclimatization, *Ear Hear.,* 1996, 17(3 Suppl):66–77.

145. Gatehouse S. Role of perceptual acclimatization in the selection of frequency responses for hearing aids, *J Am Acad Audiol.,* 1993, 4(5):296-306.

146. Surr RK, Cord MT, Walden BE. Long-term versus shortterm hearing aid benefit, *J Am Acad Audiol.,* 1998, 9(3):165-171.

147. Gil D, Iorio MC. Formal auditory training in adult hearing aid users, *Clinics (Sao Paulo),* 2010, 65(2):165-74.

148. Lampit A, Hallock H, Valenzuela M. Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers, *PLoS Medicine,* 2014, 11(11):e1001756.

149. Ingvalson EM, Wong PCM. Training to improve language outcomes in cochlear implant recipients, *Frontiers in Psychology*, 2003, 4.

150. Lawrence BJ, Jayakody DMP, Henshaw H, Ferguson MA, Eikelboom RH, Loftus AM, Friedland PL. Auditory and cognitive training for cognition in adults with hearing loss: a systematic review and meta-analysis, *Trends in Hearing,* 2018, 22:1-20

151. Moore DR, Halliday LF, Amitay S. Use of auditory learning to manage listening problems in children, *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 2009, 364(1515):409-420.

152. Rubinstein A, Boothroyd A. Effect of two approaches to auditory training on speech recognition by hearing-impaired adults, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 1987, 30(2).

153. Merzenich MM, JenkinsWM, Johnston P, SchreinerC, Miller SL, Tallal P. Temporal processing deficits of language-learning impaired children ameliorated by training, *Science*, 1996, 271:77-81.

154. Bernstein LR. Auditory processing of interaural timing information: new insights, *Journal of Neuroscience Research,* 2001, 66(6), 1035-1046.

155. Fitzpatric EM, Douced SP. Creating optimal listening and learning environments in the first years In: Fitzpatric EM, Douced SP. (eds). *Pediatric Audiologic Rehabilitation*. Thieme Medical Publishers. 2013, 130-174.

156. Tremblay KL, Kraus N. Auditory Training Induces Asymmetrical Changes in Cortical Neural Activity, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research,* 2002, 45(3):564-572.

157. Kujala T, Näätänen R. The mismatch negativity in evaluating central auditory dysfunction in dyslexia, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2001, 25(6):535-543.

158. Donchin E, Ritter W, McCallum WC. Cognitive Psychophysiology: The Endogenous Components of the ERP. In: Callaway E, Tueting P, Koslow S (eds.). *Event-Related Brain Potentials in Man*, 1st edition, Academic Press, 1978:349-441.

159. Garrido MI, Kilner JM, Stephan KE, Friston KJ. The mismatch negativity: A review of underlying mechanisms, *Clinical Neurophysiology,* 2009, 120:453-463.

160. Näätänen R, Tervaniemi M, Sussman E, Paavilainen P, Winkler I. "Primitive intelligence" in the auditory cortex, *Trends in Neurosciences,* 2001, 24(5):283-288.

161. Jääskeläinen IP, Ahveninen J, Bonmassar G, Dale AM, Ilmoniemi RJ, Levanen S. Human posterior auditory cortex gates novel sounds to consciousness, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2004, 17:6809-6814.

162. Friston K. A theory of cortical responses, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.,* 2005, 360:815-836.

163. Kraus N. Speech sound perception, neurophysiology, and plasticity, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 1999, 47(2):123-129.

164. Näätänen R, Alho K. Mismatch negativity-a unique measure of sensory processing in audition, *International Journal of Neuroscience*, 1995, 80(1-4):317-337.

165. Schröger E, Wolff C. Mismatch response of the human brain to changes in sound location, *NeuroReport*, 1996, 7(18):3005-3008.

166. Giard MH, Perrin F, Pernier J, Bouchet P. Brain generators implicated in the processing of auditory stimulus deviance: a topographic event-related potential study, *Psychophysiology*, 1990, 27:627-640

167. Fischer C, Luauté J, Némoz C, Morlet D, Kirkorian G, Mauguière F. Improved prediction of awakening or nonawakening from severe anoxic coma using tree-based classification analysis, *Critical Care Medicine,* 2006, 34:1-5.

168. Escera C, Alho K, Winkler I, Näätänen R. Neural mechanisms of involuntary attention to acoustic novelty and change, *Journal of Cognitive Neuroscience,* 1998, 10(5):590-604.

169. Morr ML, Shafer VL, Kurtzberg D. Maturation of mismatch negativity in typically developing infants and preschool children, *Ear and Hearing,* 2002, 23(2):118-136.

170. Nowak K, Oron A, Szymaszek A, Leminen M, Näätänen R, Szelag E. Electrophysiological indicators of the age-related deterioration in the sensitivity to auditory duration deviance, *Frontiers in Aging Neuroscience,* 2016, 8:2.

171. Kraus N, McGee TJ. Mismatch negativity in the assessment of central auditory function, *American Journal of Audiology,* 1994, 3(2):39.

172. Ponton CW, Eggermont JJ, Don M, Waring MD, Kwong B, Cunningham J, Trautwein P. Maturation of the mismatch negativity: effects of profound deafness and cochlear implant use, *Audiology and Neurotology,* 2000, 5(3-4):167-185.

173. Roman S, Canévet G, Marquis P, Triglia JM, Liégeois-Chauvel C. Relationship between auditory perception skills and mismatch negativity recorded in free field in cochlear-implant users, *Hearing Research,* 2005, 201(1-2):10-20.

174. Tremblay, K., Kraus, N., & McGee, T. (1998). The time course of auditory perceptual learning, *NeuroReport,* 9(16):3557-3560.

175. Jansen S, Luts H, Wagener KC, Kollmeier B, Del Rio M. Comparison of three types of French speech-in-noise tests: A multi-center study, *Int J Audiol.,* 2012, 51(3):164-173.

176. Dietz A, Buschermohle M, Aarnisalo AA, Vanhannen A, Hyyrynen T. The development and evaluation of the Finnish matrix sentence test for

speech intelligibility assessment, *Acta Oto-Laryngologica,* 2014,134(7):728-737.

177. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician, *Journal of Psychiatric Research,* 1975, 12(3):189-198.

178. Güngen C, Ertan T, Eker E, Yaşar R, Engin F. Standardize mini mental test'in Türk toplumunda hafif demans tanısında geçerlik ve güvenilirliği, *Türk Psikiyatri Dergisi*, 2002, 13:273-281.

179. Lazard DS., Giraud AL, Truy E, Lee HJ. Evolution of non-speech sound memory in postlingual deafness: Implications for cochlear implant rehabilitation, *Neuropsychologia*, 2011, 49(9):2475-2482.

180. Lazard DS, Lee HJ, Truy E, Giraud AL. Bilateral reorganization of posterior temporal cortices in post-lingual deafness and its relation to cochlear implant outcome, *Human Brain Mapping,* 2012, 34(5):1208-1219.

181. Atienza M, Jose L, Cantero1 JL, Stickgold R. Posttraining Sleep Enhances Automaticity in Perceptual Discrimination, *Journal of Cognitive Neuroscience,* 2004, 16(1):53-64.

182. Gottselig JM. Human Central Auditory Plasticity Associated With Tone Sequence Learning, *Learning & Memory,* 2004, 11(2):162-171.

183. Tervaniemi M, Rytkönen M, Schröger E, Ilmoniemi RJ, Näätänen R. Superior formation of cortical memory traces of melodic patterns in musicians, *Learn. Mem.*, 2001, 8:295-300.

184. Atienza M, Cantero JL. Complex sound processing during human REM sleep by recovering information from long-term memory as revealed by the mismatch negativity (MMN), *Brain Research,* 2001, 901(1-2):151-160.

185. Koerner TK, Zhang Y, Nelson P.Links between mismatch negativity responses and speech intelligibility in noise, *The Journal of the Acoustical Society of America,* 2012, 132(3):2049.

186. Koerner TK, Zhang Y, Nelson PB, Wang B, Zou H. Neural indices of phonemic discrimination and sentence-level speech intelligibility in quiet

and noise: A mismatch negativity study, *Hearing Research*, 2016, 339:40-49.

187. Kraus N, McGee T, Ferre J, Hoeppner JA, Carrell T, Sharma A, Nicol T. Mismatch negativity in the neurophysiologic/behavioral evaluation of auditory processing deficits, *Ear and Hearing*, 1993, 14(4):223-235.

188. Zhang F, Hammer T, Banks HL, Benson C, Xiang J, Fu QJ. Mismatch negativity and adaptation measures of the late auditory evoked potential in cochlear implant users, *Hear Res.*, 2011, 275(1-2):17-29.

189. Polat Z, Bulut E, Ataş A. Assessment of the speech intelligibility performance of post lingual cochlear implant users at different signal-to-noise ratios using the Turkish Matrix Test, *Balkan Med J*., 2016, 33(5):532-538.

190. Kricos PB, Holmest AE. Efficacy of audiologic rehabilitation for older adults, *J Am Acad Audiol.*, 1996, 7:219-229.

191. Walden BE, Erdman SA, Montgomery AA, Schwartz DM, Prosek RA. Some effects of training on speech recognition by hearing-impaired adults, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 1981, 24(2):207-216.

192. Bode DL, Oyer HJ. Auditory training and speech discrimination, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 1970, 13(4).839-855.

193. Song H, Skoe E, Banai K, Kraus N. Training to improve hearing speech in Noise: Biological Mechanisms, *Cerebral Cortex,* 2011, 22(5):1180-1190.

194. Montgomery AA, Walden BE, Schwartz DM, Prosek RA. Training auditory-visual speech reception in adults with moderate sensorineural hearing loss, *Ear and Hearing,* 1984, 5(1):30-36.

195. Castiglione A, Benatti A, Velardita C, Favaro D, Padoan E, Severi D, Pagliaro M, Bovo R, Vallesi A, Gabelli C, Martini A. Aging, cognitive decline and hearing loss: effects of auditory rehabilitation and training with hearing aids and cochlear implants on cognitive function and depression among older adults, *Audiol Neurootol.*, 2016, 21 Supp.1:21-28.

196. Lively SE, Pisoni DB, Yamada RA, Tohkura Y, Yamada T. Training Japanese listeners to identify English /r/ and /l/. III. Long-term retention of new phonetic categories, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1994, 96(4):2076-2087.
197. Mcclaskey CL, Pisoni DB, Carrell TD. Transfer of training of a new linguistic contrast in voicing, *Perception & Psychophysics,* 1983, 34(4):323-330.
198. Alho K, Sinervo N. Preattentive processing of complex sounds in the human brain, *Neuroscience Letters*, 1997, 233:33-36.
199. Dalebout SD, Stack JW. Mismatch negativity to acoustic differences not differentiated behaviourally, *J Am Acad Audiol.*, 1999, 10:388-399.
200. Allen J, Kraus N, Bradlow A. Neural representation of consciously imperceptible speech sound differences, *Perception & Psychophysics,* 2000, 62(7):1383-1393.
201. Paavilainen P. The mismatch-negativity (MMN) component of the auditory event-related potential to violations of abstract regularities: A review, *International Journal of Psychophysiology*, 2013, 88(2):109-123.
202. Kricos PB, Audiologic management of older adults with hearing loss and compromised cognitive/psychoacoustic auditory processing capabilities, *Trends In Amplification,* 2006 10(1):1-28.
203. Kim J, Lee K. Effects on word and sentence recognition by auditory training using environmental sound for elderly hearing impaired, *Audiol. Speech Res*., 2017, 13(2):115-122.
204. Lin FR. Hearing loss in older adults: who's listening?, *JAMA,* 2012, 307(11):1147-1148.
205. Moore BCJ. Perceptual consequences of cochlear hearing loss and their implications for the design of hearing aids, *Ear & Hearing.*, 1996, 17(2):133-161.
206. Rubinstein A, Boothroyd A. Effect of two approaches to auditory training on speech recognition by hearing-impaired adults, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 1987, 30(2).

207. Kochkin S. Why some consumers reject hearing aids but how you could love them. In: Carmen RE (ed). *Hearing Loss and Hearing Aids.* 3rd edition. Auricle ink publishers, 2009:83-103

208. Jerram JC, Purdy SC. Technology, expectations, and adjustment to hearing loss: predictors of hearing aid outcome, *J Am Acad Audiol.*, 2001, 12(2):64-79.

209. Humes LE. The contributions of audibility and cognitive factors to the benefit provided by amplified speech to older adults, *J Am Acad Audiol.*, 2007, 18(7):590-603.

210. Lin FR, Yaffe K, Xia J, Xue QL, Harris TB, Purchase-Helzner E, Health ABC Study Group. Hearing Loss and Cognitive Decline in Older Adults, *JAMA Internal Medicine*, 2013, 173(4):293-299.

211. Bonetti L, Haumann NT, Brattico E, Kliuchko M, Vuust P, Särkämö T, Näätänen R. Auditory sensory memory and working memory skills: Association between frontal MMN and performance scores, *Brain Research,* 2018, 1700, 86–98.

212. Gordon-Salant S, Yeni-Komshian GH, Fitzgibbons PJ, Barrett J. Age-related differences in identification and discrimination of temporal cues in speech segments, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2006, 119(4):2455-2466.

213. Fu QJ, Galvin JJ. Perceptual Learning and Auditory Training in Cochlear Implant Recipients, *Trends in Amplification*, 2007, 11(3):193-205.

214. Boothroyd A, Eisenberg LS, Martinez AS. An on-line imitative test of speech-pattern contrast perception (olimspac): developmental effects in normally hearing children, *Journal of Speech Language and Hearing Research,* 2010, 53(3):531-542.

215. Cox RM. Evidence-based practice in audiology, *J Am Acad Audiol.*, 2005, 16:419-438.

216. Swenson SL, Buell S, Zettler P, White M, Ruston DC, Lo B. Patient-centered communication, *Journal of General Internal Medicine,* 2004, 19(11):1069-1079.

217. Ong LM, Haes JC, Hoos AM, Lammes FB. Doctor-patient communication: A review of the literature, *Soc Sci Med,* 1995, 40:903-918.

218. Wolf DM, Lehman L, Quinlin R, Zullo T, Hoffman L. Effect of patient-centered care on patient satisfaction and quality of care, *Journal of Nursing Care Quality*, 2008, 23(4):316-321.

219. Michie S, Miles J, Weinman J. Patient-centredness in chronic illness: what is it and does it matter?, *Patient Education and Counseling*, 2003, 51(3):197-206.

220. Krupat E. Patient-physician fit: an idea whose time has come, *Medical Decision Making,* 2006, 26(2):110-111.

221. Burk MH, Humes LE. Effects of long-term training on aided speech-recognition performance in noise in older adults, *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 2008, 51(3):759.

222. Henshaw H, Ferguson MA. Efficacy of individual computer-based auditory training for people with hearing loss: a systematic review of the evidence, *PLoS One*, 2013, 8:e62836.

223. Tremblay KL, Shahin AJ, Picton T and Ross B. Auditory training alters the physiological detection of stimulus-specific cues in humans, *Clinical Neurophysiology,* 2009, 120(1), 128–135.

224. Morais AA, Rocha-Muniz CN, Schochat E. Efficacy of auditory training in elderly subjects, *Frontiers in Aging Neuroscience,* 2015, 7:78.

225. Lang HA, Nyrke T, Ek M, Aaltonen O, Raimo I. Pitch discrimination performance and auditory event-related potentials. In: Brunia CHM, Gaillard AWK, Kok A, Mulder G, Verbaten MN (eds), *Psychophysiological Brain Research,* Tilburg University Press, 1990, Vol-1: 294298.

226. Kraus N. (1996). The Discriminating Brain: MMN and acoustic change, *The Hearing Journal: Pageten,* 49(5): 10, 41-43.

8. EKLER

EK-1. ETİK KURUL ONAY BELGESİ

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

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Bölümü öğrencilerinden, Ayşenur Küçük Ceyhan'ın, İşitme Cihazı Kullanan Yaşlılarda, İşitsel Eğitim Öncesi ve Sonrasında, Türkçe Matris Test ile Gürültüde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Düzeyinin ve MMN Bulgularının Karşılaştırılması adlı araştırması değerlendirilmiştir.

Proje etik açısından uygun bulunmuştur. ☑

Proje etik açısından geliştirilmesi gerekmektedir. ☐

Proje etik açısından uygun bulunmamıştır. ☐

AYBÜ ETİK KURULU KARARI (Etik Kurul tarafından doldurulacaktır)	
Araştırma kodu (Yıl – Araştırma sıra no)	2018-25
Başvuru formunun Etik Kurula ulaştığı tarih	07.02.2018
Etik Kurul Karar toplantı tarihi ve karar no	23.02.2018-25
Yer	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Esenboğa Külliyesi
Katılımcılar	Formda imzası bulunan üyelerimiz toplantıya katılmıştır.

KURUL BAŞKANI, BAŞKAN YARDIMCISI VE ÜYELER:

		İMZA
Prof. Dr. Cem Şafak ÇUKUR	**Başkan**	
Prof. Dr. Tekin AKDEMİR	**Üye**	
Prof. Dr. Necmiye ÜN YILDIRIM	**Üye**	
Prof. Dr. Seldağ GÜNEŞ PESCHKE	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Özge GÖKBULUT ÖZDEMİR	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Fatma DOĞAN GÜZEL	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Behlül TOKUR	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Şule ÇEKİÇ KAYA	**Üye**	
Yrd. Doç. Dr. Birgül ÖZKAN	**Üye**	

7

EK-2. BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

LÜTFEN BU DÖKÜMANI DİKKATLİCE OKUMAK İÇİN ZAMAN AYIRINIZ

Sizi Ayşenur Küçük Ceyhan tarafından yürütülen "İşitme Cihazı Kullanan Yaşlılarda, İşitsel Eğitim Öncesi ve Sonrasında, Türkçe Matris Test ile Gürültüde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Düzeyinin ve MMN Bulgularının Karşılaştırılması" başlıklı **araştırmaya** davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkında sahipsiniz. **Çalışmayı yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** biçiminde yorumlanacaktır. Size verilen **formlardaki** soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacaktır.

1. **Araştırmayla İlgili Bilgiler:**
   a. Araştırmanın Amacı: İşitsel eğitimin, işitme cihazı kullanan yaşlılarda gürültüde konuşmayı ayırt etme düzeyi üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır.
   b. Araştırmanın İçeriği: Yaşa bağlı işitme kaybının rehabilitasyonuna yönelik hazırlanmış 8 haftalık işitsel eğitim programı öncesi ve sonrasında davranışsal ve elektrofizyolojik ölçümler yapılır. Yapılan ölçümlerin herhangi bir yan etkisi yoktur. İlerleme kaydedilir.
   c. Araştırmanın Nedeni: ☐ Bilimsel araştırma ☐ Tez çalışması
   d. Araştırmanın Öngörülen Süresi: 1 yıl
   e. Araştırmaya Katılması Beklenen Katılımcı/Gönüllü Sayısı: 40
   f. Araştırmanın Yapılacağı Yer(ler): Okan üniversitesi Hastanesi

2. **Çalışmaya Katılım Onayı:**

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya/gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları tamamen anladım. **Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı, soru sorma ve tartışma imkanı buldum ve tatmin edici yanıtlar aldım. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı.** Bu çalışmayı istediğim zaman ve herhangi bir neden belirtmek zorunda kalmadan bırakabileceğimi ve bıraktığım takdirde herhangi bir olumsuzluk ile karşılaşmayacağımı anladım.

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

Katılımcının (Kendi el yazısı ile)
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

(Varsa) Velayet veya Vesayet Altında Bulunanlar İçin;
Veli veya Vasisinin (kendi el yazısı ile)
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

Araştırmacının
Adı-Soyadı:.....
İmzası:

EGEBAYEK Form 2
Y.T. / REV. : 01.2013/ 00

EK-3. ÖZET İŞİTSEL EĞİTİM PROGRAMI

Bu program işitme cihazı kullanan yaşlılarda konuşma ayrıt etme becerisini desteklemek amacıyla analitik ve bütüncül yaklaşımlar birlikte kullanılarak hazırlanmıştır. Bireyin yazılı seçenekler arasından seçim yaparak cevaplaması gereken alıştırmalar için ek çalışma kağıtları mevcuttur. Alıştırmalar canlı ses ile bireye sunulur.

Tüm alıştırmalar;

1. Sessizlikte,
2. Beyaz gürültü kullanılarak sırasıyla +15 dB SGO ve +5 dB SGO'da uygulanır.

Alıştırma 1	Kapalı uçlu kelime ayırt etme çalışmasıdır. Basit kapalı uçlu materyaller ile dinleme ve cevaplama için hazırlık yapmak amaçlanır.
Alıştırma 2.	Kısa süreli bellek kapasitesi gelişimine yönelik çalışmadır. Daha sonra gelecek dinleme ve cevaplama çalışmalarına hazırlık yapmak amaçlanır.
Alıştırma 3	Yüksek frekans enerjisine sahip sessiz fonem fark etme çalışmasıdır.
Alıştırma 4	Yüksek frekans enerjisine sahip ünsüzleri ayırt etme/tanıma çalışmasıdır. **Düzey 1.** Yüksek frekans enerjisine sahip ünsüzler ve nazal, diş eti-damak, ötümlü durmalılar ile oluşturulan kelime çiftleri kullanılır. **Düzey 2.** Yüksek frekans enerjisine sahip ünsüzler ve nazal, diş eti-damak, dudak- diş, diş, yumuşak damak, ötümlü çift dudak ünsüzleri ile oluşturulan kelime çiftleri kullanılır. **Düzey 3.** Yüksek frekans enerjisine sahip ünsüz sesler ve ötümsüz durmalı, durmalı-sürtünmeli, sürtünmeli sesler ile oluşturulan kelime çiftleri kullanılır. **Düzey 4.** Yüksek frekans enerjisine sahip ötümlü-ötümsüz ünsüzler ile oluşturulan kelime çiftleri kullanılır.

EK-3 Devamı

Alıştırma 5	Yüksek frekans enerjisi taşıyan heceleri tanıma çalışmasıdır.
Alıştırma 6	İşitsel dikkat ve işitsel ayırt etme çalışmasıdır
Alıştırma 7	İşitsel tamamlama çalışmasıdır.
Alıştırma 8	Yüksek frekans enerjisi taşıyan fonem ayırt etme ve işitsel dikkati sürdürme, işitsel bellek kapasitesi gelişimi ve işitsel sınıflama becerisine yönelik alıştırmalardır
Alıştırma 9	Orta ve yüksek frekans konuşma seslerinden oluşan hece ayırt etme çalışmasıdır
Alıştırma 10	İşitsel bellek ve işitsel tanıma çalışmalarıdır
Alıştırma 11	Zamana sıkıştırılmış işitsel uyaranı algılama çalışmasıdır. **Düzey 1.** Gittikçe hızlanan uyaranlar olarak verilen sıralı heceler ile çalışılır. **Düzey 2.** Cümleler ile çalışılır.
Alıştırma 12	İşitsel dikkat çalışmasıdır. **Düzey 1**. Hece düzeyinde çalışılır. **Düzey 2.** Ses düzeyinde çalışılır. **Düzey 3.** Paragraf düzeyinde çalışılır
Alıştırma 13	İşitsel ayırt etme ve hemisferler arası transfer çalışmasıdır.
Alıştırma 14	İşitsel ÇB gelişimine yönelik çalışmadır.
Alıştırma 15	İşitsel dikkat, ÇB ve anlama becerilerine yönelik çalışmadır.
Alıştırma 16	İşitsel dikkat ve işitsel tamamlama çalışmalarıdır.

.

.

EK-4. MİNİ MENTAL TEST

STANDARDİZE MİNİ MENTAL TEST

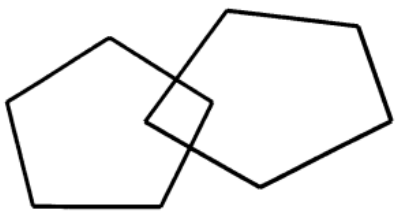
YÖNELİM (Toplam puan 10)
Hangi yıl içindeyiz……..( )
Hangi mevsimdeyiz……( )
Hangi aydayız……..( )
Bugün ayın kaçı…….....( )
Hangi gündeyiz……..……..( )
Hangi ülkede yaşıyoruz……..……..……( )
Şu an hangi şehirde bulunmaktasınız……...( )
Şu an bulunduğunuz semt neresidir…….……( )
Şu an bulunduğunuz bina neresidir……..….....( )
Şu an bu binada kaçıncı kattasınız…….……..……( )

KAYIT HAFIZASI (Toplam puan 3)
Size birazdan söyleyeceğim üç ismi dikkatlice dinleyip ben bitirdikten sonra tekrarlayın.
(Masa, Bayrak, Elbise) (20 sn süre tanınır) Her doğru isim 1 puan……( )

DİKKAT VE HESAP YAPMA (Toplam puan 5)
100'den geriye doğru 7 çıkartarak gidin. Dur deyinceye kadar devam edin.
Her doğru işlem 1 puan. (100, 93, 86, 79, 72, 65) …… ……( )

HATIRLAMA (Toplam puan 3)
Yukarıda tekrar ettiğiniz kelimeleri hatırlıyor musunuz? Hatırladıklarınızı söyleyin.
(Masa, Bayrak, Elbise) ……( )

LİSAN (Toplam puan 9)
a) Bu gördüğünüz nesnelerin isimleri nelerdir? (saat, kalem) 2 puan (20 sn tut)…...( )
b) Şimdi size söyleyeceğim cümleyi dikkatle dinleyin ve ben bitirdikten sonra tekrar edin.
"Eğer ve fakat istemiyorum" (10 sn tut) 1 puan …….( )
c) Şimdi sizden bir şey yapmanızı isteyeceğim, beni dikkatle dinleyin ve söylediğimi yapın. "Masada duran kağıdı sağ/sol elinizle alın, iki elinizle ikiye katlayın ve yere bırakın lütfen"
Toplam puan 3, süre 30 sn, her bir doğru işlem 1 puan ……..... ( )
d) Şimdi size bir cümle vereceğim. Okuyun ve yazıda söylenen şeyi yapın. (1 puan)
"GÖZLERİNİZİ KAPATIN" (arka sayfada) ……. ( )
e) Şimdi vereceğim kağıda aklınıza gelen anlamlı bir cümleyi yazın. (1 puan) …….( )
f) Size göstereceğim şeklin aynısını çizin. (arka sayfada) (1 puan) ……...( )



EK-5. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı	: Ayşenur Küçük Ceyhan
Doğum tarihi	: 19 Mayıs 1978
Doğum yeri	: Merzifon
Medeni hali	: Evli
Uyruğu	: T.C.
Adres	: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, KBB Anabilim Dalı, Ankara
Tel	: 0 530 041 90 68
Faks	: -
E-mail	: aysenurceyhan@gmail.com
EĞİTİM	
Lise	: Merzifon Lisesi
Lisans	: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Gelişimi Bölümü
Yüksek lisans	: Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB Anabilim Dalı
YABANCI DİL BİLGİSİ	
İngilizce	: İyi
ÜYE OLUNAN MESLEKİ KURULUŞLAR	
OKSUD	