



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NÖROBİLİM ANABİLİM DALI
NÖROBİLİM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİREYLERİN ANADİLLERİ VE YABANCI DİLLERE
VERMİŞ OLDUKLARI MMN (MISMATCH NEGATIVITY)
YANITLARININ ÖĞRENME SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE
BU TEPKİLERİN ÖĞRENME BAŞARISI İLE İLİŞKİSİ**

Fatma Zehra TAŞ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Barış METİN**

İSTANBUL - 2022

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NÖROBİLİM ANABİLİM DALI
NÖROBİLİM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİREYLERİN ANADİLLERİ VE YABANCI DİLLERE VERMİŞ
OLDUKLARI MMN (MISMATCH NEGATIVITY) YANITLARININ
ÖĞRENME SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE BU TEPKİLERİN
ÖĞRENME BAŞARISI İLE İLİŞKİSİ**

Fatma Zehra Taş

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Barış METİN**

İSTANBUL - 2022

ÖZET

**BİREYLERİN ANADİLLERİ VE YABANCI DİLLERE VERMİŞ
OLDUKLARI MMN (MISMATCH NEGATIVITY) YANITLARININ
ÖĞRENME SÜRECİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE BU TEPKİLERİN
ÖĞRENME BAŞARISI İLE İLİŞKİSİ**

Bu çalışmada Korece bilen Türk katılımcıların, dilde kazanmış oldukları yetkinlik ile yabancı dilde yer alan bir sese vermiş oldukları olaya ilişkin potansiyeller (OİP) arasındaki ilişki Elektroensefalografi (EEG) yöntemiyle kaydedilmiştir. Çalışmanın örneklemini Korece bilen 12 katılımcı ile bilmeyen 3 katılımcı, toplamda 15 katılımcıdan oluşmaktadır. Katılımcıların yaş aralığı 19 ile 27 arasında değişiklik gösterirken cinsiyet dağılımı 13 kadın / 2 Erkek şeklindedir. Çalışma Üsküdar Üniversitesi Kognitif Nörobilim Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Katılımcılarda 10 dakikalık pasif katılımlı EEG kaydı alınmıştır. Elde edilen ham EEG verileri önce Brain Vision Analyzer (BVA) ile daha sonrasında buradan elde edilen sonuçlar SPSS programıyla korelasyon analizine tabi tutulmuştur. P7 elektrotunda katılımcıların Korece dil yetkinlik seviyeleri ile her iki dilde yer alan “Ω=O sesi” ile Türkçe dilinde yer almayan “O|=EO sesi” ne vermiş oldukları MMN yanıtlarının farkında negatif yönlü anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Türk katılımcıların Korece dil yetkinlik seviyeleri arttıkça, seyrek ve sık uyaranlara vermiş oldukları MMN yanıtların olumsuzluk değerleri artmıştır.. Bu bulgu ileri yaşlarda dil öğreniminde dahi, anadilde yer almayan seslere karşı ayırt etme becerimizin, dilde elde ettiğimiz yetkinlikle birlikte gelişim gösterdiğinin kanıtıdır. Dilde yetkinlikle elde edilen bu ayırım becerisindeki fizyolojik değişim dille ilişkili beyin bölgelerinde gerçekleşen nöroplastisite varlığını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: MMN, olaya ilişkin potansiyel (OİP), ikinci dil edinimi, nöroplastisite, P7 elektrotu, dilbilim,

ABSTRACT

THE CHANGE OF MMN (MISMATCH NEGATIVITY) RESPONSE OF INDIVIDUALS TO THEIR NATIVE AND SECOND LANGUAGE IN LEARNING PROCESS AND THE RELATION OF THESE RESPONSES TO LEARNING ACHIEVEMENT

In this study, relationship between language proficiency and the event-related potentials (ERP) given to a phonem in a foreign language by Turkish participants who speak Korean were recorded by Electroencephalography (EEG) method. The sample of the study consists of 12 participants who speak Korean and 3 participants who do not, 15 participants in all. Range of the participants' age varies between 19 and 27 and the gender distribution is 13 females / 2 males. The study was conducted in Üsküdar University Cognitive Neuroscience Laboratory. A 10-minute passive EEG recording was taken from the participants. The obtained raw EEG data were first analyzed with the Brain Vision Analyzer (BVA) and then the results obtained from BVA were tested to correlation analysis with the SPSS program. In the P7 electrode, a negative significant relationship was found between Korean language proficiency level of the participants and the MMN responses to the “ $\Omega=O$ sound” existing in both languages and the “ $\Theta=EO$ sound” that does not exist in the Turkish language. As the Korean language proficiency levels of the Turkish participants increased, negativity values of MMN responses to deviant and standard stimuli increased. This finding supports the idea that even in acquisition of second language at lager ages , the ability of distinguishing against sounds that are not in the native language develops with the acquired proficiency in any language. This physiological development, which is acquired through proficiency, also support the existence of neuroplasticity in language-related brain regions.

Keywords: MMN, event-related potentials (ERP), second language acquisition, neuroplasticity, P7 electrode, linguistics

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmınamamın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana yol gÖsteren Prof. Dr. Barış METİN'e teşekkür ederim.

Tezimin veri toplama aşamasında EEG çekimlerini gerçekleŐtiren ArŐ. GÖr. Yelda İBADİ'ye ve çalıŐmama katılım sağlayan bütÖn katılımcılarıma teşekkür ederim.

Son olarak tez sürecimde çalıŐmıŐ olduğum konu yüksek lisansa baŐlamamanın en Önemli etkeniydi. Bu nedenle araştırmacılara sağladığı laboratuvar imkanları ile bilişsel dil çalıŐmamı gerçekleŐtirmeme olanak sağlayan ÜskÖdar Üniversitesi'ne ve tez jürime çok teşekkür ederim.

BEYAN FORMU

Bu çalışmanın kendi tez çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından, veri toplanmasına ve yazımına kadar gerçekleşen bütün safhalarda etik dışı bir davranışımın olmadığı, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

05.12.2022

Fatma Zehra TAŞ



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
BEYAN FORMU	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Geçmişten Günümüze Dil Çalışmaları.....	4
2.1.1. Anadil Gelişimi Çalışmaları.....	5
2.1.2. Dil Öğreniminin Anatomik Yapısı.....	5
2.1.3. Nöroplastisite.....	8
2.1.4. Dil Çalışmalarında Kullanılan Beyin Görüntüleme Yöntemleri.....	9
2.1.4.1. MRI- Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Fonksiyonel MRI (fMRI)	9
2.1.4.2. PET- Pozitron Emisyon Tomografisi.....	14
2.1.4.3. EEG- Elektroensefalografi.....	16
2.1.4.4. MEG – Manyetoensefalografi.....	17
2.1.5. Dilbilimsel Yaklaşım.....	22
2.2. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller.....	22
2.2.1. P1-N1-P2 Kompleksi.....	23
2.2.2. Akustik Değişim Kompleksi.....	24
2.2.3. Mismatch Negativity (MMN)	25
2.2.4. P300 yanıtı.....	26
2.3. EEG.....	28
2.3.1. EEG'nin Bulunuşu ve Çalışma Prensipleri.....	28
2.3.2. EEG Yönteminin Kullanım Alanları	30
2.3.3. OİP (Olaya İlişkin Potansiyeller)	31
2.3.4. Dil Çalışmalarında EEG Yöntemi ve OİP'lerin Kullanılışı.....	33
2.3.4.1. Dil Çalışmalarında MMN Yanıtı.....	34
2.3.4.2. Dil Çalışmalarında P300 Yanıtı.....	34

2.3.4.3. Dil Çalışmalarında N400 Yanıtı.....	35
2.3.4.4. Dil Çalışmalarında P600 Yanıtı	38
2.3.5. Artefaktlar.....	39
2.3.6. Oddball Paradigm.....	40
2.4. MMN.....	40
2.4.1. MMN'nin Tanımı	40
2.4.2. MMN Potansiyelinin Kaynağı.....	42
2.4.3. MMN Potansiyelinin Görevleri.....	43
2.4.3.1. Merkezi Ses Temsilinin (Central Sound Representation, CSR) İndeksi.....	43
2.4.3.2. Ses Ayrımı Doğruluğu İndeksi (Sound-Discrimination Accuracy).....	44
2.4.3.3. Teknik Ses Ayrımı İndeksi (Tech-Sound Discrimination).....	44
2.4.4. MMN Potansiyelinin Dil Çalışmalarında Kullanım Alanları	45
2.4.4.1. Dile Özgü Bellek İzleri İndeksi.....	46
2.4.4.2. Anadildeki Hece ve Kelime İzleri İndeksi.....	48
2.4.4.3. Dil Baskınlığı İndeksi.....	49
2.4.4.4. Dilbilgisi İşleme İndeksi.....	50
2.4.4.5. Fonotaktik Olasılık İndeksi.....	51
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	53
3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	53
3.2. Çalışmanın Örnekleme.....	53
3.3. Örneklem Seçimi.....	53
3.4. Araştırma Düzeni.....	53
3.5. Elektrofizyolojik Ölçüm.....	54
3.6. Teknik Özellikler.....	54
3.7. EEG Kaydı.....	54
3.8. EEG Verilerinin Analizi	55
4. BULGULAR.....	56
4.1. Demografik Bilgiler.....	56
4.1.1. Cinsiyet Dağılımı.....	56
4.1.2. Yaş Dağılımı.....	56
4.1.3. Katılımcıların Korece Dil Seviyelerine Göre Dağılımı.....	57
4.2. OİP Bulguları.....	57
4.2.1. Ortalama Latans ve Genlik Değerleri.....	57
4.2.2. Normallik Analizi.....	58

4.2.3. Latans Analizi.....	60
4.2.4. Genlik Analizi.....	62
5. TARTIŞMA.....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
6.1. Sonuçlar.....	70
6.2. Kısıtlılıklar ve Öneriler.....	72
KAYNAKLAR.....	73
EKLER.....	81
Ek 1. Etik Kurul Belgesi.....	81
Ek 2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu.....	82
Ek 3. Demografik Bilgi Formu.....	85



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1: Farklı dilleri dinlerken aktive olan beyin.....	15
Tablo 2: Yapısal ve fonksiyonel Nöro-görüntüleme teknikleri.....	20
Tablo 3: P1-N1-P2, ACC, MMN ve P300 Potansiyellerinin Karşılaştırması.....	26
Tablo 4: MMN için Önerilen Kayıt Parametreleri.....	40
Tablo 5: Katılımcıların Cinsiyet Değişkenine Göre Dağılımı	56
Tablo 6: Katılımcıların Yaş Değişkenine Göre Dağılımı.....	56
Tablo 7: Katılımcıların Korece Dil yeterlilik Seviyesi Değişkenine Göre Dağılımı....	57
Tablo 8: Latans ve Genlik Ortalamaları	57
Tablo 9: Değişkenlerin Shapiro Wilk değerleri.....	59
Tablo 10: Yaş ve Korece Dil seviyelerinin Shapiro Wilk değerleri.....	60
Tablo 11: Yaş, Korece Dil seviyesi ile Latans Değişkenlerinin Spearman Korelasyonları.....	60
Tablo 12: Yaş, Korece Dil seviyesi ile Genlik Değişkenlerinin Spearman Korelasyonları.....	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1: Serebellum.....	7
Şekil 2: Brodmann Alanları.....	7
Şekil 3: Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı	10
Şekil 4: Yapısal MRI (A), Difüzyon MRI (B) ve Fonksiyonel MRI (C) görüntüleri....	12
Şekil 5: Altı ilgi alanına dayalı etkili bağlantı haritaları (INS, STG, MFG, IFG, SMA, IPL).	14
Şekil 6: PET ve sMRI tarama örnekleri	15
Şekil 7: Üsküdar Üniversitesi Kognitif Nörobilim Laboratuvarı EEG Çekimi.....	17
Şekil 8: Oksipito-temporal alana ait temsili bir kanalda gama bandı etkinliğine odaklanan zaman-frekans temsilleri	19
Şekil 9: Akustik Değişim Kompleksi.....	25
Şekil 10: Beyin Dalgası Örnekleri.....	29
Şekil 11: OİP çalışmalarındaki Deneysel Kurulum.....	32
Şekil 12: Aktif ve Pasif Koşullarda kaydedilen MMN ve P300 yanıtları.....	35
Şekil 13: Üç örnek cümle için kelime sunumlarının zamanlaması ve tipik OİP dalga formları.....	36
Şekil 14: Hedef uyarana verilen olaya ilişkin potansiyeller.....	38
Şekil 15: Katılımcıların Ses Çiftlerini Ayırt Etme Değerleri.....	47
Şekil 16: Kelimeler için bellek izleri.....	48
Şekil 17: Dil Süreçlerinde Sol Hemisfer Baskınlığı.....	49
Şekil 18: MMNm Dipol Momentinin Grand-Average ve Standart Hata Ortalaması.....	50
Şekil 19: Notsel ve Notkel İçin Uyumsuzluk Negatifliğinin Topografik Haritaları	51
Şekil 20: P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli latans değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi.....	62
Şekil 21: F8 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi.....	64
Şekil 22: FT10 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi.....	64
Şekil 23: P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin Korece Dil seviyesi değişkeniyle ilişkisi.....	65
Şekil 24: P7 elektrotundan kaydedilen MMN yanıtı.....	66

Şekil 25: Fz elektrotundan kaydedilen MMN yanıtı.....66



SİMGELER VE KISALTMALAR

OİP: Olaya İlişkin Potansiyel

BA: Brodmann Alanları

Ms: Milisaniye

Hz: Hertz

MRI: Manyetik Rezonans Görüntüleme

fMRI: Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme

MMN: Mismatch Negativity

EEG: Elektroensefalografi

DTG: Difüzyon Tensör Görüntüleme (Diffusion Tensor Imaging)

VBM: Voxel Based Morphometry

FA: Fraksiyonel Anizotropi

EAD: (eşdeğer akım dipolü) / equivalent current dipoles (ECD)

MEG: Manyetoensefalografi

PET: Pozitron Emisyon Tomografisi

INS: İnsula

STG: Superior temporal gyrus

MFG: Middle frontal gyrus

IFG: Inferior frontal gyrus

SMA: Supplementary motor area

IPL: Inferior parietal lobule

ERP: Event related potential

Sig:Significance

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe etkisini daha fazla hissettiğimiz küreselleşmenin en büyük getirilerinden biri, insanların anadillerinin dışında yabancı bir dile daha sahip olmasına olanak sağlaması olmuştur. Geride bıraktığımız yıllara oranla daha fazla insan; yurtdışında eğitim görmek, yabancı ülkelerle ticari anlaşmalar yürütmek ve farklı kültürleri yerinde görüp deneyimlemek için ülkeler arası seyahat etmektedir. Bu bağlamda insanlar, karşılaşılabileceği en büyük engel olan dil sorununu çözmek için ya gittikleri ülkenin dilini öğrenmek durumunda kalıyor ya da o dili bilen bir kişi ile iletişim sorununu halletmektedirler. Bu nedenle birçok üniversite de çeşitli yabancı dil eğitimleri örgün dersler olarak verilmekte ve bu eğitimi alan kişiler ise iş hayatlarında ve sosyal hayatlarında dil avantajını kullanarak yeni sosyal ilişkiler kurmaktadır. Üniversitedeki örgün yabancı dil eğitimlerine ek olarak kişiler kısa dönemli kurs ya da çevrimiçi eğitim ile yeni bir dil öğrenip bunu etkin bir şekilde kullanabilmektedir. Öğrenilmekte olan bir dili kullanırken insanların karşılaştığı en büyük zorluk ise, öğrenmiş oldukları dildeki farklı sesleri doğru bir şekilde ayırt edip, bunu doğru bir şekilde telaffuz edebilmesidir.

İnsanoğlunu diğer canlılardan ayıran en belirgin özelliği olan dil kullanımı, biyolojik, fizyolojik ve sosyolojik süreçlerin katılımı ile ortaya çıkarılan bir beceridir. Dilbilim çalışmalarından lezyon çalışmalarına, psikolojiden sinirbilime birçok alanda yürütülen dil çalışmaları sayesinde, dil kazanımının nasıl gerçekleştiği ya da süreç içinde nasıl geliştiğine yönelik açıklamalar getirebiliyoruz. Örneğin, konuşmanın algılanması ve üretilmesi için beyinde hangi kortikal mekanizmaların devreye girdiğini anlamak için nörolojik yaklaşımdan faydalanırken, dilbilimi ise bize kendi başına bir sistematığı olan dil eyleminin alt bileşenlerini anlamamıza olanak sağlar (Ergenç, 2008).

Anadil gelişimi, özel dil eğitimlerine gerek duyulmaksızın doğal bir süreç içerisinde edinilir. Öte yandan anadil ediniminden çok sonra başlayan ikinci yabancı dil öğrenimi, yapay araçlar ve sistematik öğrenme metotları gerektirir ve nispeten daha büyük çaba ve zaman gerektirir. (Lee, 2012). Bu nedenle bireylerin yabancı dil öğrenme süreci, anadil edinimlerinden farklı bir bilişsel süreçle beyinde işlenmektedir.

Yabancı bir dili öğrenmeye başlayan kişiler bu dili anlayıp etkin bir şekilde kullanabilmek için birçok yeni uyarıyı alıp bunu işleyerek öğrenme sürecini

pekiştirmektedir. Yabancı bir dili öğrenen bireylerin deneyimlediği yeni durumlardan biri ise, anadillerinde yer almayan ve daha önce duymadıkları yeni sesleri algılamak ve bunları üretmeye çalışmalarıdır (Højlund ve ark., 2004). Daha önce yapılmış dil çalışmalarının da insanların kendi anadillerindeki farklı ses birimlerine ve ses değişimlerine vermiş oldukları beyin tepkilerinin çok hızlı ve otomatik gerçekleştiğini görülmüş. Ancak henüz öğrenilmekte olan yabancı dilde karşılaşılan farklı ses birimlerini birbirinden ayırma da bireylerin zaman zaman zorlandığını görülmüştür (Lieberman ve ark., 1957). Bu ve buna benzer dil öğrenme süreçleri geçmişten günümüze farklı teknikler kullanılarak incelenmiştir.

Teknoloji ile gelişen beyin görüntüleme yöntemleri dil kazanımı süreçlerini sadece davranışsal boyutta değil aynı zamanda bilişsel boyutta da incelememize olanak sağlamıştır. EEG (Elektroensefalografi) ve MRI (Manyetik Rezonans Görüntüleme) gibi beyin görüntüleme yöntemleri sayesinde dil süreçlerinin hem fonksiyonel hem de yapısal düzeyde, beyinde meydana getirdiği değişimler gözlemlenebilmektedir. Bu bağlamda, Nörobilim disiplininin dilbilimi çalışmalarına getirdiği yeni anlayışla birlikte ortaya çıkan bulgular her iki alanın daha fazla gelişip ilerlemesine olumlu katkılar sağlamıştır.

Yapılacak bu tez çalışma ile yabancı dili öğrenme sürecinde, bireylerin öğrenmiş olduğu yeni sesler ile anadillerindeki seslere vermiş oldukları olaya ilişkin beyin potansiyelleri arasında herhangi bir farklılığın olup olmadığı araştırılacaktır. Bu çalışma sonunda elde edilecek bulgularla dil eğitiminde bireylerin dinleme becerilerindeki farklılığa yönelik literatüre katkıda bulunulacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

İnsan konuşması gibi işitsel uyarıların beyinde oluşturduğu potansiyeller farklı beyin görüntüleme yöntemleri kullanılarak incelenebilmektedir. Bu çalışmada beyin görüntüleme yöntemlerinden biri olan, beyinde gerçekleşen spontane elektrik aktivitelerini gerçek zamanlı işleme gücü en yüksek yöntemlerden biri olan EEG yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem dil süreçleri dâhil olmak üzere insan beyindeki bilişsel tepkilerin, fonksiyonel olarak çok hızlı kaydedilip analiz edilmesine imkân sağlamaktadır (Luk ve ark., 2020). Yapılmış birçok EEG çalışmasında araştırmacılar, deneysel manipülasyonlarla birçok katılımcının belirli görevlere benzer beyin aktivasyon paternleri gösterdiklerini bulmuştur. Olaya ilişkin Potansiyeller (Event Related Potentials “ERP”) olarak adlandırılan beyindeki bu aktivasyon paternleri, dil çalışmalarında da görülmüş ve daha sonrasında bu olaya ilişkin beyin potansiyeller birçok dil çalışmasında kullanılmıştır. Bunlara; işitilen ses farklılıklarında ortaya çıkan MMN (mismatch negativity, (Højlund ve ark., 2004) dilde algılanan anlamsal hatalarda oluşan N400 ve dilde gramatik bir hata algılandığında ortaya çıkan P600 potansiyelleri örnek olarak verilebilir (Luk ve ark., 2020).

Bu tez çalışması, bireylerin anadillerindeki sesleri duyduklarında ortaya çıkan olaya ilişkin beyin potansiyelleri ile öğrenmiş oldukları yabancı dildeki benzer sese göstermiş oldukları olaya ilişkin beyin potansiyelleri arasında bir farklılığın olup olmadığını araştırmak amacıyla düzenlenmiştir. Bu çalışma ile araştırmada analiz edilecek olan olaya ilişkin beyin potansiyeli olan MMN yanıtında bireylerin anadillerine ve öğrenmiş oldukları yabancı dile ne düzeyde farklı tepki vereceğine bakılacaktır. Bu amaçla aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır.

1. Hipotez sorusu: Bireylerin anadilleri ve öğrenmiş oldukları yabancı dilde duymuş oldukları ses farklılıklarına vermiş oldukları olaya ilişkin beyin potansiyellerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mı?
2. Hipotez sorusu: Farklı düzeyde yabancı dil yetkinliğine sahip olan öğrencilerin anadillerine ve yabancı dile vermiş oldukları tepkilerdeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde midir?

3. Hipotez sorusu: Dil öğrenmede elde edilen yetkinlik ile MMN tepkileri arasında anlamlı ilişki var mıdır?

2.1. Geçmişten Günümüze Dil Çalışmaları

Bir dil biliyor olmak bu dili bilen bireylerle konuşmak ve bu bireyler tarafından anlaşılıyor olmak demektir. Bu da dili kullanabilmek için belli anlamları karşılayan sesleri üretebilmemiz ve dış dünyadan gelen sesleri anlamlandırabilmemizle mümkündür. Bunun önemi ise dünya üzerinde her bireyin en az bir dili üretebilme ve algılayabilme becerisinden kaynaklanmaktadır (Fromkin ve ark., 2003).

Dil, sosyal varlıklar olan insanların birbirleriyle iletişim kurarken kullandıkları en önemli araçtır ve günümüze dek yapılmış çalışmalarla araştırmacılar dil edinim ve kazanım süreçlerini açıklamaya çalışmışlardır. Her geçen gün gelişen teknolojiyle birlikte, dilin bilişsel altyapısına dair daha fazla bilgi ediniyoruz. Henüz beyin görüntüleme sistemlerinin gelişmediği dönemlerde araştırmacılar dil süreçlerini yapmış oldukları davranışçı çalışmalarla açıklamaya çalışmışlardır. 1950'li yıllarda davranışçılık ekolünden esinlenilerek oluşturulan ilk dil edinimi teorileri bireylerin gözlemlenebilir davranışları üzerinden oluşturulmuştur (Fromkin ve ark., 2003).

Bu çalışmaların en önemli konulardan biri anadil gelişim süreçleridir. Doğumdan itibaren anadilin nasıl geliştiği, insanoğlunun dünyaya gelmeden önce dil öğrenmeyle ilişkili kalıtsal altyapılarla doğup doğmadığı, anadil öğrenme sürecini etkileyen olumlu ve olumsuz etkenler, tek dilli (monolingual), iki dilli (bilingual) ve çok dilli (multilingual) bireyler arasında beyin işleme süreçlerinde herhangi bir farklılığın olup olmadığı araştırılmaktaydı.

Diğer önemli konulardan biri ise yabancı dil çalışmalarıdır. Yabancı dil çalışmalarında en sık gördüğümüz konular, yabancı dilin gelişim aşamaları, bireysel ve kültürel farklılıklar, dili öğrenmeye başlama yaşı, yetkinlik becerisi (Reiterer, 2010), yabancı bir dil öğrenmenin bilişsel altyapısı, yabancı dildeki seslerin algılanması ve ayırt edilmesi, telaffuz becerisi ve konuşma algısıdır. Bunlara ek olarak farklı gelişim evrelerinde meydana gelen dil patolojilerinin çalışıldığı birçok araştırma da bulunmaktadır.

2.1.1. Anadil gelişimi çalışmaları

Bilimin kazandırdığı deneysel yöntemlerle çocuklardaki dil ediniminin araştırılmasının nedeni, dilin doğasını anlamaktır (Fasold ve ark., 2013). Araştırmacılar, çocukların anadillerini nasıl kazandıkları, doğduğunda sadece ağlama refleksine sahip olan bebeklerin mırıldanma ve bebeklemenin (babbling) ardından ilk kelimelerini üretmesi, daha sonrasında iki üç kelimelik ilk cümlelerini oluşturmaları ve ardından büyüyerek yetişkinler gibi akıcı konuşmalarına kadar geçen süreçte, bu aşamalı gelişimin alt yapısını incelemek istemişler. Bu aşamaları incelemek için ise farklı yöntemler kullanmışlardır.

Gözlem yöntemi kullanılarak araştırılan davranışsal öğrenme teorileri, dil gelişimini de gözlemlenebilir davranışsal çıktılar açısından incelemiştir. Anadil ediniminde çocukların ebeveynleri tarafından konuşulan dilin taklit edilmesiyle şekillendiği ve ebeveyn tarafından sağlanan pekiştirme davranışının da bu sürecin gelişiminde önemli bir role sahip olduğu belirtilmiştir. Aynı durumun ikinci dil öğrenilirken de gerçekleştiği söylenebilir. Bu süreçte taklit etme ve pekiştirme yoluyla dil bir uyarın-tepki döngüsünde öğrenilir (Hoque, 2017). Araştırmacılar her ne kadar dil yapısını anlamak için araştırma yapsalar da bu düşünüldüğü kadar kolay değildir. Bunun nedeni ise dil süreçleri beyinde işlenirken birçok alan aynı anda aktifleşir ve bu durum dil araştırmalarını araştırılmasını daha da karmaşık hale getirir.

2.1.2. Dil öğreniminin anatomik yapısı

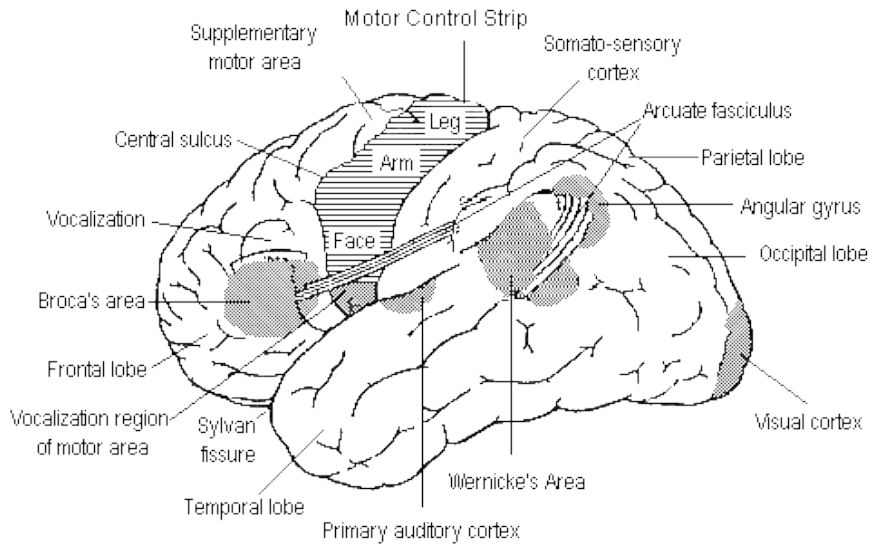
Anadilin araştırıldığı çalışmalara geçmeden önce dilin biyolojisini anlamamız gerekir. Bunun iyi anlaşılabilmesi için beyin anatomik bölümlerinden bahsettikten sonra beyinde dil ile özelleşmiş bölgeler hakkında bilgiler verilecektir. 19. yüzyıldan önce beyinde gerçekleşen dil süreçleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktaydı. Beynin her bir işlev için özelleşmiş merkezlerden oluşan bir yapı olmadığı, bir arada çalışan bütüncül bir sistem olduğu savunulmuştur. Ancak 19. yüzyıldan itibaren bilim insanları beyinde bulunan nöronal yapılara özellikli işlevler atamaya başladılar ve işlevlerin lokalizasyonu teorisi, bu şekilde bilim dünyasında yer edinmeye başladı (akt. Weiss & Mueller, 2003).

Dilin beyindeki merkezine yolculuk, ilk olarak dil süreçlerinin sol küre ile ilişkili olabileceğini 1860'lı yıllarda söyleyen Marc Dax ile başlayıp, daha sonrasında Broca ve Wernicke'nin yapmış olduğu lezyon çalışmalarıyla devam etmiştir. Broca ve Wernicke'nin konuşmanın algılanması ve üretiminden sorumlu özelleşmiş alan çalışmalarından sonra, Lichtheim and Geschwind yaptıkları çalışmalarla dil sisteminin tek bir kortikal alanda işlenmemeyip, birbirine bağlı sinir ağlarının bir bütün halinde çalışmasıyla ortaya çıkarılan bir bilişsel yetkinlik olduğu öne sürmüşlerdir. Lezyon çalışmalarına ek olarak gelişen beyin görüntüleme yöntemleri de dil süreçlerinin nöronal altyapısının anlaşılması ve kortikal organizasyonuna dair büyük bir literatür kazandırmıştır (Brouwer & Hoeks, 2013).

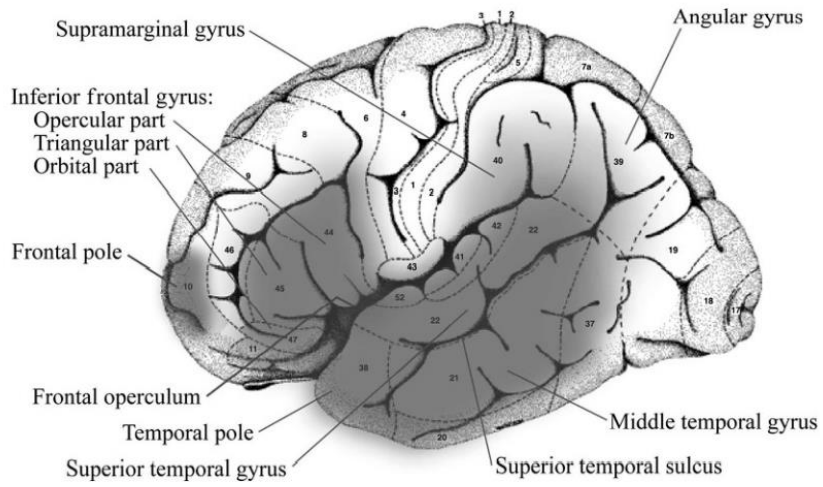
Beynimizde, iki ayrı hemisferden oluşan serebral korteks toplamda dört lobtan oluşmaktadır. Bunlar, frontal, parietal, temporal ve oksipital loblarıdır (Fasold & Connor-Linton, 2013). (Şekil 1) Frontal lob, konuşmanın üretiminden sorumlu konuşma alanı olan Broca Alanını (BA 44 ve 45 no'lu alanlar) bulundurur (Snell, 2017). Broca alanı, primer kortekste ve çevresinde oluşan sesleri konuşma sesi biçimine getirir (Ergenç, 2008).

Konuşulan dilin işitilip anlaşılmasından sorumlu alan ise Wernicke alanıdır (BA 41 ve 42) (Şekil 2) (Snell, 2017). Superior temporal girusun arkasında konumlanan Wernicke alanı, işitilen seslerin kodlanması ve bunların anlamlandırılmasında görevlidir (Ergenç, 2008). Broca ile Wernicke alanları arcuate fasciculus adlı sinir lifi ile birbirlerine anatomik olarak bağlıdır (Snell, 2017). (Şekil 1)

Broca ve Wernicke'yi birbirine bağlayan arcuate fasciculus'a ek olarak parietal lobta yer alan angüler girusda (Şekil 2), dil süreçlerinde önemli role sahip bölgelerden biridir. Angüler girus, işitilen seslerin yazıya dökülmesi, nesnelerin adının yazılması ve okuma süreçlerinde aktif olarak yer aldığı bilinmektedir (Ergenç, 2008).



Şekil 1. Serebellum (Brain & language, 2010)



Şekil 2: Brodmann Alanları (Fasold & Connor-Linton, 2014, s. 259)

2.1.3. Nöroplastisite

Beyin yapısında zamanla gerçekleşen yapısal değişimlerin varlığını ilk kez Kanadalı psikolog Donald Hebb raporlamıştır (Paulraj & Rincy, 2018). Yapmış olduğu hücre çalışmalarında bu durumu gözlemleyen Hebb (1949), süreci şu şekilde ifade eder “Eğer A hücrenin aksonu, B hücrenin dendritini uyarmak için ateşlenir ve bunu tekrarlarsa bu iki hücrenin yapılarında büyüme süreçleri ve metabolik değişimler gözlemlenir. Alandaki sinaps bağlantılarının gelişmesiyle aferent aksonlar ile eferent somaların artması ise öğrenme sürecini kolaylaştıran yapısal oluşumlar meydana getirir.” Literatürde “Hebb’s Kanunu” olarak da bilinen çalışmanın, mottosu ise şöyledir; “birlikte ateşlenen nöronlar birbirine bağlanırlar” (neurons that fire together, wire together) (Paulraj & Rincy, 2018). Spesifik bir görev için birlikte tekrarlı bir şekilde ateşlenen nöron grupları ise beyinde bağlantı ağları oluşturarak yeni bilgilerin öğrenme sürecini hem hızlandırır hem de kolaylaştırır.

Literatüre baktığımızda ise Nöroplastisite, çevresel uyaranlara, bilişsel gereksinimlere ve davranışsal deneyimlere bağlı olarak, beyinde zamanla gerçekleşen yapısal ve işlevsel değişimlerin genel adı olarak tanımlanır (Li ve ark.,2014). Cramier (2011) ise Nöroplastisiteyi, sinir sisteminin fiziksel ve zihinsel aktivitelerle, içsel ve dışsal uyaranlara yanıt olarak yapısını, işlevlerini ve etkileşimini yeniden organize etmesi olarak tanımlar. Nöroplastisite ile ilgili birçok farklı alanda gerçekleştirilen çalışmalar bu yapısal değişimi desteklemiştir.

Beyin görüntüleme tekniklerinin gelişmesiyle, dil alanında çalışma yapan araştırmacılar, küçüklüğünden itibaren birden fazla anadile sahip olan bireylerin ya da herhangi bir nedenle ileri yaşlarında dil öğrenmeye başlamış bireylerin dil süreçlerinin, beyinde hangi bölgeleri aktive ettiği ve bu süreçlerin nasıl farklılaştığını araştırmak istemişler. Çünkü beynin anatomik yapısında ya da fonksiyonel süreçlerinde meydana gelen değişimler dolaylı olarak nöroplastisite teorisini destekler. Bu nedenle gerçekleştirilmiş bilişsel dil çalışmaları, dil süreçlerinden sorumlu alanların yapısında zamanla değişimler meydana geldiğini göstermiştir. Ayrıca bu süreçlerin tek dil bilen bireyler ile birden fazla dil bilen katılımcılarda da farklılaştığını göstermiştir. Buna ek olarak dil öğrenmeye başlama yaşındaki farklılığın, ileri dönemlerde dilde edinilen yetkinlik düzeyinde de farklılıklar oluşturabileceği birçok çalışmada gösterilmiştir.

2.1.4. Dil çalışmalarında kullanılan beyin görüntüleme yöntemleri

Yürütülen ilk dil çalışmalarında gözlem yöntemi kullanılırken zamanla psikolinguistik ölçüm yöntemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Psiko-dilbilimsel ölçüm yöntemlerinde araştırmacılar, üretilen bir ses uyarısından sonra verilen tepkinin süresi ve okuma sırasında kaydedilen göz hareketleri gibi verilerle anlamlı sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır (Fasold & Connor-Linton, 2013). Bu yöntemlere ek olarak özellikle son yıllarda gelişen bilgisayar temelli teknolojilerle beyin yapısı ve fonksiyonel süreçleri görüntülenebilmektedir. Bu yöntemler aynı zamanda dil çalışmalarında da sıklıkla kullanılmaya başlamıştır (Luk ve ark., 2020). Bilgisayar temelli beyin görüntüleme yöntemleri kullanılarak oluşturulan dil çalışmalarından en sık kullanılanlar ise;

- MRI- Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Fonksiyonel MRI (fMRI)
- PET- Pozitron Emisyon Tomografisi
- EEG- Elektroensefalografi
- MEG- Manyetoensefalografi yöntemleridir.

2.1.4.1. MRI (Manyetik Rezonans Görüntüleme)

Dil süreçlerinin uzun süreli yapısal değişimlerini incelemek için kullanılan Manyetik Rezonans Görüntüleme yöntemi, dil çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemle, gri madde, beyaz madde ve beyin omurilik sıvısından oluşan beyin yapısı, yüksek mekânsal çözünürlükte kaydedilir. Beynin dış yüzeyini oluşturan gri madde sinir hücrelerinin gövdelerinin içinde bulunduğu yapı iken, beyaz madde ise, sinir hücrelerinin akson uzantılarını ve glial hücrelerin oluşturduğu sinir ağlarını içinde bulunduran bir yapıdır (Luk ve ark., 2020).

MRI yönteminde gri madde ve beyaz maddenin ayrı ayrı incelendiği iki ayrı analiz tekniği vardır, bunlar; DTG (Diffusion Tensor Imaging) ve VBM (Voxel Based Morphometry) yöntemleridir. DTG uygulamasıyla beyaz madde yolakların da ki su moleküllerinin üç boyutlu yayılımı kaydedilirken, VBM yöntemiyle serebral kortekste bulunan beyin hücrelerinin hücre gövdelerini barındıran gri madde görüntülenir (Luk ve ark., 2020).



Şekil 3: Manyetik Rezonans Görüntüleme Cihazı (<https://www.ehealthspider.com/new-types-of-diagnosis-with-mri-machine/> E.T: 05.11.2021)

Yapılmış bazı çalışmalarda en kalıcı ve yaygın deneyimlerden biri olan dil edinimi süreçlerinin, beyin yapısında anlamlı bir değişiklik meydana getirip getirmediğine bakılmış. Bu doğrultuda dil ediniminde beyin plastisitesine etki edebilecek faktörlerden birkaçı, ikinci dili öğrenmeye başlama yaşı, dilde kazanılmış olan yetkinlik ve dile maruz kalma süresi olarak belirlenmiştir. Yapılmış bir çalışmada dili daha erken öğrenmeye (5 yaşından önce) başlayan çocuklar ile daha sonra başlayan (9 yaşından sonra) çocuklar arasında ilk grubun niteliksel olarak daha farklı beyaz madde yapılarına sahip olduğu görülmüştür. Beyin plastisitesini en çok etkileyen faktörün ise dile başlama yaşı olduğu saptanmıştır (Hämäläinen ve ark.,2017).

Bu süreci etkileyen faktörlerden bir diğeri ise bireylerin kaç tane anadile sahip olduklarıdır. Buna istinaden bilingual ve monolingual çocuklar arasında beyaz madde yolaklarında yapısal bir farklılık olup olmadığı araştırılmış ve çalışmada 4 ana beyaz madde yolağındaki Fraksiyonel Anizotropi (FA), bölgedeki difüzyon yönünü ve miktarı, ortalamaları karşılaştırılmış ve 2 ana yolakta istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır. İlk saptanan farklılık, sol alt oksipitofrontal fasikulusta (left inferior occipitofrontal fasciculus) bulunan yolaklar da bilingual çocuklar monolingual çocuklara oranla daha yüksek FA ortalaması göstermiştir. İkinci bulgu ise, korpus kallozum orbital lobunun ön kısmında (anterior part of the corpus callosum orbital lobu) birbirine bağlayan

sinir demetlerinde monolingual çocuklar bilingual çocuklara oranla daha yüksek FA ortalaması göstermiştir (Mohades ve ark., 2011).

Bialystok ve arkadaşları (2008) yapmış oldukları çalışmada bilingual ve monolingual yaşlı katılımcılara uygulanan psikometri ölçümlerinde, bilingual yaşlı katılımcıların yönetici işlev etkinliklerinde daha iyi sonuçlar gösterdiğini gören araştırmacılar, bu davranışsal bulgunun olası nöronal bağlantılarını incelemek için bir araştırma deseni oluşturmuşlardır. Yaş ortalaması 70 olan 14 monolingual katılımcı ile 14 bilingual bireyin fonksiyonel resting-state verileri karşılaştırılmış ve bilingual katılımcılar her bir vokselde monolingual bireylere göre daha yüksek FA göstermiştir (Luk ve ark., 2011).

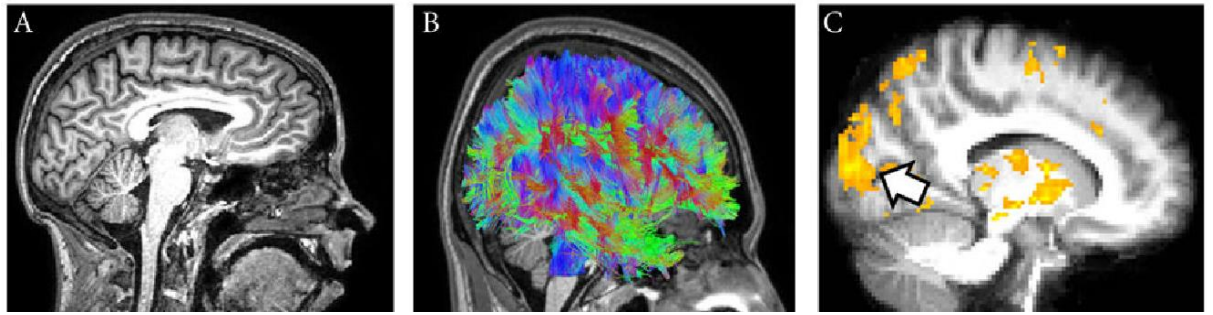
Brauer ve arkadaşlarının (2013) yapmış oldukları bir diğer çalışmada, insan beyinde inferior frontal ile temporal dil alanları arasında bilgi akışını sağlayan iki ayrı yolaktaki fiber bağlantılar, 3 ayrı yaş grubunda incelenmiş. Yeni doğan bebekler, 7 yaşındaki çocuklar ve yetişkinler arasında yapılmış çalışmada inferior frontal ve temporal dil bölgeleri arasındaki dorsal ve ventral beyaz madde yolaklarının anatomik bağlantısı ve fiber oryantasyonu DTG yöntemiyle görüntülenmiştir. Konuşma sesine verilen bu yapısal değişimler, her üç grupta karşılaştırıldığında, yeni doğanların (0-3 yaş) dorsal yolakta konumlanan dil ağlarında bir bağlantı oluşmazken yedi yaşındaki çocuklarda ve yetişkinlerde bağlantı saptanmıştır. Ventral yolaktaki dil ağları her üç çalışma grubunda gözlemlenmiş, yedi yaşındaki çocuklarda ve yetişkinlerde yeni doğanlara oranla bu alanda daha güçlü bir bağlantı kaydedilmiştir.

Gri maddedeki yapısal değişimlerin incelenmesine olanak sağlayan VBM yöntemiyle yapılan öncü bir çalışmada, monolingual bireyler ile iki dil bilen (erken yaşta ve ileri yaşlarda öğrenmeye başlayanlar olarak iki gruba ayrılmış) katılımcı gruplarının MRI kayıtları karşılaştırılmış. İki dil bilen katılımcıların, tek dil bilen katılımcılara göre, left inferior parietal loblarında daha büyük gri madde yoğunluğu gözlemlenmiştir. Ancak bu etkinin dili erken yaşta öğrenmeye başlayanlarda, geç yaşta öğrenenlere kıyasla daha büyük olduğu görülmüştür. Bu bulgular, bu alandaki yoğun gri madde yoğunluğunun ikinci dilde elde edilen yetkinlik seviyesiyle ilişkilendirilebileceğini göstermiştir (Mechelli ve ark., 2004).

2.1.4.1.A. fMRI- (Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme)

Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme veya fMRI yöntemi beyinde nörotransmitter hareketliliğinin bir sonucu olarak gerçekleşen, kandaki oksijenlenme seviyesindeki değişimleri bölgesel olarak saptamamıza olanak sağlayan invazif olmayan bir beyin görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemle bilişsel ve davranışsal bir görevi yerine getirirken, o görevle ilişkili beyin bölgelerinde meydana gelen fizyolojik değişimler kaydedilir (Matthews & Jezzard, 2004). fMRI taramaları temelde, MRI taramalarıyla aynı atom fiziği ilkelerini kullanır, ancak MRI yönteminde, görüntünün anatomik yapısı taranırken, fMRI çekimlerinde görüntünün metabolik işlevi taranır. Bu doğrultuda MRI tarafından oluşturulan görüntüler, bu anatomik yapılar içindeki metabolik aktivitenin görüntüleridir (fMRI Functional Magnetic Resonance Imaging Lab, t.y.).

taramaları ile oluşturulan görüntüler, anatomik yapının üç boyutlu resimleri gibiyken



fMRI taramaları

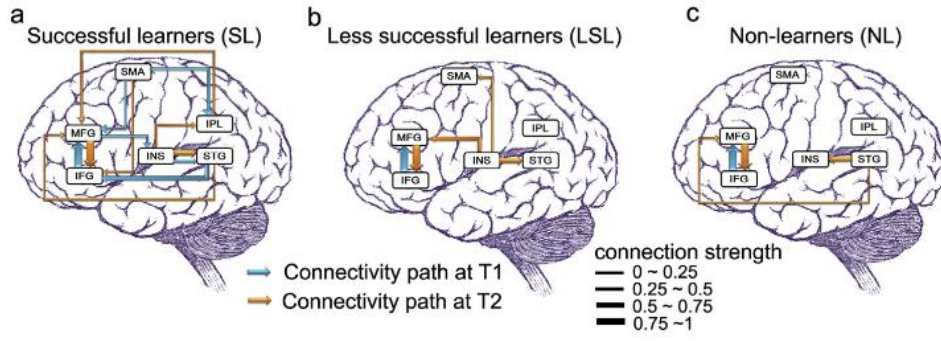
Şekil 4: Yapısal MRI (A), Difüzyon MRI (B) ve Fonksiyonel MRI (C) görüntüleri (Hirsch ve ark., 2015, s. 18)

MRI yönteminin kullanıldığı dil çalışmaları ile beyinde dil ile ilişkili alanlarda meydana gelen uzun süreli değişimlerin monolingual, bilingual ve multilingual bireylerde nasıl farklılaştığı gösterilmiştir. fMRI yöntemi ise, daha kısa süreli fonksiyonel değişimleri takip etmemize olanak sağladığı için özellikle bilişsel çalışmalarda araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. İnvazif bir yöntem olmaması ve araştırılan konulardaki görevlerle ilişkili beyin bölgelerine dair mekânsal çözünürlük sağlaması da sıklıkla tercih edilmesinin nedenleri arasındadır (Luk ve ark., 2020).

Tu ve arkadaşları (2015) tarafından, anadili Kantonca (L1) ve Mandarin (L2) olan, günlük yaşamlarında farklı oranlarda bu iki dile de maruz kalan bilingual bireylerin, dil

ile ilişkili beyin alanlarındaki kısa süreli değişimleri incelemek için fMRI çalışması yürütülmüştür. Araştırma, dile farklı seviyelerde maruz kalmanın, bu bireylerin dil kontrol ağlarında nöroplastisite oluşturup oluşturmadığını incelemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada ilk grup son 30 gün içerisinde her iki dile de aynı oranda aktif olarak maruz kalan bireylerden oluşurken, ikinci aşamada bu gruptaki bireylerden daha öncesinde Kantonca'ya %90, Mandarin ise %10 maruz kalmış bireylerden oluşacak şekilde gruplandırılmışlar. Dil etkileşimi ve dile maruz kalma durumları karşılaştırılan gruplarda dil kontrol alanlarında dile maruz kalmanın bu bölgede güçlü bir etki gerçekleştirdiği ve bu dil maruziyet sürecinin en çok etkilediği alanların bilateral BA 46 ve BA 9' da sol BA44'te ve marjinal olarak sol kaudat olduğu bulunmuştur. Bu çalışma ile daha öncesinde Mandarin diline çok fazla maruz kalmamış olsalar bile son 30 gün içerisinde dile yoğun maruz kalmanın dahi fonksiyonel değişimler meydana getirebileceğini göstermiştir.

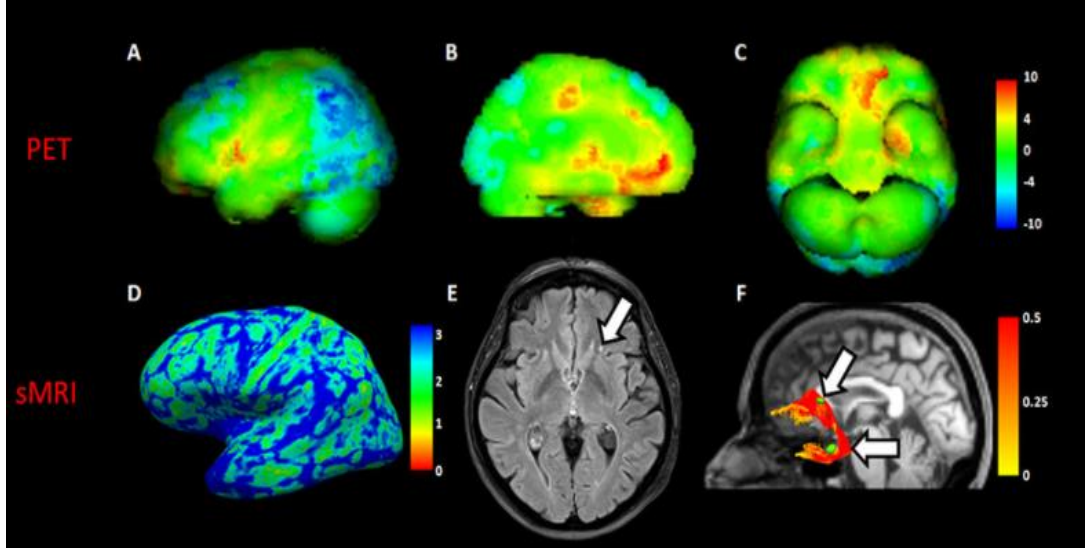
Başka bir fMRI çalışmasında ikinci dil öğreniminde zamanla beyinde ne gibi değişikliklerin gerçekleştiğini araştırmak için yürütülen fonksiyonel bir dil çalışması ile daha önce hiç Çince öğrenmemiş anadili İngilizce olan 39 katılımcı iki aşamalı bir çalışmaya dâhil ediliyor. Altı haftalık bir dil eğitimi alan öğrenciler ile eğitim almayan (non-learner- NL) öğrenciler karşılaştırılmış. Davranışsal testlere göre başarılı (successful learners – SL) ve daha az başarılı olan öğrenciler (less successful learners – LSL) olarak ayrılan öğrencilerden eğitim öncesinde (T1) ve sonrasında (T2) fMRI kaydı alınmış. Sonuçlara göre başarılı olan katılımcılarda diğer katılımcılara kıyasla daha fazla nöronal bağlantı olduğu ve bu bağlantının daha güçlü olduğu görülmüştür. Buna ek olarak başarılı katılımcıların T1 datusında insula (INS) bir aktarım pozisyonundayken, T2 datusında insulanın posterior temporal ve parietal lobun ön alanlarıyla birleşerek bu oluşan yeni dil ağının merkezi haline geldiği de görülmüştür (Yang ve ark., 2015) (Şekil 5).



Şekil 5: Altı ilgi alanına dayalı etkili bağlantı haritaları (INS, STG, MFG, IFG, SMA, IPL) (Yang ve ark., 2015, s. 43)

2.1.4.2. PET- Pozitron emisyon tomografisi

PET Yönteminde fMRI yöntemindeki gibi, nöronal aktivitelerden kaynaklanan kan akışındaki değişimler incelenir (Paulraj & Rincy, 2018). Bu yöntemde özel bir işlemle üretilen radyoaktif maddeler görüntülenmek istenen alanda maksimum düzeyde, geri kalan bölgelerde minimum düzeyde birikecek şekilde hastaya enjekte edilir. Bu işlem radyoaktif işaretleme yöntemi olarak bilinir (Demir, 2015). Siklotron makinesiyle üretilen bu radyoaktif maddeler, vücut da bulunan doğal bileşenlerin (çoğunlukla glikoz, ama kimi zaman su ya da amonyak da olabilir) yapısına eklenerek uygun bölgelerde birikir ve PET cihazı da bu bölgeleri saptar (Kılıç, 2012).



Şekil 6: PET ve sMRI tarama örnekleri

(https://www.frontiersin.org/files/Articles/372861/fnhum-12-00385-HTML/image_m/fnhum-12-00385-g001.jpg E.T: 06.11.2021)

PET yöntemiyle yürütülen bir çalışmada katılımcıların ana dilleri (İtalyanca), ikinci yabancı dilleri (İngilizce) ve hiç bilmedikleri bir dil (Japonca) ile ilgili bir hikâye dinlerken beyinlerin de aktive olan bölgeler incelenmiş. Çalışmada katılımcıların ana dillerindeki hikâyeyi dinlerken birçok alanda aktivasyon gerçekleşirken, öğrenmiş oldukları yabancı dilde bu alanların azaldığı görülmüş ve bu alanların beyinde hafıza ile ilişkili alanlar olduğu görülmüştür (Perani, ve diğerleri, 1996). Aşağıdaki tabloda (Tablo. 1) ana dil, ikinci dil ve hiç bilinmeyen bir dilde okunan bir hikâyeyi dinleyen katılımcıların beyinde aktive olan bölgeleri sıralanmıştır.

Tablo 1: Farklı dilleri dinlerken aktive olan beyin bölgeleri (Perani ve ark., 1996, s. 2442)

Anadil	Bilateral Temporal Pole (Brodmann Alanı 38)
(İtalyanca)	Bilateral Superior Temporal Gyrus (BA 22)
	Bilateral Mid-temporal Gyrus (BA 21)
	Left Posterior Cingulate (BA 31)
	Left Inferior Frontal Gyrus (BA 45)
	Right Cerebellar Hemisphere

Tablo 1: Farklı dilleri dinlerken aktive olan beyin bölgeleri (Perani ve ark., 1996, s. 2442) (devamı)

Yabancı Dil	Bilateral Mid-temporal Gyrus (BA 21)
(İngilizce)	Bilateral Superior Temporal Gyrus (BA 22)
	Bilateral Parahippocampus (BA 36)
Bilinmeyen Dil	Bilateral Mid-temporal Gyrus (BA 21)
(Japonca)	Bilateral Superior Temporal Gyrus (BA 22)
	Right Parahippocampus (BA 36)

2.1.4.3. EEG (Elektroensefalografi)

Dil çalışmalarında kullanılan bir diğer beyin görüntüleme yöntemi olan EEG, sinir hücrelerinin birbirleriyle iletişim kurarken açığa çıkardığı beyin yanıtlarını en hızlı kaydeden invazif olmayan bir beyin görüntüleme yöntemidir. Bir diğer beyin görüntüleme yöntemi olan, dil deneyiminin uzun süreli yapısal değişimlerini görüntülemek için kullanılan MRI yönteminden farklı olarak, beyin aktivasyonlarını oldukça hızlı kaydeder. Bu nedenle dil süreçleri gibi çok hızlı işlenen beyin aktivasyonlarını araştırmak için oldukça kullanışlıdır.

Beyin korteksinde gerçekleşen hızlı elektriksel aktivitelere duyarlı EEG yönteminde kafa derisine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kaydedilen ham verinin bilgisayar temelli programlar ile kaydedilip işlenmesi mümkündür. EEG (Şekil. 7) yönteminin uygulandığı bazı dil araştırmalarında farklı katılımcıların benzer uyaranlara karşı aynı beyin aktivasyon desenleri geliştirdikleri gözlemlenmiştir (Luk, Pliatsikas, & Rossi, 2020). Olaya ilişkin potansiyeller olarak adlandırılan bu beyin yanıtlarına örnek olarak dilde algılanan, akustik değişimlere yanıt olarak üretilen MMN (Näätänen, 2001), anlamsal uyumsuzluklara yanıt olarak üretilen N400 ile dilde algılanan biçimsel hatalara verilen P600 yanıtları sıralanabilir (Kutas & Hillyard, 1980).

Reiterer (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada ise bilingual katılımcılar ve üniversitede yabancı dil eğitimi alan katılımcılar dili öğrenmeye başlama yaşı, dilde kazanılan yetkinlik ve maruz kalma süresi açısından karşılaştırılmış. Araştırmada anadili Almanca ve İngilizce olan bireylerin İngilizce dinlerken her iki hemisferin de yoğun bir aktivasyon kaydedilirken, anadili Almanca olup İngilizceyi üniversitede örgün eğitimle öğrenen katılımcılarda sol hemisferde baskın bir dil işleme aktivasyonu gerçekleştiği kaydedilmiştir.



Şekil 7: Üsküdar üniversitesi kognitif nörobilim laboratuvarı EEG çekimi

2.1.4.4 . MEG – Manyetoensefalografi

Manyetoensefalografi veya MEG yöntemi, elektrofizyolojik beyin aktivitelerini gerçek zamanlı işleme imkânı sunan ve invazif olmayan bir beyin görüntüleme yöntemidir (Wheless ve ark., 2004) Hem MEG hem de EEG yönteminde postsinaptik dendirit potansiyellerinin oluşturduğu sinyaller kaydedilir. Bu iki yöntem arasındaki en önemli fark ise MEG cihazı teğet yönelimli kaynaklara (tangentially oriented sources) duyarlı iken, EEG tüm yönelimli kaynakların tespitinde etkili bir yöntemdir. Bunun nedeni ise, kafatası simetrik bir küreselliğe sahip olmadığından beyinde oluşan radyal yönelimli bir kaynak (radial oriented sources) MEG cihazı tarafından tespit edilemez (Ahlfors ve ark., 2010). İkinci en büyük fark ise EEG, MEG yöntemine kıyasla daha düşük mekânsal çözünürlük sunduğundan, kaydedilen fonksiyonel ağların anatomik lokalizasyonu MEG yöntemi ile daha iyi analiz edilir (Diessen ve ark., 2015). Bunlara ek olarak EEG cihazından daha maliyetli olması ve portatif bir cihaz olmaması sebebiyle MEG cihazı araştırmacılara dezavantaj sağlayan bir beyin görüntüleme yöntemidir.

Çalışmalarda MEG cihazı ile araştırılabilecek konular arasında;

- 1) Birincil duyuşal kortekslerde (görsel, işitsel ve somatosensoriyel) fonksiyonel haritalamanın oluşturulması,
- 2) Epilepsi hastalarında rahatsız edici bölgenin yerinin saptanması,
- 3) Normal ve anormal dil gelişiminin değerlendirilmesi yer alır.

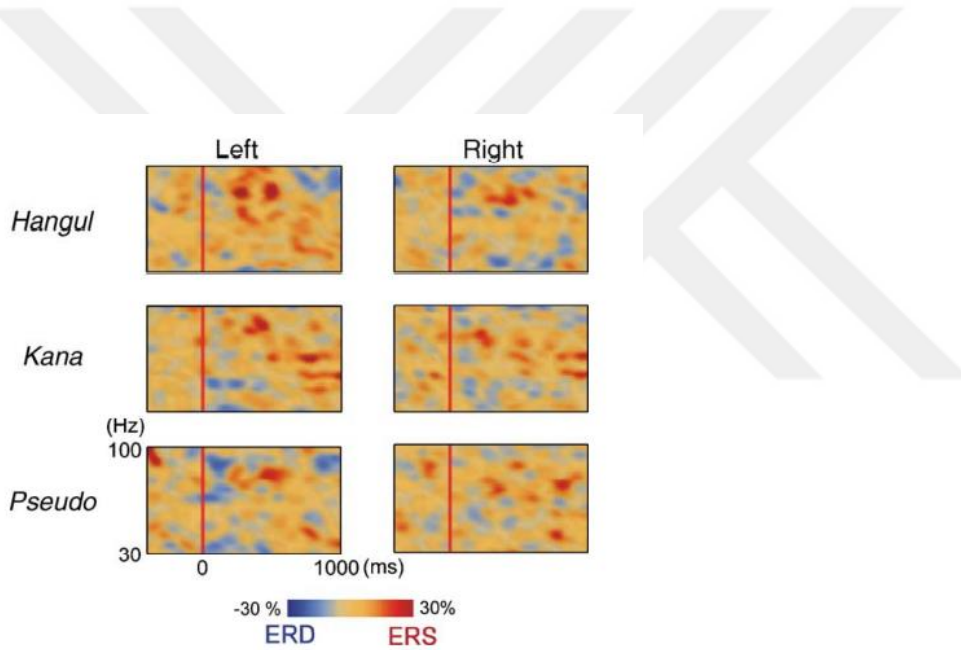
Bunlara ek olarak MEG verileri ile MRI verilerinin birleştirilmesi ile Manyetik Kaynak Görüntüleme (Magnetic Source Image – MSI) elde edilir. Manyetik Kaynak Görüntüleme yöntemi ise araştırmacılara, beynin anatomik yapısı ile fonksiyonel aktivasyonlarının aynı veri üzerinden incelenmesine imkân sunar (Wheless ve ark., 2004).

Dil çalışmalarında da kullanılabilen Manyetoensefalografi yönteminde EEG yöntemindeki gibi olaya ilişkin potansiyeller kaydedilebilmektedir. EEG yönteminde kaydedilen N100 ve N400 ve MMN (mismatch negativity) elektrik potansiyellerinin MEG yönteminde karşılık gelen manyetik muadilleri M100, M400 ve MMF (mismatch field) potansiyelleridir. Temelde aynı potansiyeller olmalarına rağmen kullanılan cihazlar farklı olduğu için farklı adlandırılmaktadırlar (Schmidt & Roberts, 2009).

Gelişimsel dil çalışmalarından elde edilen bulgulara göre, bebeklerde 6 ay ile 12 ay arasındaki dönem, dil süreçleri açısından evrensel dil algısından dile özgü fonetik algıya geçiş dönemi olarak nitelendirilir (Werker & Lalonde, 1988). Bu durumu MEG çalışmasında incelemek isteyen Kuhl ve arkadaşları (2014), bebeklerde iki farklı dönemde anadillerindeki ve yabancı dildeki konuşmalara ilişkili olarak aktive olan beyin bölgeleri karşılaştırılmış. 7 aylık ve 11 aylık olan bebeklerin, her iki dili dinlerken MEG kayıtları alınmış, her iki dönemde de sadece işitsel alanların aktive olmadığı görülmüş. İşitsel alanlara ek olarak, motor planlamadan sorumlu alanlar ile Broca ve beyinciğin bulunduğu alanlarda da aktivasyon gözlemlenmiş. Ancak iki dönem arasındaki en belirgin fark; 7 aylık iken bebekler hem anadilleri hem de yabancı dil konuşmasını dinlerken bu alanlarda eşit seviyede aktivasyon gözlemlenirken, 11 aylık dönemde gerçekleştirilen kayıtlarda anadile işitsel alanlarda daha fazla, yabancı dili dinlerken ise motor alanlarda daha fazla aktivasyon olduğu görülmüş.

Korece (L1), Japonca (L2) ve sözde harflerin (pseudoleters) görsel algılarının oksipito-temporal alandaki salınım aktivitelerini (oscillatory activities) incelemek için

MEG yöntemi kullanılmış ve beyinde gerçekleşen farklı salınımların olaya ilişkin senkronizasyonları ve desenkronizasyonları (event-related desynchronization (ERD) ve synchronization (ERS) analiz edilmiş. Katılımcıların her dil için (L1, L2 ve sözde harfler) iki yarım küredeki alfa bandında sürekli olaya ilişkin desenkronizasyon (ERS) gözlemlenmiş ancak bu osilasyonlar sözde harfler için zamanla kademeli olarak zayıflarken, Korece ve Japonca için daha güçlü ve daha uzun süreli kaydedilmiştir. Hemisferler ayrı ayrı incelendiğinde ise, sol hemisferde gama bandı salınımları üç dilde de aynı gelişim göstermiştir (Şekil 8). Buna rağmen sağ hemisferde Korece (L1) harfler için gama bandındaki olaya ilişkin senkronizasyon (ERS) diğerlerine kıyasla (L2 ve sözde harfler) daha güçlü kaydedilirken, L2 ve sözde harfler arasında bir farklılık saptanamamıştır (Ihara & Kakigi, 2006).



Şekil 8: Oksipito-temporal alana ait temsili bir kanalda gama bandı etkinliğine odaklanan zaman-frekans temsilleri (üç durumda da her iki yarım kürede de gama bandında ERS gözlemlendi (Ihara & Kakigi, 2006, s. 793).

Aşağıdaki tabloda yapısal ve fonksiyonel beyin görüntüleme yöntemleri, araştırmacılara sağladığı bilgiler, avantajları ve dezavantajları açısından aynı tabloda değerlendirilmiştir;

Tablo 2: Yapısal ve fonksiyonel nörogörüntüleme teknikleri (Hirsch ve ark., 2015, s. 20)

Teknik	Elde edilen bilgi	Avantajları	Dezavantajları
Yapısal			
Bilgisayarlı Tomografi (BT)	Büyük beyin anormalliklerinin ve kemik yapısının görselleştirilmesi	-Kaba beyin yapısını, malformasyonları ve ayrıca serebral vasküler kazaları (örneğin kanama) görüntülemek için kullanışlıdır. -Yaygın olarak bulunur -Hızlı görüntü elde etme ve işleme	X-Ray radyasyonuna maruz kalmayı gerektirir MRI'dan nispeten daha düşük mekânsal çözünürlük
Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)	Beyin yumuşak dokusunun görselleştirilmesi gri ve beyaz madde gibi	-İyi mekânsal çözünürlük -Yüksek yoğunluklu manyetik alanlara maruz bırakmasına rağmen invazif değil, nispeten erişilebilir	Metalik implantları olan kişilerde kullanılamaz (Örn: kalp pili) Gürültülü ortam Kapalı alanlarda rahatsız olan hastalar için zor.
Fonksiyonel			
Fonksiyonel (fMRI)	Bilişsel bir görevi ve/veya davranışı gerçekleştirmeyle ilişkili beyin aktivitesinin lokalizasyonu tespit eder	-İyi mekânsal çözünürlük -Yüksek yoğunluklu manyetik alanlara maruz bırakmasına rağmen invazif olmayan bir yöntem	Sınırlı zamansal çözünürlük yeteneği Gürültülü ortam Beyin aktivitesinin dolaylı ölçümü

Tablo 2: Yapısal ve fonksiyonel nörogörüntüleme teknikleri (Hirsch, Bauer, & Merabet, 2015, s. 20)
(devam)

<p>Pozitron Emisyon Tomografi (PET)</p>	<p>Bilişsel bir görev ve/veya davranışın gerçekleştirilme siyle ilişkili metabolizmanın ölçümlemesini n yanı sıra beyin aktivitesinin lokalizasyonunu n belirlenmesi</p>	<p>-Sessiz -Glikoz gibi beyindeki çeşitli metabolitleri takip edebilir</p>	<p>- Diğer tekniklere kıyasla nispeten zayıf uzamsal ve zamansal çözünürlük -Radyoaktif izleyicilerin gerekli kullanımı nedeniyle invazif bir yöntem --Yüksek maliyetli ve teknik karmaşıklık -Kısa görevlerle sınırlıdır ve radyasyona maruz bıraktığı için aynı katılımcı ile tarama yapma imkânı sınırlıdır -Beyin aktivitesinin dolaylı olarak ölçümler</p>
<p>Elektroensefalografi (EEG) & Olaya İlişkin Potansiyeller (OİP)</p>	<p>Bilişsel bir görev ve/veya davranışla ilişkili elektriksel beyin aktivitelerinin doğrudan kaydı</p>	<p>-İyi zamansal çözünürlük -Sessiz -Katılımcı hareketine nispeten toleranslı -İnvazif değil -Düşük kullanım maliyeti -Beyin aktivitesi bir uyaran veya olayla doğrudan ilişkilendirilebilir (ör. Tetiklenen görsel uyaran)</p>	<p>-fMRI ile karşılaştırıldığında zayıf mekânsal çözünürlük -Elde edilen verilerin analizi çok karmaşık olabilir</p>

2.1.5 Dilbilimsel yaklaşım

Chomsky'ye göre dil; kelime ve tümceler aracılığıyla düşüncenin konuşma ile aktarıldığı çok katmanlı bir sistemdir. Dilbilimsel yaklaşıma göre dil özerk alt sistemlerin, diğer bileşenlerle bağlantı oluşturduğu büyük bir sistemler sistemidir ve beş alt başlığa ayrılır (Ergenç, 2008);

- **Sesbilim (fonetik – phonology):** konuşma sesinde en küçük birimler olan konuşma seslerinin bir araya gelerek anlamlı sözcükler oluşturmasını inceler.
- **Biçimbilim (morfoloji – morphology):** bir sözcüğün yapısında yer alan kök, gövde, türetme ve çekim özelliklerini ele almak ile ilgilenen bilim dalıdır (Uzun, 2006, s. 13)
- **Sözdizim (sintaks – syntax):** en küçük anlamlı birimlerin (kelime) bir araya gelerek öbekleri ve tümceleri oluşturması ile ilgilenen alan
- **Anlambilim (semantik – semantics):** sözcüklerin konuşulan dildeki karşılıklarını dilbilimsel yöntemlerle inceleyerek, sözcüklerin; gerçek, mecaz, terim anlam ile zıt, eş ve üst anlamlılıklarını dil içi bağlantılar ile inceleyerek anlamlandırmaya çalışır (Kocaman, 1992)
- **Kullanımbilim (pragmatics):** dildeki sözcükler ve kullanıcısı arasındaki etkileşimi inceleyen bir alandır.

2.2. İşitsel Uyarılmış Kortikal Potansiyeller

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller (cortical auditory-evoked potentials), işitsel bir uyarana kortikal düzeyde verilen beyin yanıtlarıdır. Olaya ilişkin potansiyeller olarak da adlandırılan bu beyin yanıtları çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılır. Uyarın verildikten sonra ortaya çıkış sürelerine göre (latans) sırasıyla; P1-N1-P2 kompleksi, akustik değişim kompleksi, mismatch negativity, P300 potansiyelleri örnek olarak verilebilir. Ortaya çıkış sürelerine göre sınıflandırılan bu potansiyeller aynı zamanda,

eksojen ve endojen yapılı olmalarına ve anatomik olarak beynin hangi bölgelerinden çıktıklarına göre de birbirlerinden ayrılırlar (Katz, 2015, s. 338).

İşitsel uyarılmış kortikal potansiyeller eksojen veya endojen yapılı olabilirler. Eksojen potansiyeller, sesin şiddeti gibi uyarının dışsal özelliklerinden etkilenen bilişsel süreçlerden bağımsız ortaya çıkan potansiyellerdir. Endojen kaynaklı potansiyeller ise uyarana maruz kalan katılımcının motivasyon ve uyanıklık gibi bilişsel süreçlerine duyarlı ve bundan etkilenen potansiyellerdir (Katz, 2015).

2.2.1. P1-N1-P2 kompleksi

İlk defa P. A. Davis tarafından 1939 yılında keşfedilen, sese verilen beyin yanıtlarında meydana gelen değişimleri gösteren işitsel P1-N1-P2 kompleksi, yetişkinlerde işitsel uyarının başlangıcından ve bitişine kadar verilen bir yanıttır. MMN yapılı bir potansiyel olmasına karşın dikkat gibi bilişsel süreçlerin katılımıyla endojen yapılı bir potansiyele dönüşebilir. Sesin nöronal düzeyde ilk işlendiği anlarda ortaya çıkan zorunlu bir potansiyel olan P1-N1-P2 kompleksi, uyarılar arasındaki farkın ya da değişimin algılandığına dair bir bilgi vermez bu nedenle bu potansiyellerden konuşma sesinin (speech sound) ayırt edilebildiğine dair bir bilgi alamayız (Katz, 2015, s. 345). Bu kompleks sadece işitsel uyarılarda değil, görsel ve somatosensöriyel uyarılara verilen tepkiler kaydedilirken de gözlemlenebilir (Martin, Tremblay, & Stapells, 2007). Potansiyellerin “P” ile başlaması pozitif, “N” ile başlaması ise negatif yönlü beyin yanıtları olduğunu gösterir.

P1-N1-P2 kompleksinin tanımlanabilmesi için her bir komponente ait (P1, N1, P2 komponentleri) genlik ve latans değerleri analiz edilmelidir (Kraus ve ark., 1993). P1 komponenti yetişkinlerde uyarının sunulmasından 50 ms sonra oluşan pozitif polariteye sahip bir potansiyeldir (Katz, 2015, s. 342). Kompleksin ilk pozitif tepe değerini gösteren P1 yanıtının anatomik çıkış noktası, primer işitme kortekste yer alan Hesch’s girusu, hipokampüs, planum temporale, laretal temporal alanlar olduğu söylenebilir (Martin ve ark., 2008).

N1 komponenti uyarının sunulmasından sonra 50 ile 200 ms arasında üretilen negatif polariteye sahip bir potansiyeldir ve eksojen yapılı olduğundan dolayı uyarının fiziksel

özelliklerinden etkilenir (Naatanen & Picton, 1987). N1 potansiyeli özdeş (aynı fiziksel yapıya sahip) uyarın, sürekli devam ettiği sürece kaydedilmeye devam eder, uyarında değişim meydana geldiğinde N1 potansiyeli varlığını korumaya devam eder ancak üzerine negatif polariteye sahip potansiyel 200 ms'ye kadar uzar ve MMN potansiyeline dönüşür, bu nedenle sürekli potansiyel (sustained potential) olarak adlandırılır (Kraus & McGee, 1992).

N1 yanıtı üç alt komponentten meydana gelir; frontocentral negativity olarak adlandırılan ilk komponent superior temporal lobdaki her iki işitme alanında üretilir, T-kompleks olarak adlandırılan ikinci komponent superior temporal girusta bulunan sekonder işitme alanında üretilen pozitif bir dalga boyudur, son komponentin ise üretim alanı bilinmemekle birlikte, ses uyarınlarının etkili bir şekilde işlenmesini sağlayan kısa süreli negatif bir yanıt olduğu düşünölmektedir (Martin ve ark., 2008).

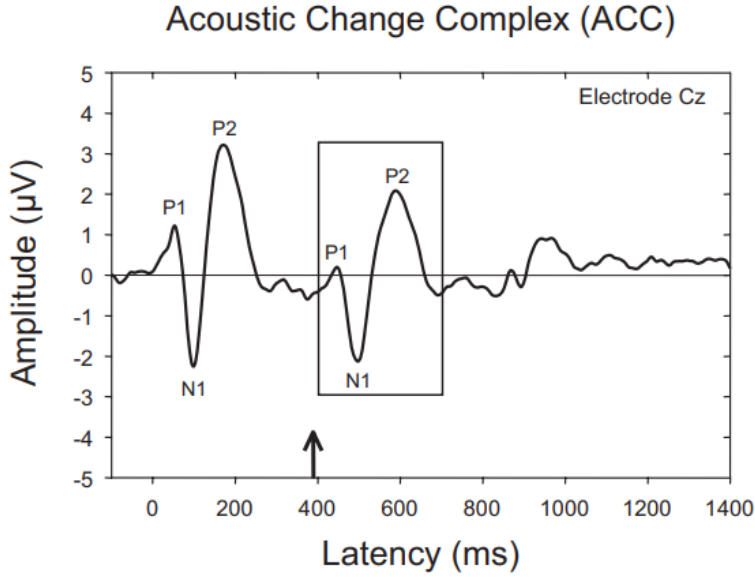
P2 komponenti uyarın sunumundan sonra 100-250 ms sonra ortaya çıkan pozitif polariteye sahip bir potansiyeldir (Kraus ve ark., 1993). N1 komponenti gibi özdeş uyarın devam ettiği sürece kaydedilirken, ondan farklı olarak uyarında değişim meydana geldiğinde küçölmeye başlar (Kraus & McGee, 1992). P2 yanıtının oluşumunda sorumlu bir çok alan olduğu düşünölmektedir, primer ve sekonder işitme alanlarına ek olarak mezensefalonda bulunan retiköler aktivasyon sisteminde de üretildiği düşünölmektedir. (Martin ve ark., 2008).

2.2.2. Akustik değişim kompleksi

Ses uyarınının başlamasından sonra ilk ortaya çıkan P1-N1-P2 kompleksinden sonra, uyarın ortasında oluşan değişimlere yanıt olarak üretilen P1-N1-P2 kompleksleri Akustik Değişim Kompleksleri (acoustic change complex) olarak adlandırılır. Sessiz bir ortamda ilk sesli uyarına verilen başlangıç yanıtı P1-N1-P2 kompleksidir. Daha sonrasında ses uyarınının genliğinde ve yoğunluğunda meydana gelen değişimler de fonem değişimlerinde, sesli-sessiz harf değişimlerinde ve son olarak üretilen ses uyarınından sonra oluşan son P1-N1-P2 komplekslerinin her biri ise akustik değişim kompleksleri olarak adlandırılır (Martin ve ark., 2007).

Uyarın sonunda üretilen akustik değişim kompleksinin genliği ilk üretilen P1-N1-P2 kompleksinin genliğinden daha düşük kaydedilir (Şekil 9). Son olarak P1-N1-P2

kompleksi ile Akustik değişim kompleksinin anatomik yapıdaki üretim alanlarının aynı olduğu henüz kanıtlanmadığı için bu iki kompleksin üretiminde de aynı nöronal süreçlerin etkili olduğunu söyleyemeyiz (Martin ve ark., 2008).



Şekil 9: Akustik değişim kompleksi (Martin ve ark., 2008, s. 288)

2.2.3. Mismatch negativity (MMN)

İlk kez Naatanen ve arkadaşları tarafından 1987 yılında tanımlanan Mismatch negativity bir uyarın dizisindeki farklı uyarana katılımcının dikkatini gerektirmeden otomatik üretilen işitsel bir kortikal potansiyeldir (Naatanen ve ark., 2004). MMN potansiyelinden bu tezin ilerleyen kısımlarında daha kapsamlı ve detaylı bahsedilecektir.

2.2.4. P300 yanıtı

İlk kez Sutton ve arkadaşları tarafından 1965 yılında rapor edilen P300 yanıtı, uyarının, katılımcı tarafından bilişsel düzeyde fark edilmesinden, 300 ms sonra tepe değerine ulaşan pozitif polariteye sahip bir olaya ilişkin potansiyeldir. P300 yanıtı endojen kaynaklı bir potansiyel olduğundan katılımcının bilişsel kapasitesinden etkilenir. Örnek olarak, araştırmada katılımcıya verilen görev kolay ise oluşan P300 yanıtının genliği daha büyükken, görev zorlaştığında P300 yanıtının genliği düşer (Martin ve ark., 2008). Buna ek olarak P300 yanıtı katılımcının yaşından, bilişsel kapasitesinden, nörolojik ve psikiyatrik rahatsızlıklarından da etkilenmektedir (Picton T. , 1992). Oddball paradigması (özdeş uyaran dizisinde farklı bir uyarının sunulması) ile kaydedilen, katılımcının aktif katılımı ile konuşma sesindeki farklılıkların bilişsel düzeyde fark edip ayırt etmesine olanak sağladığı için araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir olaya ilişkin potansiyeldir (Duncan ve ark., 2009).

P300 yanıtının kendi içinde iki alt komponentten oluşmaktadır bunlar; P3a ve P3b komponentleridir. P3a yanıtı frontal bölgede konumlanmış ve dikkat süreçlerinden daha az etkilenirken, P3b yanıtı daha çok parietal bölgede konumlanmıştır ve katılımcının dikkat süreçlerinden etkilenmektedir (Martin ve ark., 2008). P300 yanıtının araştırıldığı çalışmalarda, üretim alanlarına dair birçok bilgi elde edilmiştir. Korteks yüzeyinde, frontal korteks, işitme korteksi ve centro-parietal kortekse ek olarak, intra-serebral bölgede yer alan limbik sistemin içinde bulunan hipokampüste de üretildiği görülmüştür (Picton, 1992).

Tablo 3: P1-N1-P2, ACC, MMN ve P300 potansiyellerinin karşılaştırması (Katz, 2015, s. 341)

Potansiyeller	P1-N1-P2	ACC	MMN	P300
Neyi İndeksler?	Kodlama (algılama)	Akustik değişiklik ayırım kapasitesinin kodlanması (algılama)	Ön-dikkatli ayırım, standardın duyusal hafızasını gerektirir	Bilinçli olarak ayırt edilen seslerin daha ileri seviyede işlenmesi

Tablo 3: P1-N1-P2, ACC, MMN v P300 potansiyellerinin karşılaştırması (Katz, 2015, s. 341)

(devam)

Minimum elektrot sayısı	En az üç: Cz, ground, referans (burun veya bir mastoid)	En az üç: Cz, ground, referans (burun veya bir mastoid)	En az beş: Fz, ground, referans, dikey göz kanalı, mastoidler (yanıt inversiyonunu incelemek için) ve ek elektrotlar (kafa derisi dağılımını incelemek için) yanıt tanımlaması için yardımcı olur	En az beş: Pz, zemin, referans, dikey göz kanalı. Daha fazla kanal kafa derisi dağılımının incelenmesine izin verir ve yanıt tanımlaması için yardımcı olur
Nasıl (Ne zaman) Ortaya Çıkar?	Ses başlangıcı	Akustik değişimler	Uyaran veya örüntü sapması	Görevle ilgili sapma
Ne kadar süre kalır?	Ses algılanabildiği sürece devam eder	Akustik değişiklik algılanabilir olduğu sürece devam eder	Uyaran sapması sırasında saptanabilir (bazı istisnalar)	Uyaran sapması var olduğunda saptanabilir ve görevle ilgili olduğu sürece
Ne zaman yok olur?	Ses algılanamadığında veya bazı nörolojik bozukluğun varlığında	Akustik değişiklik tespit edilemiyor olduğunda veya bazı nörolojik bozukluklarda	Uyaran sapması artık tespit edilemediğinde (bazı istisnalar)	Uyaran sapması ortadan kalktığında, saptanamadığında ve görevle ilgili olmadığı sürece veya bazı nörolojik bozukluklarda
Oddball Paradigması gerekir mi?	Hayır	Hayır	Evet	Evet

2.3. EEG

Tıp alanında tanı çalışmalarında kullanılan EEG yöntemi, bir beyin görüntüleme yöntemidir. Kafa derisine yerleştirilen elektrotların, beyin yapısında meydana gelen elektrofizyolojik beyin aktiviteleri kaydetmesine olanak sağlayan EEG yöntemi non-invazif bir beyin görüntüleme yöntemidir (Teplan, 2002). Non-invazif bir yöntem olma avantajıyla araştırmalarda sık sık kullanılan EEG yöntemi, aynı zamanda sağlamış olduğu yüksek zamansal çözünürlük (high temporal resolution), diğer yöntemlere kıyasla daha az maliyetli olması ve rahat taşınabilirlik özellikleri bakımından diğer beyin görüntüleme yöntemlerine kıyasla avantajlı bir seçenektir (Nicolas-Alonso & Gil, 2012).

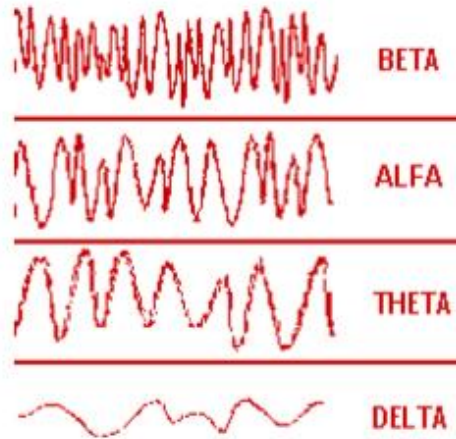
2.3.1. EEG'nin bulunuşu ve çalışma prensibi

İngiliz fizikçi Richard Caton, 1875 yılında, deney hayvanlarının serebral korteksinde oluşan elektriksel beyin yanıtlarını kaydetmiş ve bunu elektrik amplifikatörlerin üretilmesinden 50 yıl önce başarmıştır. Daha sonra 1924 yılında, Jena Üniversitesi'nden Alman psikiyatır Hans Berger, ilk kez bir insandan EEG kaydı almayı başarmıştır. Bu kayıtları, günümüzde kullanılan elektrotlar yerine kafa derisine yapıştırdığı metal çubuklar ve elektrik aktivitelerine duyarlı bir galvanometreyi kayıt cihazı olarak kullanarak elde etmiştir.

İnsan beyninde üretilen elektrik potansiyellerini tanımlamak için elektroensefalogram kelimesini ilk kez kullanan Berger, beyin yanıtlarının rastlantısal olmadığını ve periyodik bir düzende oluştuklarını söylemiştir. Buna ek olarak bu potansiyellerin genlik değerlerinde ve tekrar sıklıklarında zaman zaman değişimler gözlemlediğini de yazılarında raporlamıştır. Ancak bu buluş uzun yıllar pek de ilgi görmemiştir. 1934 yılında gelindiğinde Adrian ve Matthews'in yayınladığı bir çalışmada Berger'in buluşu desteklenmiş ve ilk tanımladıkları beyin dalgası 10-12 Hz olan "alfa" dalgası olmuştur. Bu gelişmeden sonra EEG yöntemiyle ölçülen insan beynindeki elektriksel potansiyeller popüler olmaya başlamıştır (Bronzino, 1995).

EEG yöntemi ile sinir hücreleri birbirleriyle iletişim kurarken oluşan elektrokimyasal değişimler kaydedilir (Nicolas-Alonso & Gil, 2012). Bu elektrokimyasal aktiviteler, sinir hücrelerinin zarlarında meydana gelen sinaptik zar potansiyelleridir. Bunlara; Sodyum (Na^+) ve Kalsiyum (Ca^{+2}) kanalları, voltaj farklılıklarından oluşan iyonik akımlar, ligand-kapılı kanallardaki transmitter geçişleri ve zar içinde meydana gelen nörotransmitter salınımları örnek olarak verilebilir (Buzsáki ve ark., 2010).

EEG, frekanslarına (birim zamandaki sıklık değeri) göre sınıflandırılan sinyallerden oluşur ve bu sinyaller frekans bantları olarak adlandırılırlar (Nicolas-Alonso & Gil, 2012). Adrian ve Matthews'ın yapmış oldukları çalışmada ilk raporlamış oldukları frekans bandı olan “alfa” bandına (Bronzino, 1995) ek olarak üç tane daha temel frekans bandı bulunur. Bu frekans bantları düşükten yükseğe göre sırasıyla; delta (0,5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (>13 Hz) bantlarıdır (Teplan, 2002). Bu frekans bantları sınıflandırılırken birim saniyede oluşturdukları tepe değerlerine bakılır (Şekil. 10).



Şekil 10: Beyin Dalgası Örnekleri (Teplan, 2002, s. 2)

En az tepe değeri oluşturan frekans bandı olan “delta” bandı 4- 5 Hz'in altındadır. Yani birim zamanda 4 ila 5'ten daha az tepe değeri oluşturur. Bebeklerde gözlemlenen bu sinyal bebekler büyüdükçe azalırken, yetişkinlerde derin uyku döneminde kaydedilir. Uyanık durumda delta bandının kaydedilmesi yetişkinlerde çeşitli nörolojik hastalıklarla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bir diğer frekans bandı olan “teta” bandı, 4 ila 7 Hz arasındadır. Çocuklarda, derin düşünme halinde ya da uyku evresinde olan yetişkinlerde kaydedilir.

Delta sinyali gibi teta dalgasının da uyanık durumdaki yetişkinlerde kaydedilmesi altta yatan nörolojik rahatsızlıkların habercisi olabilir. İlk bulunan “alfa” dalgasının en güçlü kaydedildiği beynin bölgesi oksipital bölgedir ve birim zamanda 8 ila 12 arasında tepe değeri oluşturur. Alfa sinyali; göz açıp kapamada, bedenin rahatladığı sıralarda ve bilişsel süreçler aktifken genlik değeri artış gösterir. “Beta” dalgası ise birim zamanda 12 ila 30 değerleri arasında tepe değeri oluşturur ve beynin frontal bölgesinde ve daha merkezi bölgelerde kaydedilir ve motor aktivitelerle ilişkilidir (Nicolas-Alonso & Gil, 2012).

2.3.2. EEG yönteminin kullanım alanları

EEG yöntemi non-invazif ve ağrısız bir yöntem olması bakımından insanlarda ve hayvanlarda yapılan klinik uygulamalarda kullanımını daha çok tercih edilmektedir. Klinik alanda kullanımına dair bazı örnekler aşağıdaki gibidir;

- 1) Beyin ölümü, koma ve uyanıklık durumunun gözlemlenmesi,
- 2) Kafa travması, felç ve tümör vakalarında hasarlı beyin bölgelerinin tespit edilmesinde,
- 3) Epilepsiyi araştırmak ve epilepsi nöbetlerinin kaynağını bulmak için,
- 4) Epilepsi tedavisinde kullanılan ilaçların etkilerinin araştırılmasında,
- 5) İnsan ve hayvanlarda beyin gelişiminin takip edilmesinde
- 6) Uyku bozuklukları ve fizyolojisinin araştırılmasında,
- 7) Anestezi uygulamasının kontrolünde kullanılabilir (akt: Teplan, 2002).

Zararsız ve ağrısız olması nedeniyle sadece klinik araştırmalarda değil, bilimsel araştırmalarda da oldukça sık tercih edilen bir araştırma yöntemidir. İnsanlarda, dil süreçleri, algı, hafıza, dikkat ve duygulanım gibi bilişsel süreçler EEG yöntemi kullanılarak araştırılan konular arasındadır ve bu konuların araştırılmasında bir EEG tekniği olan olaya ilişkin potansiyeller (OİP)’de en sık kullanılan tekniklerden biridir (Teplan, 2002).

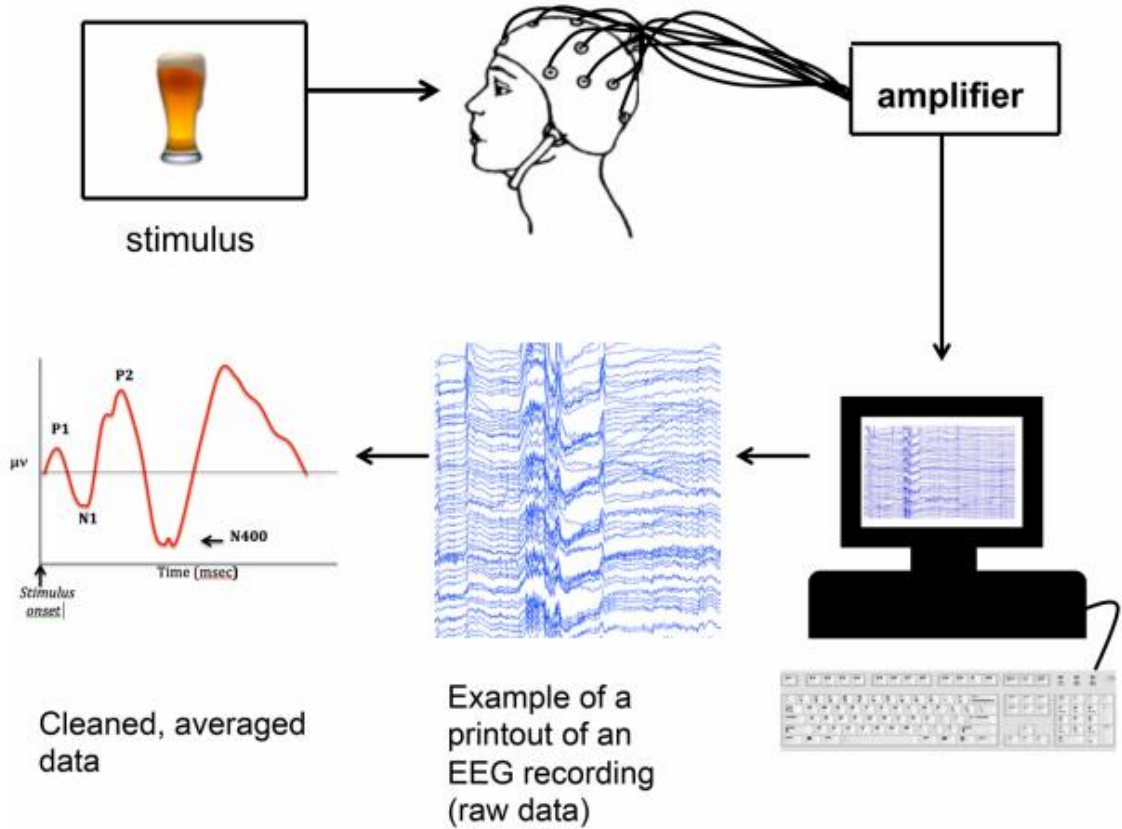
2.3.3. Olay ilişkili potansiyeller (Event related potentials)

Bir EEG tekniği olan, uyarılmış potansiyeller ya da olaya ilişkin potansiyeller olarak adlandırılan OİP'ler (event related potentials "ERP") dış veya iç kaynaklı uyarıların meydana getirdiği nöronal aktivite sırasında oluşan voltaj dalgalanmalarıdır (akt: Teplan, 2002). Bu potansiyeller kafa derisine yerleştirilen elektrotlarla kaydedildikten sonra filtreleme ve sinyal ortalaması yöntemleriyle diğer sinyal türlerinden ayrıştırılır. Bu uyarılmış potansiyeller eksojen kaynaklı (fiziksel uyarılara karşı oluşturulan zorunlu potansiyeller) ve endojen kaynaklı (dış uyarı olmaksızın beyinde oluşan iç kaynaklı bilişsel süreçler) olabilirler (Picton, ve diğerleri, 2000). Bir başka açıdan uyarıdan hemen sonra ilk ortaya çıkan erken latanslı potansiyeller eksojen yapılı olup, duyuşsal tepkiler iken, özellikle 100 ms sonra ortaya çıkan geç latanslı potansiyeller, beyinde işleme süzgecinden geçtiği için endojen yapılı bilişsel tepkileri olarak kategorize edilebilir (Bayazıt, 2018).

OİP'ler beyinde gerçekteşen motor, duyuşsal ve bilişsel aktiviteler sonucunda, aynı zaman diliminde ve dizilimde hareket eden çok sayıda kortikal piramidal hücrenin senkronize bir şekilde ateşlenmesi yoluyla oluşur. Birlikte ateşlenen hücre grupları, eksitator ve inhibitör postsinaptik aktivitelerine neden olur ve ortaya çıkan zamana kilitli potansiyeller kafa derisine yerleştirilen elektrotlara ulaşarak kaydedilir. OİP verilerinin elde edilmesi için sürekli EEG kaydında katılımcılara farklı özelliklere sahip uyarılar sunulur; bu uyarılar, görsel, işitsel, dokunsal ve konu gibi verilerden ya da bunların kombinasyonlarının da oluşabilir. OİP'ler adlandırılırken ise uyarı sunumundan sonra tepe değeri oluşturdukları süre (latans) ve genlik (amplitüd) yönlerine göre sınıflandırılır (Bayazıt, 2018). Örneğin; P300 potansiyeli pozitif polariteye sahip olup, uyarı sunulduktan ortalama 300 ms sonra tepe değeri ulaşırken, N400 potansiyeli negatif polariteye sahip olup, uyarı sunulduktan sonra ortalama 400 ms sonra tepe değeri ulaştığı için bu şekilde adlandırılmıştır.

Olaya ilişkin potansiyeller kullanılarak yapılan araştırmalar, gerçekte zamanlı işleme hızı yüksek olduğundan bu çalışmalarda zamansal çözünürlük fazladır, bu sayede oluşan potansiyellerin, uyarı verildikten ne zaman sonra oluştuğunu kesin bir şekilde raporlayabilmekteyiz. Ancak EEG yönteminde de olduğ gibi olaya ilişkin potansiyellerin ölçümlerinde mekânsal çözünürlük, zamansal çözünürlük kadar kesin

değildir ve sınırlıdır. Buna rağmen çoklu kanalların kullanıldığı araştırmalarda, gözlemlenen bilişsel süreçlerin tam yerini kestiremesek de oluştukları bölgelere yakın tahminlerde bulunabilme imkânı sağlamaktadır. OİP tekniğinin bize sağladığı keskin zamansal çözünürlük ve kısıtlı mekânsal çözünürlük yapılan çalışmalarda insanların bilişsel süreçlerini daha iyi anlamamıza olanak sağlamaktadır (Picton ve ark., 2000).



Şekil 11: OİP çalışmalarındaki Deneysel Kurulum (Beres, 2017 , s. 249)

OİP tekniğinin çalışma mekanizması ise şu şekilde işlemektedir; (Şekil. 11)

- 1) Katılımcı sürekli bir uyarana maruz bırakılır (görsel, işitsel, dokunsal uyarana ya da koku uyarana)
- 2) Kafaya yerleştirilen özel bir başlık ile uyarana tepki olarak oluşan nöronal aktiviteler sürekli olarak kaydedilir.
- 3) Elektrotlar yardımıyla kaydedilen aktivite amplifier ile bilgisayara iletilir
- 4) Ortalaması alınan aktiviteler ve çeşitli OİP'ler sürekli veriden çıkarılır (Beres, 2017).

2.3.4. Dil çalışmalarında EEG yöntemi ve OİP'lerin kullanılışı

19. yüzyıldan itibaren popülerlik, kazanmaya başlayan, beyindeki işlevlerin lokalizasyonu teorisi (Weiss & Mueller, 2003) çeşitli teknikler kullanılarak desteklenmiş ve beyinde gerçekleşen bilişsel süreçlerin nöronal merkezleri tespit edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda spesifik dil süreçlerinin hangi beyin bölgeleriyle ilişkili olduğunu anlamak için kullanılan yöntemlerden biri de EEG yöntemidir. Tıp alanında kullanımının yanı sıra, beynin farklı bilişsel süreçlerinin incelendiği EEG yöntemi, dil süreçlerinin araştırılmasında da sık sık kullanılmaktadır.

Özellikle 2000'li yılların başlarında beyin görüntüleme yöntemleriyle yoğun bir şekilde araştırılmaya başlanan dilin nörobilişsel altyapısı ile araştırmacılar ikinci dil öğreniminin beyin potansiyellerinde meydana getirdiği plastisiteyi de incelemişlerdir (Steinhauer & Kasparian, 2020, s. 172) Şimdiye dek yapılmış davranışsal çalışmalar dil öğreniminde kritik dönem hipotezini desteklemiştir. Kritik dönem hipotezi kısaca kişilere sunulan öğrenme deneyimine başlama yaşı ile deneyimin sonunda elde edilen öğrenme derecesi arasındaki ilişkiyi ifade eder (Newport ve ark., 2001, s. 482). Bu hipoteze göre dili öğrenmeye ne kadar erken başlarsanız, yetkinlik seviyesinde elde edeceğiniz başarıda o kadar yüksek olur. Yapılan EEG çalışmaları da bunu desteklemekte ve davranışsal çalışmalar ile araştırılması pek de mümkün olmayan bilişsel süreçleri de EEG yönteminde kaydedilen beyin potansiyelleriyle araştırabiliyoruz.

Şimdiye dek kaydedilen sürekli EEG verilerinin bir parçasını oluşturan OİP'ler birçok katılımcı tarafından kaydedilen (Luk ve ark., 2020), bireylerin işitsel ya da görsel bir uyarana vermiş oldukları uyarılmış kortikal yanıtlardır (Beres, 2017). EEG yönteminin kullanıldığı dil çalışmalarında özellikle OİP yönteminin kullanımı dile ilişkin uyarıların zamansal olarak işleminde karşılaşılan önemli sonuçların elde edilmesiyle önem kazanmaya başlamıştır (Weiss & Mueller, 2003). Yapılan bilişsel dil araştırmalarında birçok olaya ilişkin uyarılmış potansiyel belirlenmiştir. Bunlardan bazıları; MMN, P300, N400 ve P600 potansiyelleridir.

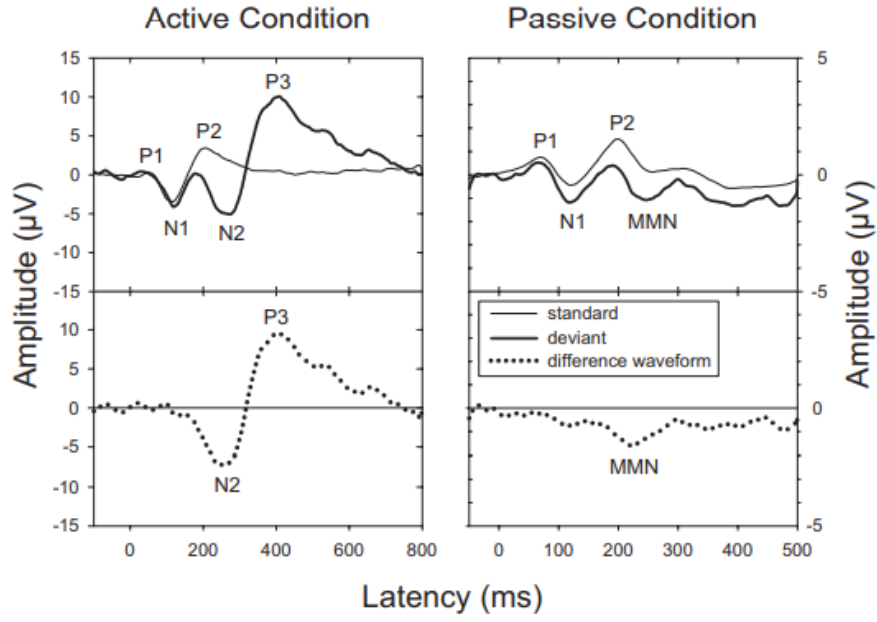
2.3.4.1. Dil çalışmalarında MMN yanıtı

MMN yanıtı standart bir işitsel uyaranda meydana gelen ses değişimin bilişsel olarak fark edildiğini gösteren negatif polariteye sahip bir kortikal potansiyeldir (Naatanen ve ark., 2007). Katılımcının uyanık olduğu durumda en iyi kaydedilen MMN potansiyeli, kişinin bilişsel anlamda aktif katılımı gerekmeksizin kaydedilen bir yanıttır. Uyarın verildikten sonra 100 ile 300 ms arasında ortaya çıkan MMN yanıtı, işitsel uyarılmış kortikal potansiyellerden biri olan N1 yanıtının devamı niteliğindedir (Katz, 2015, s. 346).

İşitsel uyarıdaki ayırt edilebilir ses değişimlerine yanıt olarak oluşan MMN yanıtının araştırılma alanı, dilin farklı süreçlerinin araştırıldığı çalışmalarla genişlemiştir. Konuşma seslerinin algılanıp ayırt edilmesi, dilin biçimsel ve semantik özellikleri araştırılan konulardan bir kaçıdır. Yapılmış bazı çalışmalarda ikinci dil öğrenen yetişkinlerin MMN yanıtlarındaki genliklerde zamanla bir gelişim meydana geldiği ve bu değişimin yabancı dildeki fonemlerin doğru bir şekilde algılanıp ayırt edilmesinin gözlemlenmesine olanak sağlayacak bir olaya ilişkin potansiyel olabileceğini göstermektedir (Naatanen ve ark., 2004).

2.3.4.2. Dil çalışmalarında P300 yanıtı

İlk kez Sutton ve arkadaşları tarafından 1965 yılında rapor edilen P300 yanıtı, uyarın verildikten yaklaşık 300 ms sonra tepe değerine ulaşır. MMN tepkisi gibi Oddball paradigması kullanılarak ölçülen, pozitif polariteye sahip P300 potansiyeli, MMN potansiyelinden farklı bir şekilde elde edilir. Standart özdeş bir uyaranda sık olmayan uyarana maruz kalan katılımcının aktif katılım göstermesi gerekir. Katılımcı bunu sık olmayan farklı uyarını her duyduğunda sayarak ya da farklı uyarını her duyduğunda butona basarak aktif katılım sağlayabilir (Duncan ve ark., 2009). Bu doğrultuda pasif katılımı ölçülebilen MMN potansiyeli, katılımcının aktif katılımını gerektiren P300 yanıtıyla farklılaştığı yönlerden biri budur (Şekil. 12)



Şekil 12: Aktif ve Pasif Koşullarda kaydedilen MMN ve P300 yanıtları (Katz, 2015, s. 347)

MMN yanıtı gibi P300 yanıtı da bireyin uyarandaki farklılığı ayırt etme becerisini gösterir. Bu beceri aynı zamanda bireyin davranışsal ayırt etme eşliğini de gösterdiğinden özellikle araştırmalarda katılımcıların bilişsel ayırt etme becerilerini ölçmek içinde kullanılır (Katz, 2015, s. 347). Buna ek olarak P300 potansiyelinin kullanıldığı çalışmalarda bu yanıtın en doğru şekilde kaydedilebilmesi için gereken parametreler bulunmaktadır. Oddball paradigması sunulurken elde edilen P300 yanıtı için önerilen kayıt koşulları;

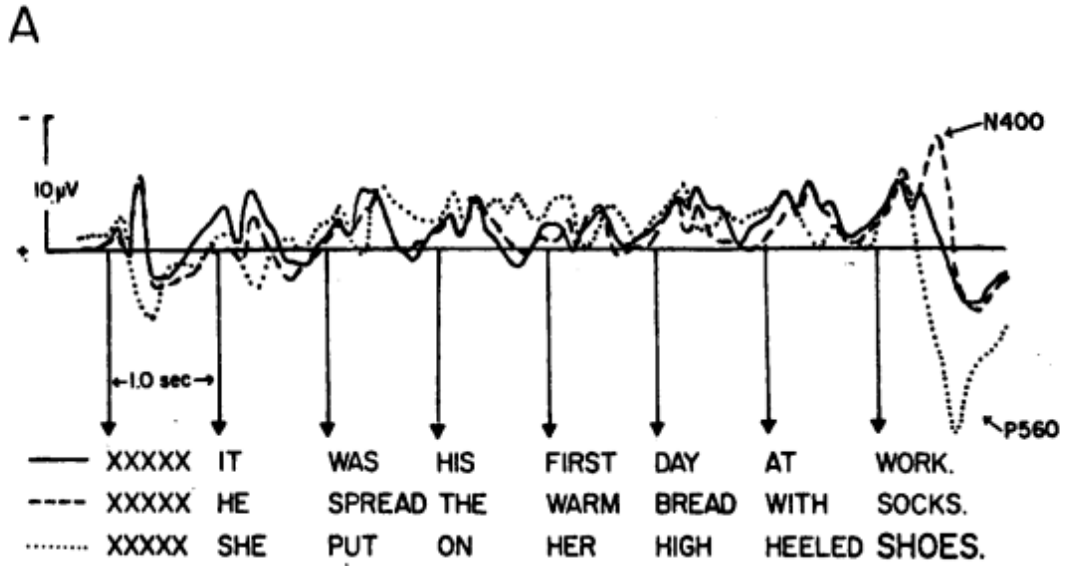
1. İşitsel uyarılardan biri sık diğeri ender sunulmalı
2. Görsel uyarı (renk, şekil, kelime, resim) 50 ile 150 ms bir süre boyunca görünür olmalı
3. Araştırma sırasında katılımcının gözleri açık olmalı
4. Araştırmacı dikkatini uyarana yönlendirmeli
5. Yanıt uyarıdan 300 ile 400 ms arasında tepe değerine ulaşmalıdır (Duncan, ve diğerleri, 2009).

2.3.4.3. Dil çalışmalarında N400 yanıtı

Kutas ve Hillyard tarafından (1980) ilk kez raporlanan N400 potansiyeli konuşulan dilde fark edilen anlamsal uyumsuzluğa maruz kalan katılımcılarda meydana gelen, negatif polariteye sahip işitsel uyarılmış kortikal potansiyeldir. N400 yanıtı uyarı

verildikten yaklaşık 400 ms sonra tepe değerine ulaşır (Duncan, ve diğerleri, 2009). Dil ile ilişkili bir bilişsel görevde ortaya çıkan N400 yanıtının centro-parietal alanda bulunan elektrottan, temporo-parietal ve anterior-temporal alanlarda bulunan elektrotlara kıyasla daha büyük bir değerde kaydedildiği görülmüştür (Kutas & Hillyard, 1982). N400 potansiyeli bulunduktan sonra dil süreçlerinin araştırıldığı, olaya ilişkin potansiyelerde farklı bilişsel aktivasyonların belirli dil süreçleriyle ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Luk ve ark., 2011).

Kutas ve Hillyard (1980) yapmış oldukları çalışmada, bir cümlede sonunda verilen ve cümlede olmayan bir kelimeye maruz kalındığında, kişilerin beyininde nasıl bir tepkinin meydana geleceğini ölçmek için bir araştırma deseni oluşturmuştur. Deneyde dinletilen bir cümle eğer tahmin edilebilir bir kelime ile devam ederse 200 ile 600 ms devam eden pozitif polariteye sahip bir yanıt oluşur (Duncan ve ark., 2009). Ancak beklenmeyen ve anlamsal olarak cümleye uyum sağlamayan kelimeyi duyduktan sonra pozitif değil negatif polariteye sahip bir potansiyel oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil. 13) (Kutas & Hillyard, 1980).

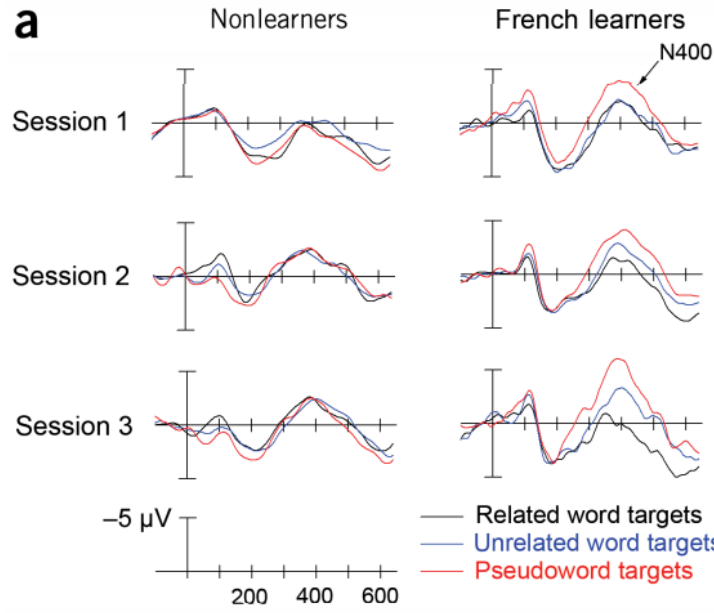


—————	Onun işteki ilk günüydü.
-----	O sıcak ekmeğe çorapları sürdürdü.
.....	O yüksek topuklu ayakkabılarını giydi.

Şekil 13: Üç örnek cümle için kelime sunumlarının zamanlaması ve tipik OİP dalga formları
(Kutas & Hillyard, 1980, s. 203)

Genel geçer bir söylem, yabancı dil öğrenen bireylerin anadil kazanımlarına oranla ikinci dili öğrenirken daha yavaş öğrendikleri ve daha fazla zorlandıklarını varsayar. Bunun geçerliliğini test etmek isteyen McLaughlin ve arkadaşları (2004) yapmış oldukları çalışmada yabancı dil öğrenen bireylerin sözcüklerin formlarına ve anlamlarına beyin aktivasyonları üretmeden önce, ne kadar süre L2'ye maruz kalmaları gerektiğine dair bir araştırma yürütmüştür. Bu doğrultuda bir grup üniversite öğrencisine yaklaşık bir senelik Fransızca eğitimi verilmiş ve üç farklı sürede dil eğitimine maruz kalan üniversite öğrencilerinin hem OİP kayıtları hem de davranışsal test sonuçları karşılaştırılmıştır.

Farklı saatlerde dil eğitimi alan gruplar (grup 1: 5-28 saat, grup 2: 59-67 saat, grup 3: 126-150 saat) arasında sahte kelimelere (pseudoword) en yüksek N400 potansiyeli gösteren grup en uzun süre eğitim alan grup olsa da katılımcıların daha ilk haftalarda bir dildeki ses ve hece kombinasyonlarına dair bilişsel eşleşme kalıpları oluşturdukları görülmüş. (Şekil. 14) Bunun sonucunda yabancı dil öğrenen bireylerin öncelikle kelime formları ve ardından kelime anlamlarına ilişkin örtülü bilgileri daha ilk haftalarda hızlıca geliştirdikleri görülmüştür. Buna ek olarak davranışsal değerlendirmelerin bu gelişmeyi göz ardı ettiği ancak olaya ilişkin potansiyellerin ise bu hızlı örtülü öğrenmeyi ve devam eden değişimi daha doğru bir şekilde yansıttığı sonucuna varmışlardır (McLaughlin, Osterhout, & Kim, 2004).



Şekil 14: Hedef uyarana verilen olaya ilişkin potansiyeller (McLaughlin ve ark., 2004, s. 703)

Sıklıkla dilbilimsel uyumsuzluğun saptanmasıyla ilişkilendirilen N400 yanıtının dil ile ilişkili olmayan resim-ses uyarılarındaki uyumsuzluklara verilen beyin yanıtlarında da saptanabileceğini göstermek amacıyla yapılmış bir çalışmada 10 sağlıklı yetişkin katılımcı iki farklı göreve tabi tutulmuş. Katılımcılar ilk görevde dile ilişkin olmayan çevresel ses ile birleştirilmiş uyumsuz bir görsel uyarana maruz bırakılırken, ikinci dile ilişkin görevde ise katılımcı işitsel uyarın olan kelime ile uyumsuz bir görsel uyarana maruz bırakılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında dile ilişkin uyumsuzluklarda N400 yanıtı Wernicke alanında (left superior temporal gyrus) üretilirken, dile ilişkili olmayan uyumsuzlukta bu yanıtın sağ temporal alanda (right middle ve superior temporal gyri) üretildiği gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda N400 yanıtının hem dile ilişkin hem de dil ile ilişkili olmayan uyumsuzlukların saptanmasında kullanılabilecek bir yanıt olabileceğini söyleyebiliriz (Gallagher ve ark., 2014).

2.3.4.4. Dil çalışmalarında P600 yanıtı

Dil süreçlerinin araştırılmasında sıklıkla kullanılan bir olaya ilişkin potansiyel olan P600 yanıtı konuşulan dilde fark edilen dilbilimsel uyumsuzluğa duyarlı olan pozitif polariteye sahip bir yanıt (Katz, 2015 s. 348) olarak ilk kez Osterhout ve Holcomb (1992) tarafından tanımlanmıştır. Dilin anlamsal entegrasyonu ile ilişkilendirilen N400 yanıtından farklı olarak, P600 yanıtı dilin söz dizimsel entegrasyonundan sorumlu bir

olaya ilişkin potansiyeldir (Brouwer & Hoeks, 2013). 400 ile 900 ms'lik bir zaman aralığında oluşan bu yanıt 600 ms civarında maksimum genlik değerine ulaşır (Luk ve ark., 2020). Söz dizimsel (syntactic) P600 yanıtlarının üretim alanları left inferior frontal gyrus'ta bulunan 44. 45. ve 47. Brodmann alanları olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Brouwer & Hoeks, 2013).

Görevle ilişkili olan P600 yanıtının oluşması için katılımcının birkaç biçim-söz dizimsel ihlale (morpho-syntactic violation) maruz kalması gerekmektedir. Buna ek olarak dildeki öbek yapılar (phrase-structure) ve alt bölümlenmeler (subcategorization) oluşturulan ihlallerde P600 yanıtının oluşumunda rol alabilir (Luk ve ark.,2020). Osterhout ve Holcomb (1992) yapmış oldukları deneyde araştırmaya katılan bireylere gramatik olarak doğru oluşturulmuş bir cümle ile alt bölümlenmesinde hata bulunan bir cümleye verilen tepkileri karşılaştırmışlar. Alt bölümlenmesinde hata bulunan katılımcıların pozitif bir potansiyel oluşturduklarını görmüş ve bu biçim-söz dizimsel ihlale verilen yanıtı P600 olarak tanımlamışlardır.

İlk yapılan çalışmalar P600'ün söz dizimsel işlevini öne çıkarsada, bazı çalışmalar P600 yanıtının farklı işlevlerle ilişkilendirilebileceğini göstermiştir. Bunu kanıtlamak için yapılan bir deneyde P600'in söz dizimsel işlevine ek olarak, yürütücü (executive) ve anlamsal/bütünleştirici (semantic/integrational) fonksiyonuda araştırılmış. Çalışmada beklenildiği gibi yürütücü işlevlerin düzenlendiği anterior singulat korteksteki P600 etkisi anlamlı bulunurken, Anlamsal geri çağırma fonksiyonun işlendiği right anterior prefrontal cortex'teki P600 etkisi marjinal anlamda anlamlı kaydedilmiştir. Bu bulgudan çıkarabileceğimiz sonuç ise P600 potansiyelinin yalnızca söz dizimsel süreçlerden sorumlu bir yanıt olmadığı aynı zamanda dünya bilgisinin uzun süreli bellekten geri çağırılmasını sağlayan anlamsal yeniden yorumlama mekanizmalarında da etkili bir potansiyel olduğudur (Shen ve ark., 2016).

2.3.5. Artefaktlar

EEG çekimi sırasında, kaydedilmek istenen sinyallerin dışında kalan ve serebral kaynaklı olmayan sinyallere artefakt adı verilir. Kaydedilen artefaktların nedeni; fizyolojik ve fizyolojik olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Fizyolojik artefaktlara neden olan durumlara örnek olarak; kas hareketleri, göz kırma ve dil hareketleri gibi istenmeyen potansiyellerin oluşumuna neden olan eylemler verilebilir. Fizyolojik olmayan artefaktlar

ise daha çok çevresel etkenlerdir; örnek olarak kayıt cihazlarındaki problemlerden kaynaklanan, çevredeki gürültüler verilebilir (Gülbay, 2013).

2.3.6. Oddball Paradigması

Squires ve arkadaşları (1975) tarafından ilk kez bir OİP deneyinde kullanılan Oddball paradigması katılımcıların, tekrarlayan özdeş uyarıların arasına yerleştirilmiş farklı uyarılara nasıl tepki vereceklerini ölçmek için tasarlanmış bir deneysel bir yöntemdir. İlk çalışmada geç ortaya çıkan pozitif uyarılmış yanıt olan P300'ü elde etmek için kullanılsa da daha sonrasında deney alanı genişleyerek hem görsel hem de işitsel uyarılar için kullanılmaya devam edilmiştir.

2.4. MMN

2.4.1. MMN'nin tanımı

1978 yılında Näätänen ve arkadaşları tarafından ilk kez rapor edilen MMN potansiyeli özdeş uyaranda meydana gelen ses değişimine duyarlı olaya ilişkin işitsel uyarılmış kortikal potansiyeldir (Naatanen ve ark., 2004). Katılımcının dikkati gerekmeksizin ortaya çıkan MMN yanıtı pasif olarak kaydedilebilen bir yanıttır. MMN yanıtının kullanılma nedeni ise bir kişinin standart uyaranda meydana gelen değişimi algılayıp algılayamadığını belirlemektir. Özdeş uyarandaki ses değişimi, ses perdesinde, ses seviyesinde, fonetik içerikte meydana gelen değişiklikten ya da algısal özellik bakımından özdeş uyarandan daha fazla farklılaşmasıyla oluşabilir (Katz, 2015, s. 339). MMN potansiyeli pasif katılımı dahi ortaya çıktığından herhangi bir davranışsal görev gerekmeksizin kaydedilebilir (Naatanen ve ark., 2007).

Tablo 4: MMN için önerilen kayıt parametreleri (Katz, 2015, s. 342)

Katılımcı	Durum	Uyanık ve Tetikte
	Gözler	Kayıt sırasında açık
	Dikkat	Uyaran göz ardı edilmeli

Tablo 4: MMN için önerilen kayıt parametreleri (Katz, 2015, s. 342) (devamı)

Uyaran	Aykırı Uyaran	Aykırı uyaran için (min. 200 tarama) Oddball Paradigması uygula ve 0,05 ila 0,20 sapma olasılığı
	İnteronset aralığı	100–1,000 ms
	Uyaran Süresi	50–300 ms
	Yoğunluk	60–80 dB peSPL
Kayıtlar	Kanallar	Minimum dört kanal [Fz, Cz, mastoid, and vertical EOG] ya da elektrot başlığı
	Referans elektrot	Elektriksel olarak nötr (burun ucu veya ortalama referans)
	Göz artefaktı	Göz kırpma artefaktı için dikey EOG, ayrıca mümkünse yatay EOG kaydedin
	Filtreler	0.1–100 Hz (online), 1–30 Hz (offline)
	Amplifier gain	10.000- 30.000
	Zaman penceresi	-50 ila en az 400 ms, uyaranlara bağlı olarak
Yanıt algılama	Dalga boyu çıkarma	(Aykırı uyaran için dalga biçimi) – (standart uyaran için dalga biçimi uyaran)
	Görsel algılama	Kayıtlar iyi bir şekilde tekrarlanır
	İstatistiksel algılama	Kafa derisi topografisi MMN için uygun olmalıdır Tepki, uyarı öncesi taban çizgisinden iki ila üç kat daha büyük olmalıdır. Görsel algılama yerine istatistiksel algılama tercih edilir.
Ölçümler	Birçok seçenek (Duncan ve diğerleri, 2009; Picton ve diğerleri, 2000)	N1 gecikme süresi ve taban çizgisinden tepeye genlik, entegre MMN, MMN altındaki alan, MMN süresi, MMN tepe noktası gecikmesi ve genliği
		Grup verileri için, MMN'nin değerini oluşturmak için büyük bir ortalama MMN dalga biçimi kullanılmalıdır.

1970'li yıllarda ilk kez kullanıldığından beri deneysel çalışmalarda kullanımı genişleyen MMN yanıtı ile duyuşsal bellek (sensory memory), dikkat değişiminin ilk nörofizyolojik aşamaları ve katılımcıların standart uyarandaki farklılığı ayrıştırma becerilerinin hangi düzeyde gerçekleştiğini araştırmak mümkün. Bunların yanı sıra, MMN potansiyeli üzerinden beyin plastisitesinin dil süreçlerini nasıl etkilediğini de inceleyebiliriz (Kujala ve ark., 2007).

2.4.2. MMN potansiyelinin kaynağı

Näätänen tarafından ilk kez raporlandıktan sonra MMN yanıtının üretim alanlarının ne olduğuna dair birçok çalışma yürütölmüştür. Kafa derisinden alınan ölçümlerde MMN yanıtının en büyük genlikte kaydedildiği alan fronto-central alanlar olarak belirlenmiştir (Naatanen ve ark., 2007). En büyük genlikte yanıt kaydedilen alanlar fronto-central alanlar olsa da MMN yanıtının üretiminden sorumlu en az iki alan olduğu bilinmektedir. Bunlar;

1. MMN yanıtının temporal alt komponentinin üretiminde rol oynayan supratemporal alanlardır. Algı öncesi değişimin tespiti ile ilişkilendirilmektedir.
2. MMN yanıtının frontal alt komponentinin üretiminden sorumlu olan ve baskın bir şekilde sağ hemisferde üretilen fronto-central alanlardır. İstemsiz dikkat değişimine neden olan bir süreçle ilişkili olduğu düşünölmektedir. (Näätänen ve ark., 1978).

Gomes ve arkadaşları (1995) tarafından yapılan araştırmada, orta sırada bulunan elektrotların (Fz, Cz, Pz, ve Oz) içinde, MMN potansiyelinin en yüksek genlikte kaydedildiği elektrotun Fz elektrotu olduğu görölmüştür. EAD (eşdeğer akım dipölü) yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmada MMN potansiyelinin üreticileri modellenmiş ve MMN yanıtının fronto-central alanda daha büyük kaydedilmesinin nedeni, bu yanıtın supratemporal bölgelerde iki taraflı (bilateral) üretilen bir aktivitenin toplamı olması ile ilişkilendirildiğindedir (akt. Näätänen ve ark. , 2007).

MMN yanıtının uyarının özelliklerine bağlı olarak üretim alanlarının değişip değişmediğine dair yapılan fMRI çalışmalarında, ses uyarısında ki akustik değişimlerin

(tone sıklığı ve ton süresi), anatomik olarak beynin farklı işitsel korteks alanlarını aktive ettiği görülmüştür. Bu durum aynı zamanda MMN üreticilerinin uyaran özelliğine bağlı bir potansiyel olduğu savını da desteklemektedir (Molholm ve ark., 2005). Buna ek olarak dil ile ilişkili uyaranlarda MMN'nin üretim alanları genellikle sol hemisferde baskın bir şekilde kaydedilmektedir (Näätänen ve ark.,1997).

2.4.3. MMN potansiyelinin indeksleri

EEG yöntemiyle yapılan çalışmalar, MMN potansiyelinin bazı indexleri olduğunu göstermektedir. Bu indekslerden ilki, MMN yanıtının hem konuşma hem de konuşma dışı seslerin, işitsel duyuşal belleğin (auditory sensory memory) nörofizyolojik altyapısında, sinirsel bir karşılığı olduğudur. İkinci indeks ise, MMN verilerinin fonemlerin ve muhtemelen daha büyük dil birimlerinin (hece ve kelime) algılanmasında, sol hemisferde bulunan işitsel korteksin arka kısmında gelişen dile özgü fonetik izlerin varlığıyla ilişkili olduğudur. Son olarak MMN verileri, yaşamın ileri ki yıllarında öğrenilen yabancı dile ilişkin gelişen yollaklarda, insan beyninin konuşma dilindeki her ses birimine ve kümelerine özgü akustik değişmezlikleri kodlayabilen bir yapının gelişimiyle ilişkilendirilmektedir. Buna ek olarak bu yapı farklı konuşmacılar ve kelime bağlamından bağımsız bir şekilde doğru konuşma algısını da açıklamaktadır (Näätänen, 2001). Bu bağlamda MMN potansiyeli ile ilişkilendirilen göstergeler şunlardır;

1. Merkezi Ses Temsili (Central Sound Representation, CSR) İndeksi
2. Ses Ayrımı Doğruluğu İndeksi (Sound-Discrimination Accuracy)
3. Teknik Ses Ayrımı İndeksi (Tech-Sound Discrimination)

2.4.3.1. Merkezi ses temsili (central sound representation, CSR) indeksi

Herhangi bir dikkat görevi gerekmeksizin kaydedilebilen MMN potansiyeli, algı öncesinde var olduğu bilinen Merkezi Ses Temsilinin doğruluğunun fizyolojik bir kanıtıdır (Naatanen & Alho, 1997). Merkezi Ses temsili, ses algısının ve duyuşal hafızanın birbirine sıkıca bağlanmasını temsil eder. Birbirine bağlı bir dizi bellek izi olarak tanımlanan merkezi ses temsili uyaranın sunumundan 200 ms sonra hazır olur (Näätänen , 2001). 200 ms'lik zaman aralığı sinirsel iletim süreçlerinin ve bunların sonuçlarının hem zamansal hemde özellik entegrasyonunun sağlanması için önemlidir.

Bu entegrasyon bütüncül bir ses algısının oluşması için gereklidir. Bu şekilde, ses algısının ve duyuşsal belleğin bilgi aktarımında bulunduğunu gösteren Merkezi Ses Temsili, merkezi sinir iletim süreçlerinin çıktılarının duyuşsal belleğin nörofizyolojik alt katmanına entegre edildiğı ve haritalandırıldığı süreçte karşımıza çıkar (akt. Näätänen, 2001). Son olarak Merkezi Ses Temsili, ses uyarılarının nöroanatmik düzeyde birleştirildikten sonra oluşan etki sonrası bir eylem olarak görülmemelidir (Näätänen, 2001).

2.4.3.2. Ses ayrımı doğruluğı indeksi (sound-discrimination accuracy)

Yapılan çalışmalarda özdeş uyarandaki ses değışikliklerinin büyüklüğü azaltıldığında, MMN aktivitesinin genliğinde de küçülme gerçekleşip zamanla eşik altında kaybolduğı görülmüştür. Bu nedenle, katılımcıların ayırt etmelerindeki doğruluğı saptamak içinde objektif bir indeks sağılar (Näätänen, 2008). Ancak nihayetinde, bireysel ayrımın doğruluğı, ilgili işitsel boyuttaki Merkezi Ses Temsilinin bilgi kapasitesi yada keskinliğıyle de belli düzeyde bağlantılıdır (Näätänen, 2001).

Näätänen yaptığı bir çalışmada, spektotemporal uyarın modeli kullandığı deneyde iki grup oluşturmuştur. Araştırmada özdeş uyarandaki farklı uyarını araştırmanın sonunda fark ettiklerini söyleyen (davranışsal ayrım) deneklerde, MMN potansiyeli kaydedilirken, uyarıların sunumu sırasında farklı bir ses duymadıklarını söyleyen deneklerde (davranışsal ayrım) MMN potansiyeli gözlemlenmemiştir. Daha sonra yapılan çalışmada, katılımcılar görev hakkında bilgilendiriliyorlar ve ilk başta iyi performans gösteren katılımcıların MMN değıerleri tepe noktasına ulaşmış ve kötü performans sergileyen kişilerde de görevi öğrendikten sonra MMN yanıtı kaydedilmiştir (Naatanen ve ark., 1993). Bu durum MMN yanıtının bilişsel dikkat süreçleriyle değışebileceğini desteklemektedir.

2.4.3.3. Teknik ses ayrımı indeksi (tech-sound discrimination)

MMN aynı zamanda fonemler, sesli ve sessiz harfler ile heceler gibi dile ilişkin uyarıların ayrımında da kullanılabilir bir endekstir. Deneyde farklı uyarın standart uyarıdan ne kadar rahat ayırt edilebiliyorsa ve katılımcının ayırt etme becerisi ne kadar

gelişmiş ise o kadar büyük negatif genlikte MMN aktivasyonu kaydedilir (Näätänen, 2001).

Karus ve arkadaşları (1996) yapmış oldukları çalışmada, çocukların “ba”, “ga”, “da” ve “wa” hecelerini ayırt edip etmediklerini araştırmışlardır. Rahat bir şekilde heceleri ayırt edebilen çocuklar aynı zamanda yüksek genlikte MMN potansiyeli üretirken, ayırt etmede zorluk yaşayan ve davranışsal testlerde farklılık algılamadıklarını söyleyen çocuklarda ise MMN potansiyeli kaydedilmemiştir. Bu doğrultuda ayırım konusunda sıkıntı yaşayan çocukların öğrenme problemine sahip olduğu görülmüş ayrıca çocukların konuşma sırasında üretilen hızlı akustik değişimleri ayırt etmede zorluk yaşadıkları belirtilmiştir.

MMN potansiyelinin konuşma seslerini ayırt etmede objektif bir ölçüm kriteri olmasının yanında, konuşma algısının merkezi beyin unsurlarıyla ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan son MMN çalışmaları, konuşmanın anlaşılmasında bir ön koşul kabul edilen doğru konuşma algısının, hecelerin ve kelimelerin kombinasyonundan oluşan dil yapısının bir dizi fonem izlerine dayalı olduğunu göstermiştir (akt. Näätänen , 2001)

2.4.4. MMN potansiyelinin dil çalışmalarında kullanım alanları

MMN yanıtı özdeş uyaran dizindeki farklı uyarana verilen bir beyin potansiyeli olsa da birçok dil çalışmasında farklı açıdan ele alınmıştır. MMN yanıtının yaşamın ileriki yıllarında öğrenilen yabancı dil için gelişen nöronal izlerle ilişkili olabileceğini söylenmektedir. Buna ek olarak, doğumdan itibaren maruz kalınan dışsal işitsel çevrenin oluşturmuş olduğu fonem izlerinin beyin yapısında değişimler ortaya çıkarttığı da düşünülmektedir. Bu saf fonem izlerinin varlığını araştırmanın en iyi yolu ise, bireylerin anadillerindeki ve öğrenmiş oldukları yabancı dildeki fonemlere ve ses kümelerine verecekleri MMN yanıtlarının karşılaştırılmasıyla mümkündür. Ayrıca bu izler konuşmanın doğru algısına da yardım etmektedir (Naatanen, 2001).

Şimdiye dek yapılan çalışmalarda,

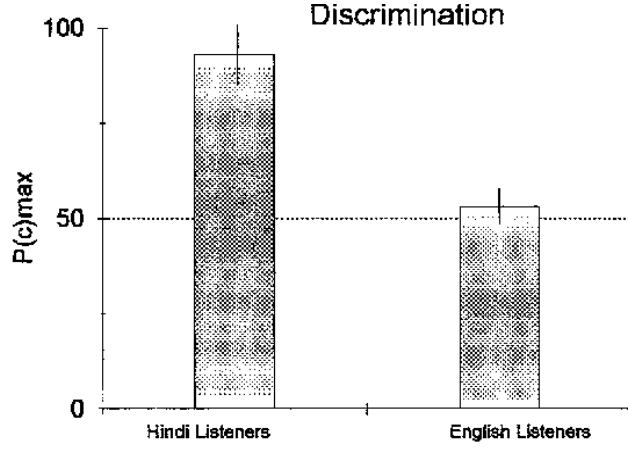
1. Dile özgü bellek izleri için,
2. Anadildeki hece ve kelime izleri,
3. Dildeki hemisfer baskınlığı,

4. Dilbilgisi işleme,
5. Fonotaktik olasılıkları,
6. Ses ayırıştırma, özdeşleştirme ve benzerliği gibi olguların araştırılmasında bir indeks olarak kabul edilmiştir (Naatanen ve ark., 2007).

2.4.4.1. Dile özgü bellek izleri indeksi

Konuşma algısının anadildeki ses kategorilerinden oldukça fazla etkilendiği bilinmektedir (Dehaene-Lambertz ve ark., 2000). Bu nedenle anadil gelişimi sürecinde değişen beyin yanıtlarının daha sonraki dil öğrenme süreçlerini etkileyebileceğini söyleyebiliriz. Pasif Oddball paradigmasında, konuşma sesindeki akustik değişimlere MMN yanıtı üretildiği birçok çalışmada da gösterilmiştir. Bu nedenle konuşma sesinin kullanıldığı çalışmalar, MMN yanıtının kalıcı konuşma-ses belleğindeki izler için bir indeks oluşturabileceğini göstermiştir. Konuşma seslerindeki değişime verilen MMN yanıtının en büyük kaydedildiği left posterior işitsel korteks, **dile özgü bellek izlerinin** (language specific memory traces) yeri olabileceğini düşündürmüştür (Naatanen ve ark., 2007).

Sharma ve Dorman (2000) anadilde var olan ve olmayan fonetik kategorilerin algılanmasının nörofizyolojik bağlantılarını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada /ba/ ve /pa/ fonetik kategorilerine verilen N1 ve MMN yanıtlarının nasıl değiştiğini kaydetmişlerdir. Bu iki ses kategorisi Hintçede iki farklı fonetik kümede kabul edilmektedir. Çalışmada katılımcılar arasında N1 yanıtlarında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Ancak Hintli katılımcıların davranışsal testlerinde sesler arasındaki farklılığı sözel olarak belirtip, bu katılımcılardan daha kuvvetli MMN yanıtı kaydedilirken, anadili İngilizce olan katılımcıların çok azı davranışsal testlerde fark olduğunu belirtmiş ve bu katılımcılarda görece küçük kuvvetli MMN yanıtı kaydedilmiştir. Hintli katılımcıların uyararı ayırt etmede İngiliz katılımcılara kıyasla daha iyi olduğu şekilde belirtilmiştir (Şekil 15). Bu sonuçlar N1 ve MMN yanıtlarının nörofizyolojik düzeyde dilsel deneyimlerden farklı ölçüde etkilendiğini göstermiştir.



Şekil 15: Katılımcıların ses çiftlerini ayırt etme değerleri (Sharma & Dorman, 2000, s. 2700)

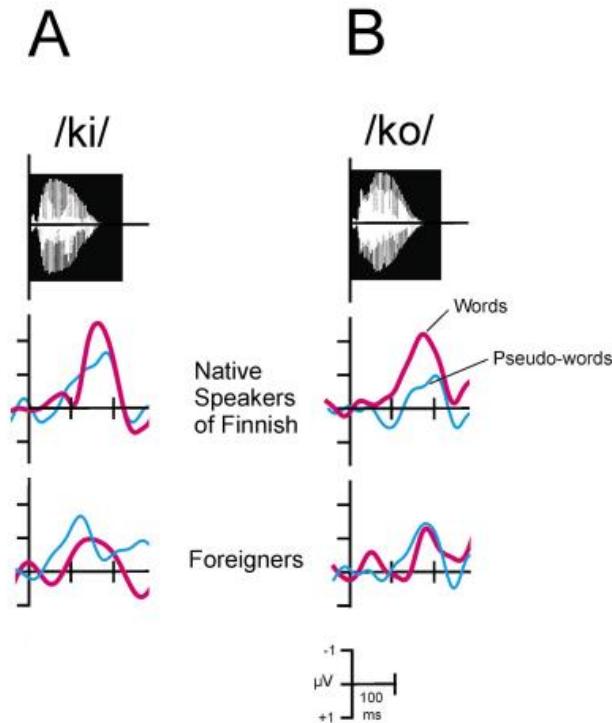
Dile özgü bellek izlerinin araştırıldığı bir diğer çalışmada yine bir anadilde var olan ses kategori kalıplarının, bireylerin daha sonraki yabancı dil algılama düzeylerini etkilediğini söyleyebiliriz. Dehaene-Lambertz ve arkadaşları (2000) tarafından yapılan ve Fransız ile Japon katılımcılarla gerçekleştirilen kültürler arası çalışmada, nazal olmayan iki fonem seçilmiş (b, z). Japoncada nazal olmayan bu iki ses yan yana gelemez bu yüzden Japon katılımcılar “ebzo” kelimesini duyduklarında araya epentetik “u” ünlüsünü getirerek telaffuz ederler ve bu şekilde algıladıklarını belirtirler. Araştırmada (ebuzo-ebuzo-ebzo-ebuzo) uyarılar bu şekilde sunulur ve katılımcılara epentetik “u” ünlüsünün olmadığı bir kelime duyup duymadıkları sorulur. Davranışsal sonuçlar Japon katılımcıların Fransız katılımcıların aksine ayırım yapamadıklarını doğrulamıştır. Fransız katılımcıların nörofizyolojik ölçümlerinde de MMN yanıtı belirgin bir şekilde kaydedilirken, Japon katılımcılarda bu yanıt ya yoktu ya da çok zayıf bir genlikte üretilmişti. Bu sonuç anadildeki fonotaktik yapının konuşma işlemede erken gerçekleştiği ve konuşma sesi uyarılarının doğrudan anadilde var olan fonotaktiğe göre ayrıştırıldığını varsayan konuşma algılama modellerini de desteklemektedir.

Ağırlıklı olarak sol yarımkürede MMN yanıtı üretilen fonetik değişiklikten farklı olarak, akustik değişimlerin, işitsel kortekste bilateral olarak MMN alt bileşeni ortaya çıkardığı bilinmektedir. Fonetik ve akustik formlardaki değişimlerde meydana gelen bu nörofizyolojik kalıcı izlerin, konuşma sesleri tarafından etkinleştirildiği ve kişinin bu seslerdeki değişimi doğru bir şekilde algılamasını sağlayan tanıma kalıpları oluşturduğu

düşünülmektedir. Buna ek olarak, bu izlerin telaffuz için referans bilgi sağladığı da öne sürülmektedir (Naatanen ve ark., 2007).

2.4.4.2. Anadildeki hece ve kelime izleri indeksi

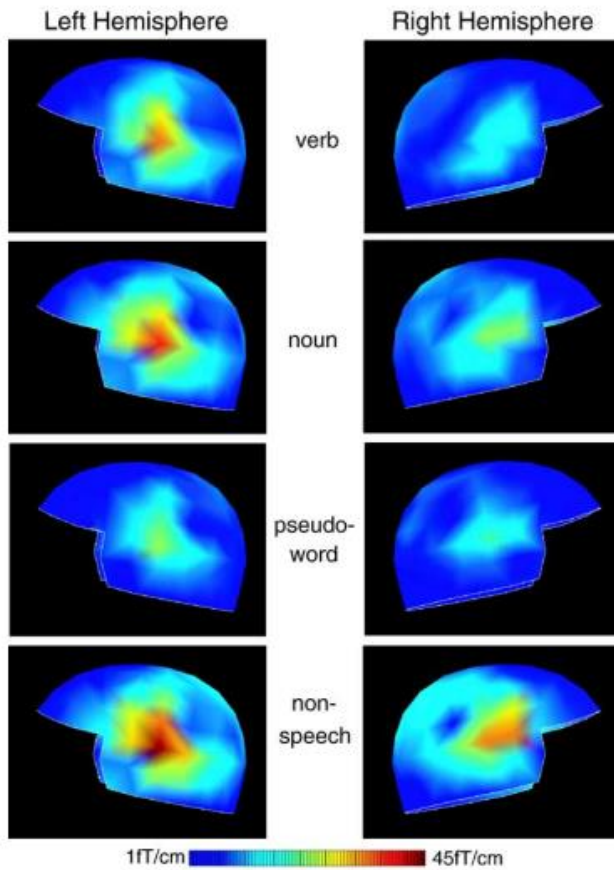
MMN yanıtının anadildeki kelimelere ait hafıza izlerine kanıt olabilecek çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalardan biri Pulvermüller ve arkadaşları (2001) tarafından yürütülmüştür. Yapılan çalışma anadili Fince olan katılımcılar ile Fince bilmeyen yabancı deneklere sessiz bir film izlerken uyarıları görmezden gelmeleri görevi verilmiştir. Çalışmadaki uyarılar Fincede yer alan kelimeler ile sözde kelimelerden oluşturulmuştu. Finli katılımcılar deneyde anadillerinde yer alan kelimenin sonunda göstermiş oldukları MMN yanıtı, dilde yer almayan sözde kelimelerin sonunda üretilen MMN yanıtından daha büyüktü. Ancak bu sonucun benzeriyle Fince bilmeyen yabancılarla gözlemlenmemiştir (Şekil. 16). Bu sonuçlar insan beyninde konuşulan anadildeki her kelime için hafıza izlerinin varlığının ilk göstergesiydi.



Şekil 16: Kelimeler için bellek izleri (Pulvermüller ve ark., 2001, s. 609)

2.4.4.3. Dil baskınlığı indeksi

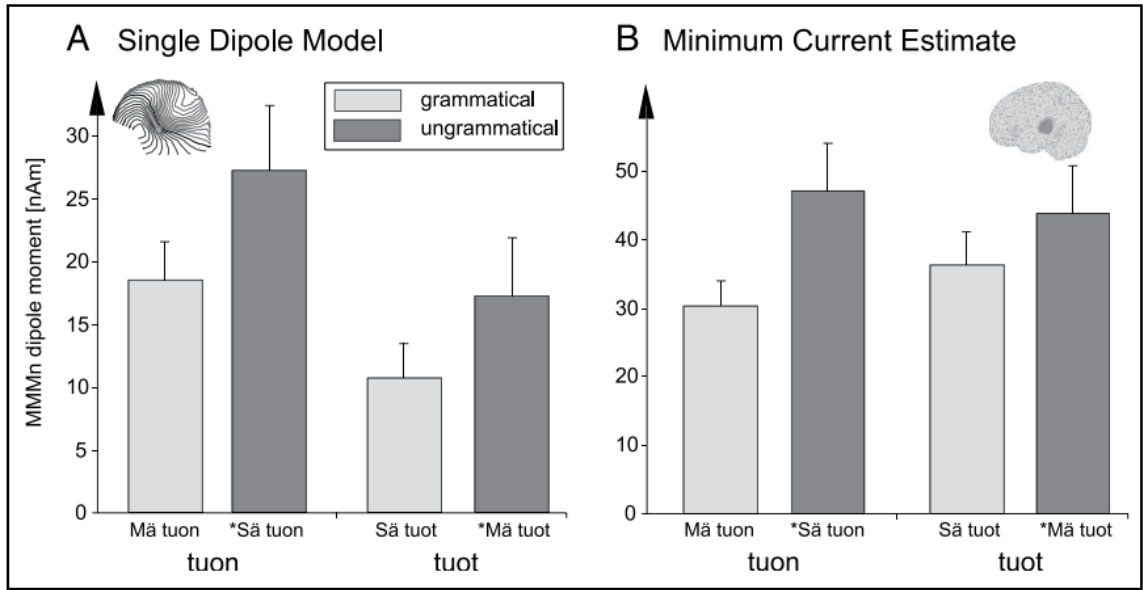
MMN çalışmaları aynı zamanda dil fonksiyonlarının sol hemisfer baskınlığı üzerinde de durmuştur (Naatanen ve ark., 2007). Dil süreçlerindeki hemisfer baskınlığı iki segmentte incelenir. İlk segmente karmaşık ve hızlı üretilen konuşma seslerinin sol hemisferde işlenmesi, ikincisi ise kelime türleri için var olan modüllerin bir yarım kürede gelişme yatkınlığıdır. Bu iki hemisfer yatkınlığını araştırmak için, anadili Fince olan katılımcılara, fiil, isim, uydurma kelime ve konuşma dışı içerikler dinletilmiştir. MMN yanıtlarının MEG ile kayıt altına alındığı araştırmada, katılımcılardan anadilde var olan isim ve fiillere sağ hemisfere kıyasla, sol hemisferde daha büyük MMN yanıtı kaydedilirken, uydurma kelimelere ve konuşma dışı içeriklere verilen MMN yanıtlarında iki hemisferde anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir (Shtyrov ve ark., 2005). (Şekil. 17) Bu sonuç aynı zamanda MMN yanıtının üretildiği düşünülen sol işitme korteksi savını da desteklemektedir.



Şekil 17: Dil süreçlerinde sol hemisfer baskınlığı (Shtyrov ve ark., 2005, s. 41)

2.4.4.4. Dilbilgisi işleme indeksi

MMN yanıtının oluşum mekanizmaları ile ilişkilendirilebilecek bir diğer durum beyinde dilbilgisinin işlenmesidir. Yapılan çalışmalarda, dilbilgisinin otomatik işlenmesine kanıt sayılabilecek bazı sonuçlar elde edilmiştir (Naatanen ve ark., 2007). Dilbilgisinin serebral kortekste nasıl işlendiğini araştırmak için MEG yöntemi kullanılmış. Çalışmada sesli uyarana dikkat kesilmeden sessiz bir video izleyen katılımcılar dilbilgisi açısından doğru ve yanlış cümleleri dinlemişlerdir. Alınan bazı kayıtlarda söz dizimsel (syntactically) olarak yanlış olan cümlelere, doğru olanlara kıyasla daha büyük MMNm (MMN yanıtının MEG yöntemindeki muadili) yanıtı üretildiği görülmüştür. (Şekil 18) Tek-dipol modelleri ve Minimum-Norm akım tahminleri yöntemleriyle yapılan analizlerde, dilbilgisi ile ilişkili uyarılara bağlı olarak aktive olan left superior temporal korteksin otomatik dilbilgisi işlemede önemli bir rolü olabileceğini göstermiştir. (Shtyrov ve ark., 2003).



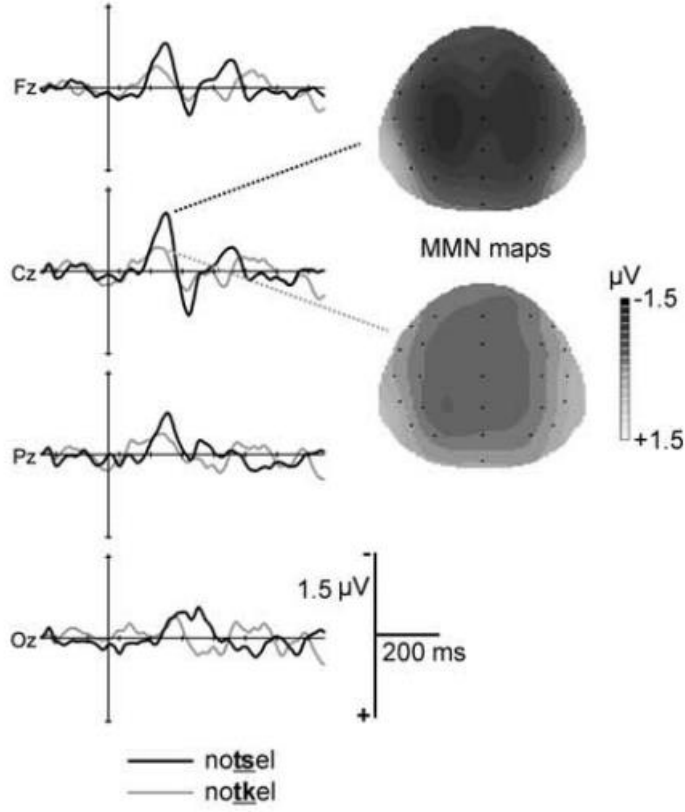
Şekil 18: MMNm dipol momentinin grand-average ve standart hata ortalaması (Shtyrov ve ark., 2003, s. 1199)

2.4.4.5. Fonotaktik olasılık indeksi

Doğumdan itibaren içinde bulunduğumuz işitsel uyaranlardan oluşan dış çevrenin, konuşmanın işlenmesinde etkilediği yapılan birçok davranışsal çalışmayla kanıtlanmıştır (Bonte ve ark., 2005, s. 2765). Fonotaktik bir dilde var olan harflerle ya da hece kümeleriyle üretilebilecek ses kümelerinin dizilimini ifade eder (Bailey & Hahn, 2001, s. 570), fonotaktik olasılık, bireysel seslerin ve ses kümelerinin oluşma sıklığını ifade eder (Vitevitch ve ark., 2004, s. 514).

Fonotaktik olasılığın nöral süreçlerle nasıl işlendiğini araştırmak için yapılan çalışma fonotaktik olasılığı yüksek (notsel) ve düşük (notkel) olan uydurma kelimeler 14 üniversite öğrencisine dinletilmiştir. Öğrenciler yüksek fonotaktik olasılığa sahip kelimeyi (notsel) duyduklarında oluşan MMN, düşük fonotaktik olasılığa sahip kelimeye (notkel) kıyasla oluşan yanıtta, daha büyük negatif genlikte kaydedilmiştir. (Şekil. 19) Bu MMN sonuçları, gelişim sırasında belirli ses kümelerine (yüksek fonotaktik olasılık) sık sık maruz kalmanın, işitsel kortikal tepkilerin gelişmesine ve işitsel kortikal izlerin oluşumunu sağladığına dair düşünceleri desteklemektedir (Bonte ve ark., 2005).

C Notsel vs. Notkel difference waves



Şekil 19: Notsel ve notkel için uyumsuzluk negatifliğinin topografik haritaları (Bonte ve ark., 2005, s. 2769)

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Bu araştırma Üsküdar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'nun 31 Aralık 2020 tarihli onayı ile yapılmıştır (Ek 1). EEG çekimleri Üsküdar Üniversitesi Merkez Yerleşkesinde yer alan Kognitif Nörobilim Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. Araştırmanın EEG verileri 2 Haziran 2021- 27 Mayıs 2022 tarihleri arasında alındı.

3.2. Çalışmanın Örnekleme

Araştırmaya dâhil olan katılımcılar Korece bilen ve Topik seviyesi olan bireylerden oluşmuştur. Katılım gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmadan önce katılımcılara psikiyatrik hastalık öyküsü ve psikiyatrik ilaç kullanımı olup olmadığı sorulmuştur. Çalışmaya hastalık öyküsü olmayan ve ilaç kullanmayan katılımcılar dahil edilmiştir.

3.3. Örneklem Seçimi

Araştırma dâhil olma ve olmama ölçütleri aşağıda verilmiştir.

Dahil olma Kriteri

- 1) Korece biliyor olması
- 2) Katılımcının Topik seviyesine olması

Dışlanma Kriteri

- 1) Psikiyatrik hastalık öyküsü olması ve psikiyatrik ilaç kullanması

3.4. Araştırma Düzeni

Bu çalışmaya 18-30 yaş aralığında, Korece bilen ve Korece Dil Yeterlilik sınavı olan Topik belgesine sahip olan katılımcılar dâhil edilecektir. Araştırmada deneysel yöntem kullanılacaktır. Bu doğrultuda farklı seviyelerde Korece bilen katılımcılar arasında rastgele seçilecek bir deney grubu oluşturulacaktır. Araştırmaya katılan öğrencilerin dil yeterlilik düzeyleri TOPIK Sınavı (Korece Dil Yeterlilik Sınavı / 1. 2. 3. 4. 5. 6. Seviyeler) ile ölçülecektir. Araştırma sürecinin başında “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” (Ek 2) ile katılımcılar araştırma hakkında bilgilendirilmiştir. Daha sonrasında katılımcılara “Demografik Bilgi Formu” (Ek 3) doldurulmuştur. Formların bir kopyası katılımcıya da verilmiştir. Daha sonrasında katılımcılardan yaklaşık 10 dakika süren bir

EEG kaydı alınmıştır. Pasif katılımla alınan EEG kaydında katılımcılar rastgele sunulan uyarınları dinlerken oluşın beyin yanıtları elektrot başlığı ile kaydedilmiştir. Uyarınları sunumu OpenSesame programı ile gerçekleştirilmiştir.

3.5. Elektrofizyolojik Ölçüm

Olaya ilişkin potansiyel metodolojisinin kullanıldığı deneysel EEG çalışmasında, katılımcılar özdeş standart işitsel uyarın ile daha az sıklıkta verilen seyrek işitsel uyarınları dinlemiştir. Katılımcıların bu uyarınları arasında yanıt olarak vermiş oldukları MMN potansiyeli analiz edilmiştir. Pasif katılımla alınan EEG kaydında katılımcılar rastgele sunulan uyarınları dinlerken oluşın beyin yanıtları elektrot başlık ile kaydedilmiştir. Katılımcılar işitsel uyarınları dinlerken bilgisayar ekranında yer alan siyah ekranı bakmışlardır.

3.6. Teknik Özellikler

EEG kaydı alınırken BrainVision ActiCHamp 32 Kanal Sistemi kullanılmıştır. Kayıt için Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz, Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4, FC5, FC6, FC1, FC2, FT9, FT10, C3, C4, T7, T8, CP1, CP2, CP5, CP6, TP9, TP10, P3, P4, P7, P8, O1, O2 elektrotları, elektrot empedans değeri 5 k Ω altında tutularak kayıt alınmıştır. Filtreleme 0.01-100 Hz bant limitleri kullanılmıştır. Fpz (Ground) elektrotu referans elektrotu olarak kullanılmıştır.

3.7. EEG Kaydı

EEG çekimi öncesinde katılımcılar araştırma süreci ve yapılacak işlemler hakkında bilgilendirilmiş daha sonrasında katılımcılar tekniker tarafından EEG çekimi için hazırlanmıştır. Katılımcılar kayıt öncesinde kafa derilerine kimyasal bir madde uygulamaları konusunda bilgilendirildi. EEG kaydında Brain Vision Recorder 2.1 Achichamp standart 32 kanal sistemi kullanılmıştır. Elektrot başlığı kafaya yerleştirilirken, ground elektrotu burun hizasına gelecek şekilde hizalanmıştır. Elektrotlar ile kafa derisinde iletkenliği arttırmak için elektro jel (Compumedics Quik-Gel Electrolyte) kullanılmıştır. Elektrotların iletkenlik değeri gösteren empedans değeri her bir elektrot için kontrol edilmiştir. Katılımcılar uygulama süresince olabildiğince hareketsiz kalmaları konusunda uyarılmıştır. EEG kaydının yapıldığı laboratuvarın ışık ve ısı değeri ayarlanmıştır. Çevreden gelebilecek sesleri en aza indirmek için gerekli önlemler alınmıştır. Araştırmaya başladıktan sonra katılımcılar karşılarına çıkan karşılama sayfasında herhangi bir tuşa basarak çalışmaya başlamışlardır. Herhangi bir

davranışsal görev gerektirmeyen çalışmada katılımcılara 10 dakika boyunca ‘o’ ve ‘eo’ sesli uyarıları sunulmuştur. Katılımcıların her biri 2000 ms süren 300 uyarı dinlemiştir. Standart uyarı ‘o’ 268 defa, aykırı uyarı ‘eo’ 32 defa katılımcıya dinletilmiştir. Sunulan uyarıların hepsi tamamlandıktan sonra uygulama biter. Verilerin kayıt işleminin gerçekleştirildiği kontrol edildikten sonra elektrot başlığı çıkarılır ve araştırma bitmiş olur.

3.8. EEG Verilerinin Analizi

EEG analizi için Brain Vision Analyzer 2.1 programı kullanılmıştır. Analize dahil edilen elektrotlar; C3, C4, Cz, CP1, CP2, CP5, CP6, F3, F4, F7, F8, Fz, FC1, FC2, FC5, FC6, FT9, FT10, O1, O2, Oz, P3, P4, P7, P8, Pz, T7, T8, TP10 elektrotlarıdır. Göz hareketlerini kaydeden Fp1 ve Fp2 elektrotları analize dahil edilmemiştir. Kas aktivitelerinden kaynaklanan artefaktlar filtreleme işlemiyle çalışmadan çıkarılmıştır. “Ocular Correction ICA” yöntemiyle, göz hareketlerinden oluşan gürültülü veri tekrardan oluşturulmuştur. Kas artefaktlarından arındırılan veri “Segmentation” yöntemiyle, sık ve seyrek uyarıların sunumundan sonra -100 ila 1000 ms arasında oluşan yanıtlar her bir elektrot ve her farklı uyarı için bölümlere ayrılmıştır. “Baseline Correction” yöntemi ile her bir segment -100 ms ve 0 ms arası ortalama değeri baz alınarak yeniden hesaplanmıştır. Daha sonrasında sık ve seyrek uyarıya verilen yanıtlar ayrı ayrı ortalananmıştır. Sık uyarıya verilen yanıt seyrek uyarıya verilen yanıtta çıkarılarak fark dalgası bulunmuştur. OİP analizinin son aşamasında fark dalgasında, “Peak Detection” yöntemiyle belirli bir zaman aralığında, negatif ya da pozitif polariteye sahip, tepe değerine ulaşan beyin yanıtlarının genlik ve latans değerleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada MMN için uyarının sunumundan sonra 100 ile 250 ms arasındaki en büyük negatif polariteye sahip latans ve genlik değerleri baz alınmıştır. İstatistiksel analiz sürecinde SPSS 28.0.0 programı ile bu değişkenlerin Shapiro Wilk değerleri üzerinden normallik değerleri hesaplanmıştır. Yaş, seviye ile MMN yanıtlarının genlik ve latans değerleri normal dağılım sergilemediğinden non-parametrik testlerden Spearman Korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Çalışmada anlamlılık $p < .05$ düzeyinde kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Bilgiler

Bu bölümde çalışma katılımcılarına dair demografik bilgilere ve araştırma bulgularına yer verilecektir.

4.1.1. Cinsiyet dağılımı

Tablo 5: Katılımcıların cinsiyet değişkenine göre dağılımı

Cinsiyet	Kadın	Erkek
N	13	2
Yüzde	%86,66	%13.33

4.1.2. Yaş dağılımı

Tablo 6: Katılımcıların yaş değişkenine göre dağılımı

Yaş	N	Yüzde
19	1	%6,6
21	3	%20
22	2	%13,33
23	1	%6,6
24	1	%6,6
25	2	%13.33
26	3	%20
27	2	%13.33

4.1.3. Katılımcıların korece dil seviyelerine göre dağılımı

Bu bölümde, Güney Kore Hükümeti tarafından düzenlenen Korece Dil Yeterlilik Sınavında (TOPIK- Test of Proficiency in Korean) 1. Seviyeden (en düşük) 6. Seviyeye (en yüksek)'ye kadar, katılımcıların Korece dil seviye dağılımları ile hiç Korece bilmeyen katılımcıların dağılımı verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7: Katılımcıların Korece seviyesi değişkenine göre dağılımı

Korece Seviyesi	N	Yüzde
Hiç Bilmeyen	3	%20
1. Seviye	3	%20
2. Seviye	4	%26,66
3. Seviye	2	%13,33
4. Seviye	2	%13,33
5. Seviye	0	%0
6. Seviye	1	%6,6

4.2. OİP Bulguları

4.2.1. Ortalama latans ve genlik değerleri

Bu bölümde her bir elektrottan kaydedilen, standart ve seyrek uyarana verilmiş olan MMN yanıtlarının latans ve genlik değerlerinin ortalamaları verilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8: Latans ve genlik ortalamaları

Elektrotlar	Latans ortalama	Genlik ortalama
C3	168,67	-2,75
C4	170,80	-3,72
Cz	173,20	-3,57
CP1	177,07	-2,93
CP2	173,47	-3,63
CP5	174,00	-2,38

Tablo 8: Latans ve genlik ortalamaları (devam)

CP6	178,13	-3,33
F3	170,40	-3,28
F4	165,47	-3,75
F7	178,67	-2,99
F8	155,33	-3,59
Fz	167,60	-3,59
FC1	169,73	-3,06
FC2	166,13	-3,47
FC5	165,33	-3,11
FC6	171,33	-3,88
FT9	164,67	-2,28
FT10	163,47	-3,35
O1	164,13	-2,90
O2	162,53	-3,94
Oz	157,73	-3,14
P3	178,27	-2,86
P4	171,20	-3,24
P7	155,20	-1,80
P8	160,00	-2,99
Pz	165,47	-3,45
T7	163,60	-2,03
T8	170,13	-3,21
TP10	178,00	-2,71

4.2.2. Normallik analizi

Analize başlarken her bir elektrottan elde edilen MMN yanıtının ortalama latans ve genlik değerleri normallik analizine tabi tutulmuştur. Bu değerlerin Shapiro Wilk Anlamlılık (Sig.) değerleri (Tablo 9) ile katılımcıların yaş ve Korece dil seviyelerinin normallik dağılımı puanları Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 9: Değişkenlerin shapiro wilk değerleri

Elektrotlar	Latans Sig, Değeri	Genlik Sig, Değeri
C3	,525*	,011**
C4	,820*	,005**
Cz	,775*	,132*
CP1	,368*	,217*
CP2	,691*	,090*
CP5	,140*	,364*
CP6	,974*	,006**
F3	,512*	,357*
F4	,918*	,017**
F7	,235*	,165*
F8	,291*	,162*
Fz	,732*	,090*
FC1	,894*	,934*
FC2	,889*	,016**
FC5	,032**	,966*
FC6	,161*	,029**
FT9	,562*	,636*
FT10	,255*	,008**
O1	,346*	,014**
O2	,323*	<,001**
Oz	,104*	<,001**
P3	,313*	,406*
P4	,420*	,189*
P7	,093*	,374*
P8	,149*	<,001**
Pz	,546*	,087*
T7	,161*	,398*
T8	,654*	,003**
TP10	,427*	<,001**
*: Sig, değeri>,05 olduğundan değerler normal dağılmamaktadır.		
**: Sig değeri <,05 olduğunda değerler normal dağılmaktadır.		

Tablo 10: Yaş ve korece dil seviyelerinin shapiro wilk değerleri

Değişkenler	Sig. Değeri
Yaş	,216*
Korece Dil seviyesi	,209*
*: Sig. değeri >,05 olduğundan değerler normal dağılmamaktadır.	
**: Sig değeri <,05 olduğunda değerler normal dağılmaktadır.	

Normallik analizinin sonucunda değişkenlerin çoğunluğu normal dağılım sergilemediğinden testlerin korelasyon analizi nonparametrik analiz yöntemlerinden olan Spearman Korelasyon Analizi ile gerçekleştirilmiştir. Spearman Korelasyon analizi yöntemi ile normal dağılım sergilemeyen iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve ilişkinin gücü analiz edilmiştir.

4.2.3. Latans analizi

Spearman Korelasyon Analizine göre yaş ve Korece dil seviyesi değişkenlerinin, seyrek ve sık uyarılara verilen MMN yanıtlarının ortalama latans değişkeniyle olan ilişki yönü ve ilişki gücü katsayısı aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11: Yaş, korece dil seviyesi ile latans değişkenlerinin spearman korelasyonları

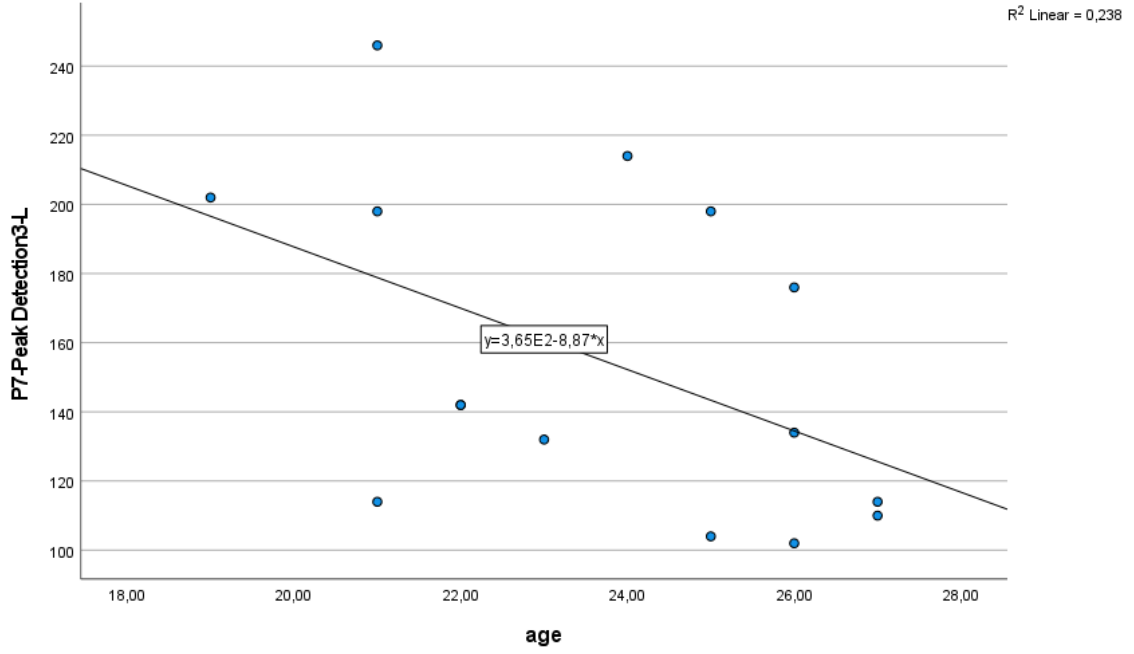
Elektrotlar	Yaş		Korece Dil seviyesi	
	Spearman Korelasyon değeri	p değeri	Spearman korelasyon değeri	p değeri
C3	,201	,472	-,323	,240
C4	,342	,212	-,099	,727
Cz	,079	,779	-,062	,827
CP1	-,032	,909	,020	,944
CP2	,034	,904	-,082	,772
CP5	,334	,223	-,315	,253
CP6	,208	,457	,286	,301
F3	,254	,360	-,198	,479

Tablo 11: Yaş, korece dil seviyesi ile latans değişkenlerinin spearman korelasyonları (devamı)

F4	-,064	,821	,184	,512
F7	-,123	,663	,217	,438
F8	,389	,151	,177	,529
Fz	,020	,944	,115	,684
FC1	,081	,774	-,095	,737
FC2	,176	,530	-,021	,941
FC5	-,069	,808	-,069	,807
FC6	,194	,488	,027	,923
FT9	,220	,430	,312	,258
FT10	-,051	,856	,053	,852
O1	-,458	,086	-,050	,859
O2	-,171	,543	,018	,949
Oz	-,494	,061	-,213	,446
P3	,034	,904	-,185	,508
P4	,037	,896	,184	,512
P7	-,555	,032**	,326	,235
P8	,210	,453	-,122	,665
Pz	-,132	,640	,135	,633
T7	-,054	,848	-,103	,715
T8	,419	,120	-,131	,641
TP10	-,173	,539	,113	,689
Spearman Korelasyon değeri iki değişken arasındaki ilişki yönü ve ilişkinin katsayısı hakkında bilgi verir. Negatif başlayan değerler ilişkinin negatif yönlü olduğunu (bir değer artarken diğeri azalır) ifade ederken pozitif değerler ilişkini pozitif yönlü (bir değer artarken diğeri azalır) olduğunu ifade eder. İlişkinin gücü ise "0" ve "1"değerleri arasında ifade edilir. 1'e yakın değerlerin ilişki gücü yüksektir.				
p >,05 olan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.				
**p<,05 olan değerler istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahiptir.				

Bu veri setine göre, P7 elektrotunda, seyrek ve sık uyarılara verilen MMN yanıtlarının latans ortalamaları ve yaş değişkeni arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmuştur. ($r_{\text{spearman}}=-,555$; $p=,032$). Bu bağlamda katılımcıların yaşı arttıkça P7

elektrotundan kaydedilen MMN potansiyelinin latans ortalaması düşmüştür (Şekil 20). Bunların dışında kalan elektrotların latans ortalamaları ile yaş ve seviye değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Saçılım grafiği Şekil 20’de verilmiştir (x: yaş değişkeni, y: latans ortalaması).



Şekil 20: P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli latans değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi

4.2.4. Genlik analizi

Spearman Korelasyon Analizine göre yaş ve Korece Dil seviyesi değişkeninin seyrek ve sık uyaranlara verilen MMN yanıtlarının ortalama genlik değişkeniyle olan ilişkisi yönü ve ilişki gücü katsayısı aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Tablo 12).

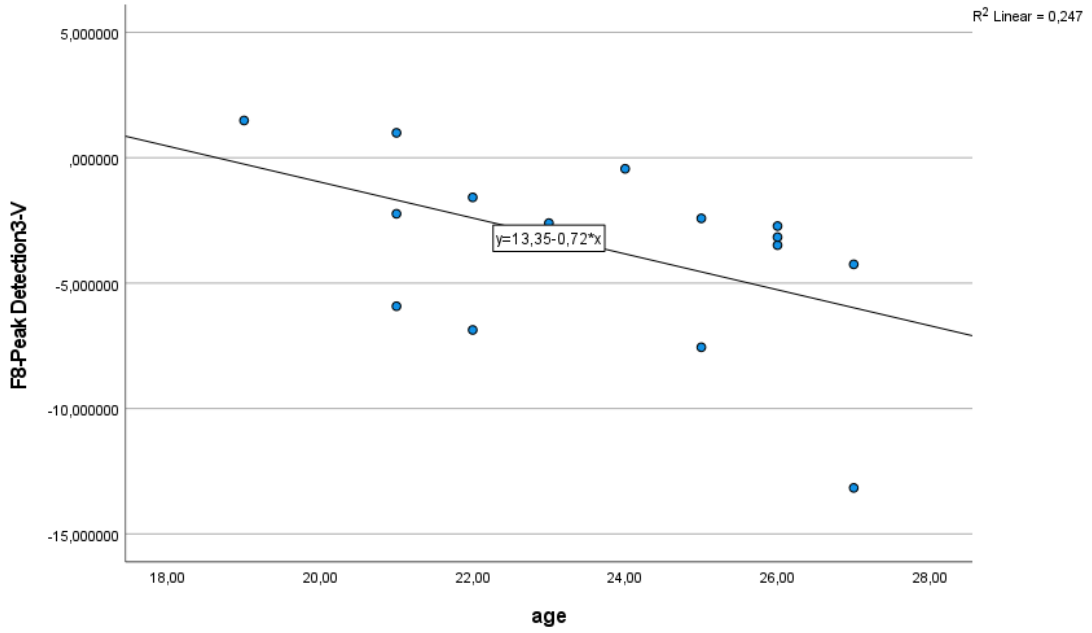
Tablo 12: Yaş, korece dil seviyesi ile genlik değişkenlerinin spearman korelasyonları

Elektrotlar	Yaş		Korece Dil Seviyesi	
	Spearman Korelasyon değeri	p değeri	Spearman Korelasyon değeri	p değeri
C3	-,357	,191	,051	,857
C4	,005	,985	,038	,893

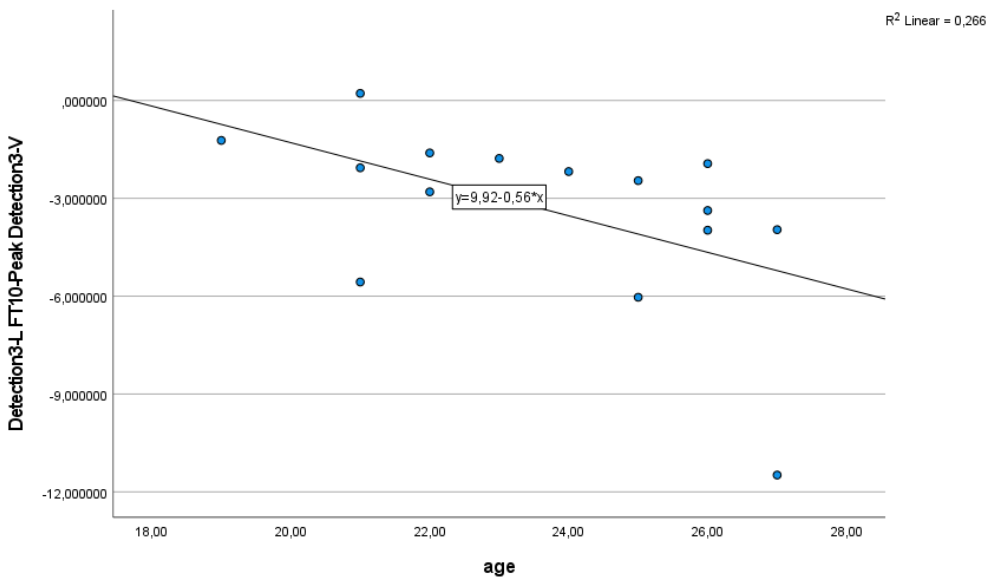
Tablo 12: Yaş, korece dil seviyesi ile genlik değişkenlerinin spearman korelasyonları (devamı)

Cz	-,067	,813	-,036	,898
CP1	-,173	,537	,125	,656
CP2	-,045	,873	-,004	,990
CP5	-,180	,520	-,020	,944
CP6	-,258	,353	,049	,862
F3	-,110	,696	-,056	,842
F4	-,220	,431	,140	,619
F7	,022	,939	,107	,704
F8	-,561	,030**	,093	,742
Fz	-,168	,550	-,104	,713
FC1	-,034	,904	-,009	,974
FC2	-,213	,446	-,067	,812
FC5	-,159	,572	-,091	,747
FC6	-,191	,495	,213	,446
FT9	-,065	,818	,140	,619
FT10	-,584	,022**	,315	,253
O1	,069	,808	-,055	,847
O2	-,123	,663	,342	,212
Oz	,050	,858	,275	,322
P3	-,213	,446	-,055	,847
P4	-,133	,635	,085	,762
P7	,218	,435	-,562	,029**
P8	-,195	,487	-,173	,538
Pz	-,142	,612	,095	,737
T7	-,124	,659	-,107	,704
T8	-,081	,774	,275	,322
TP10	,207	,458	-,180	,521
Spearman Korelasyon değeri iki değişken arasındaki ilişki yönü ve ilişkinin katsayısı hakkında bilgi verir. Negatif başlayan değerler ilişkinin negatif yönlü olduğunu (bir değer artarken diğeri azalır) ifade ederken pozitif değerler ilişkinin pozitif yönlü (bir değer artarken diğeri azalır) olduğunu ifade eder. İlişkinin gücü ise "0" ve "1"değerleri arasında ifade edilir. 1'e yakın değerlerin ilişki gücü yüksektir.				
p>,05 olan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.				
**p<,05 olan değerler istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahiptir.				

Bu veri setine göre, F8 ve FT10 elektrotunda, seyrek ve sık uyarılara verilen MMN yanıtlarının genlik ortalamaları ve yaş değişkeni arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmuştur. (F8 $r_{\text{spearman}}=-,561$, $p=,030$; FT10 $r_{\text{spearman}}=-,584$, $p=,022$). Bu bağlamda katılımcıların yaşı arttıkça F8 (Şekil 21) ve FT10 (Şekil 22) elektrotundan kaydedilen MMN potansiyelinin genlik ortalaması düşmüştür. Saçılım grafikleri Şekil 21 ve Şekil 22’de verilmiştir (x: yaş değişkeni, y: genlik ortalaması).

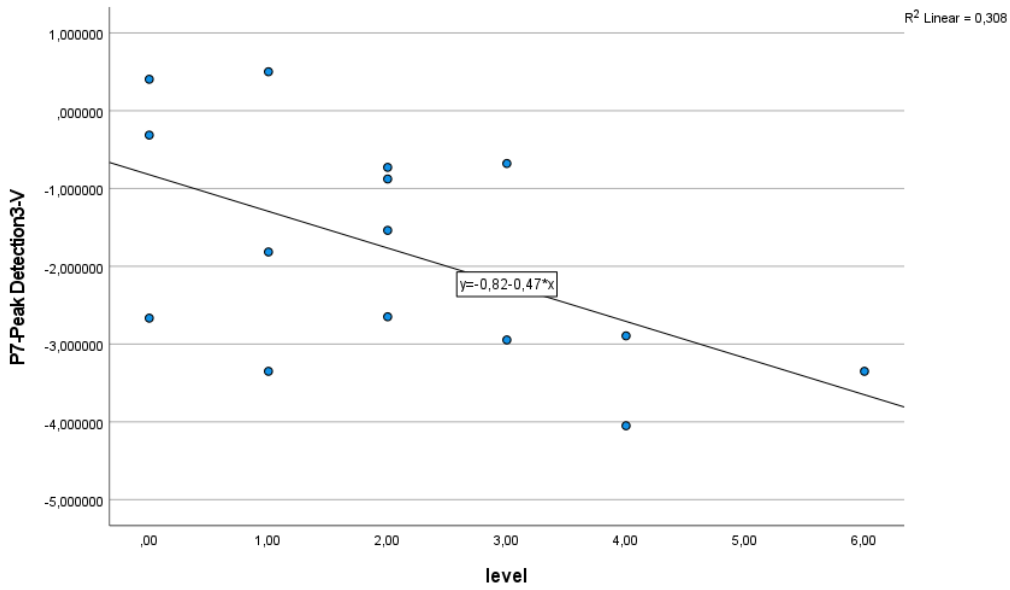


Şekil 21: F8 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi

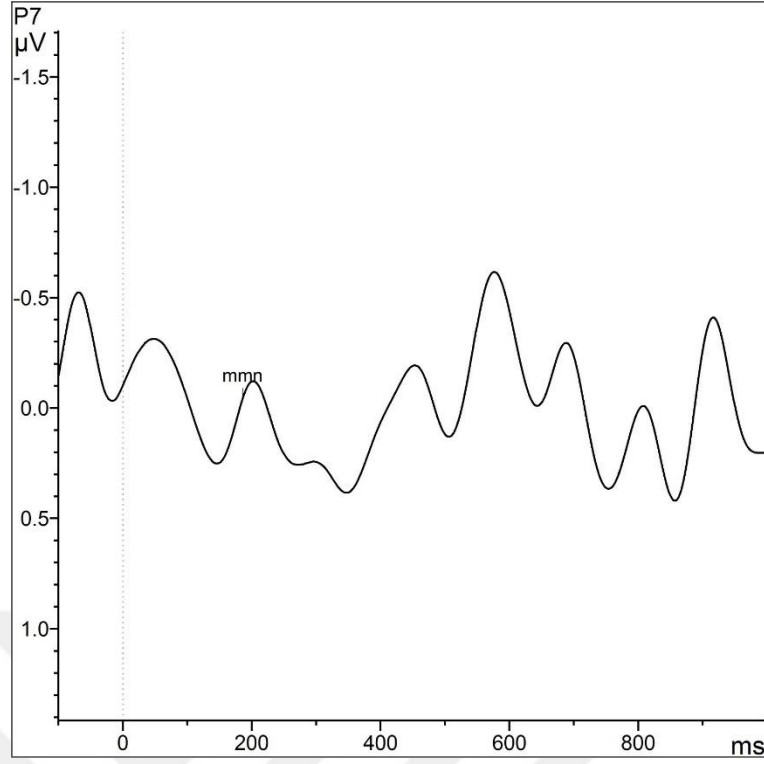


Şekil 22: FT10 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin yaş değişkeniyle ilişkisi

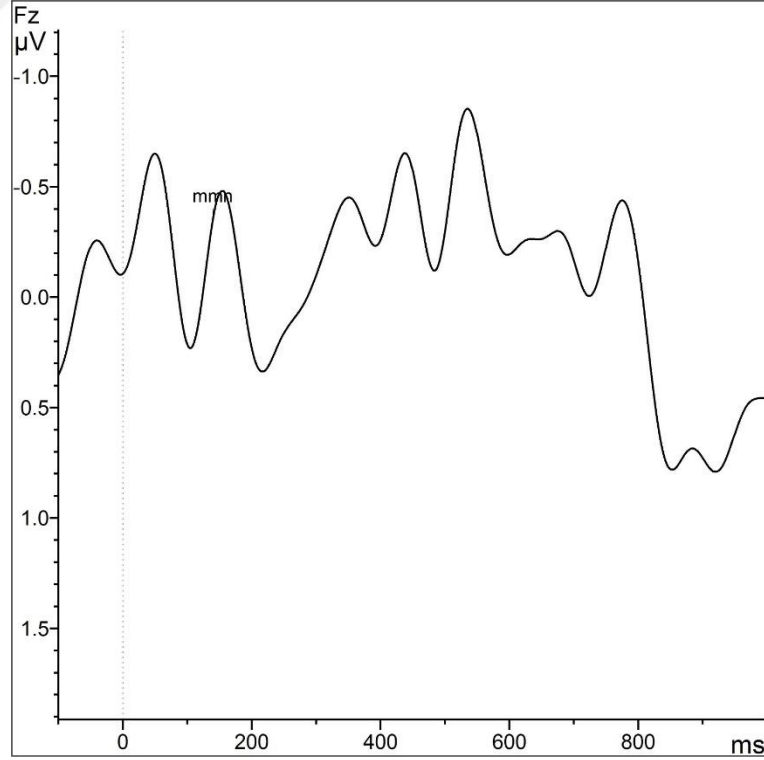
Buna ek olarak P7 elektrotunda seyrek ve sık uyaranlara verilen MMN yanıtlarının genlik ortalamaları ve Korece dil seviyesi değişkeni arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmuştur. ($r_{\text{spearman}}=-.562$, $p=.029$). Elde edilen bu veriye göre katılımcıların Korece dil seviyelerindeki artış ile P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyelinin genlik ortalaması düşmüştür (Şekil 23). Bunların dışında kalan elektrotların genlik ortalamaları ile yaş ve seviye değişkenleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Saçılım grafiği Şekil 23'te verilmiştir (x: dil seviyesi değişkeni, y: genlik ortalaması).



Şekil 23: P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyeli genlik değerinin korece dil seviyesi değişkeniyle ilişkisi



Şekil 24: P7 elektrotundan kaydedilen MMN yanıtı (x: latans, y:genlik)



Şekil 25: Fz elektrotundan kaydedilen MMN yanıtı (x: latans, y:genlik)

5. TARTIŞMA

Bu araştırma farklı seviyelerde Korece dil seviyesine sahip 12 katılımcı ile Korece bilmeyen 3 katılımcı olmak üzere toplamda 15 katılımcının Korece dilinde yer alan ancak Türkçe dilinde karşılığı olmayan “eo” “어” sesi ile her iki dilde ses karşılığı olan “o”, “오” sesine vermiş olduğu MMN yanıtlarını analiz etmek için uygulanmıştır. Katılımcılardan araştırmaya dahil olmadan önce psikiyatrik hastalık öyküsü ve ilaç kullanımı olup olmadığı sorulmuş ve hastalık öyküsü olmayan ve ilaç kullanmayan katılımcılarla çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde araştırmaya dair demografik bilgiler özetlendikten sonra, araştırma sonucunda elde edilen analiz sonuçları literatürdeki araştırma sonuçları ile tartışmalı olarak ele alınmıştır.

Araştırmaya katılım sağlayan örneklemelerin %86,66’sı kadın, %13,33’ü erkektir. Araştırmada erkek katılımcıların kadın katılımcılara oranla az oluşu çalışmanın ana kısıtlarından biridir.

Katılımcı grubun yaş ortalaması 23,66’dır. Katılımcılar arasında en büyük yaş 27 iken, en küçük yaş 19’dur. Yaş değişkenlerinin normallik analizlerinde anlamlılık değeri $p=.216$ olarak bulunmuş ve normal dağılım sergilemediği için analiz nonparametrik analiz yöntemlerinden Spearman Korelasyon analiz tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Yabancı dil eğitimi alan katılımcıların yaş aralığı çok değişken olduğu ve katılımcı sayısının düşük oluşu normallik testini etkilemiş olabilir.

Çalışmaya katılım sağlayan bireylerin dil yeterlilikleri Kore Devleti tarafından her ülkede aynı standartlarda uygulanan bir dil yeterlilik sınavı olan Topik (Test of Proficiency in Korean – Korece Dil Yeterlilik Testi) sınavı ile belirlenmiştir. Katılımcıların Dil seviyeleri en düşük seviye olan 1. seviye ile en yüksek seviye olan 6. seviye arasında değişmektedir. Korece bilmeyen katılımcıların seviyesi ise çalışmada “0” olarak yer almıştır.

Analiz sonucunda MMN yanıtının genliği bakımından F8 ve FT10 elektrotlarında anlamlı bir fark görülmüştür. Bu bulguya göre katılımcıların yaşı arttıkça çalışmadaki sık uyaran “o” ve seyrek uyaran “eo” sesine verilen MMN yanıtlarının genlik değerleri

arasındaki ortalama azalmıştır. Bu bulguda yaş etkeni ana değişken olarak ele alınmıştır. Ancak Sussman (2007) yapmış olduğu bir çalışmada MMN yanıtı her ne kadar dikkat öncesi işitsel bir süreç olarak ele alınıyor olsa da katılımcıların dikkatinin bu yanıtın genliği üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir. Yaş etkenine ek olarak MMN yanıtının genlik değerlerini etkileyen bilişsel birçok faktör olabilir.

İkinci dil edinimi ile ilişkili literatürde, erken yaşam döneminde bebeklerin her sesi ayırt etme kapasitesi varken, zamanla (literatürde 6. aydan sonra) bu ayırt etme yeteneği kaybetmeye başladıkları bilinmektedir. Literatürde “Fonolojik Sağırlık” (phonological deafness) (Heidlmayr ve ark., 2021) olarak geçen bu durum nedeniyle bebekler etraflarında konuşulmayan dillere özgü sesleri ya da anadillerinde olmayan sesleri bilişsel olarak göz ardı etmeye başlarlar (Werker & Lalonde, 1988). Daha ileri yıllarda yapılmış çalışmalarda bu ayırt etme becerisinin tamamen kaybolmadığı, dil öğrenen yetişkin katılımcılarla yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır. Belli bir süre dil eğitimine maruz kalan ve dil öğrenen yetişkin katılımcıların bu ayırt etme becerilerinde gelişim sergiledikleri görülmüştür (McLaughlin ve ark., 2004; Yang ve ark., 2015; Kuhl ve ark., 2003). Bu çalışmada da dil seviyesi ile P7 elektrotundan kaydedilen genlik ortalamaları değerleri arasında anlamlı negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Katılımcıların Korece dil yetkinlikleri arttıkça, yabancı dilde var olan seyrek uyarana “eo” ve sık uyarana “o” vermiş oldukları MMN yanıtlarının genlik değerleri negatif yönde artmıştır. Bu durum katılımcıların dil seviyeleri arttıkça uyarınları daha rahat ayırt ettiklerini göstermektedir.

Bilişsel dil çalışmalarında olaya ilişkin uyarılardan biri olan MMN yanıtının sol hemisfer baskınlığı göze çarpmaktadır (Naatanen ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada katılımcıların dil ile ilişkili anlamlı uyarılara vermiş oldukları MMN yanıtlarının sol hemisferde anlamlı bir düzeyde kaydedildiği görülmüştür (Shtyrov ve ark., 2005). Ancak bazı çalışmalarda da fonetik ses değişimlerinin aksine, konuşma dilinde anlamlı olmayan akustik değişimlerin her iki hemisferin işitsel korteksinde MMN yanıtı oluşturabileceği de gösterilmiştir (Naatanen ve ark., 2007). Bu çalışmada elde edilen anlamlı verilerin hemisfer dağılımında da farklılık vardır. Parietal lobta yer alan ve konuşmanın algılanmasından sorumlu olan Wernicke alanına (Snell, 2017) yakın P7 elektrotunun genlik farkında anlamlı bir ilişki bulunması bu durumu desteklemektedir. Bunun yanı sıra yaş ve genlik arasında anlamlı fark bulunan F8 ve FT10 elektrotları sağ hemisferde frontal lobta yer almaktadır.

Dil süreçleriyle ortaya çıkan beyin potansiyellerinin lateralizasyonuna ilişkin yürütülen çalışmalarda MMN yanıtının üretim alanlarına dair birçok bölge belirlenmiştir. Ancak MMN yanıtının temelde iki üretim alanı olduğu gözlemlenmiştir. Temporal alanda üretilen MMN'nin kaynağı supratemporal alanlarken, frontal alanlarda üretilen MMN yanıtının kaynağı fronto central alanlar yani iki hemisferin ortasında bulunan Fz, Cz, Pz, ve Oz elektrotlarının bulunduğu kısımlar olarak belirtilmiş (Naatanen ve ark., 2007) ve bunların içerisinde en yüksek MMN genliği Fz elektrotundan kaydedilmiştir (Gomes ve ark., 1995). Ancak bu çalışmanın analiz sürecinde bu elektrotlarda anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Çalışmada MMN yanıtında anlamlılık düzeyinde farklılık sergileyen elektrotlar, P7, F8 ve FT0 elektrotları olmuştur.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 . Sonuçlar

Bu bölümde EEG beyin görüntüleme yöntemi ile gerçekleştirilen bilişsel dil çalışmasında Anadili Türkçe olan ve Korece öğrenen katılımcıların Kore Dilinde yer alan “eo” (seyrek uyarıcı) sesi ile her iki dilde ses karşılığı bulunan “o” seslerine vermiş oldukları MMN yanıtlarının analiz edilmesi ile elde edilen bulgular sıralanmıştır.

1. Hipotez sorusu: Bireylerin anadilleri ve öğrenmiş oldukları yabancı dilde duymuş oldukları ses farklılıklarına vermiş oldukları olaya ilişkin beyin potansiyellerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mı?

- Çalışmada analiz edilen katılımcıların yaşı ile farklı uyaranlara verilen MMN yanıtının latans değerleri P7 elektrotunda anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bunun dışında kalan diğer elektrotlarda anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Korece dil seviyesi ile MMN yanıtının latansı bakımından hiçbir elektrotta anlamlı bir fark görülmemiştir.
- Genlik değişkenini ele aldığımızda ise katılımcının yaşı ile farklı uyaranlara verilen MMN yanıtına bakıldığında F8 ve FT10 elektrotlarında anlamlı bir farklılık gözlenirken diğer elektrotlarda herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Korece dil seviyesi ile MMN farkı genliğine bakıldığında ise P7 elektrotunda anlamlı bir fark görülmüştür. Bunun dışında kalan elektrotlarda genlik ve dil yeterlilik seviyesi arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir.

2. Hipotez sorusu: Farklı düzeyde yabancı dil yetkinliğine sahip olan öğrencilerin anadillerine ve yabancı dile vermiş oldukları tepkilerdeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde midir?

- Çalışmada sadece P7 elektrotundan kaydedilen MMN genliği ile Korece dil seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir ($p=.029$). Bunun dışında kalan elektrotların MMN kayıtlarında herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir.

3. Hipotez sorusu: Dil öğrenmede elde edilen yetkinlik ile MMN tepkileri arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?

- P7 elektrotundan kaydedilen MMN genliği ile Korece dil seviyesi arasında negatif yönlü bir ilişki gözlemlenmiştir ($r_{\text{spearman}} = -.562$). Yani katılımcıların Korece dil seviyelerindeki yetkinlik artarken P7 elektrotundan kaydedilen MMN potansiyelinin genlik değeri ortalaması düşmüştür. Bu durum dil yeterlilik seviyesi yüksek olan katılımcıların MMN negatifliğindeki artış aynı zamanda sesleri ayırt etme becerilerinde olumlu bir gelişimi göstermektedir.

Çalışmada istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç elde edilen P7 elektrotunda anlamlılığın latans ve genlik bakımından farklı değişkenlerle ilişkili olduğu görülmüştür. Katılımcıların latans farklılığı yaş değişkeni ile ilişkili görülürken, genlik farklılığı katılımcıların Korece dil seviyesindeki farklılık ile ilişkilendirilebileceği görülmektedir.

Dil öğrenme sürecinin başlarında bireylerin anadillerinde yer almayan sesleri ayırt etmede zorlandıkları bilinmektedir. Ancak zamanla dilde elde edilen yetkinlik ile katılımcıların bu yeni sesleri ayırt etme becerilerinin artması fonksiyonel süreçlerinde gelişimine katkı sağlayan bir yapısal değişiklikten kaynaklanıyor olabilir. Bu yapısal değişim literatürde “Nöroplastisite” olarak adlandırılmaktadır. Oddball paradigmasıyla elde edilen MMN yanıtının genliğinde ve latansın da bulunmuş bu anlamlı farklılıklar öğrenim sürecinde meydana gelen nöroplastisite bağlamında ele alınabilir. Bunun yanı sıra beyinde meydana gelen yapısal değişimlerin uzun süreli etkilerinin araştırıldığı fMRI yönteminde, çalışmalarda dili öğrenmeye başlama yaşı ve elde edilen yetkinliğin beyin yapısında meydana getirdiği bu değişimler yapılan kontrollü deneylerde gösterilmiştir. Bu doğrultuda EEG yöntemiyle kaydedilen olaya ilişkin beyin yanıtlarının fonksiyonel değişimi, fMRI yöntemiyle elde edilen yapısal değişimin bir sonucu ve buna paralel olarak nöroplastisiteyi dolaylı yoldan destekleyen bir gösterge olarak ele alınabilir.

6.2. Kısıtlılıklar ve Öneriler

Çalışmanın en göze çarpan kısıtı araştırmamızın pandemi kısıtlamaları sırasında gerçekleştirilmiş olması, pandemi kısıtları nedeniyle katılımcı sayısının 15 kişi ile sınırlandırılması olmuştur. Her çalışmada olduğu gibi bilişsel dil çalışmalarında da katılımcı sayısının çok olması çalışmadan elde edilecek verilerin istatistiki geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmada olumlu bir etkiye sahiptir. Bu nedenle çalışmanın daha fazla katılımcı gerçekleştirilmesi ve katılımcıların dil yeterliliklerinin daha kontrollü bir şekilde değerlendirildiği deneylerin yürütülmesi dil çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Çalışma sırasında bir katılımcının EEG kaydı analiz sürecinde 2 elektrotta sorun yaşandığı için analiz dışı bırakılmıştır. Daha sonrasında katılımcı ile aynı dil yeterlilik seviyesine sahip başka bir katılımcıdan EEG kaydı alınmıştır.

Bilişsel dil çalışmalarında bireylerin bilişsel yeterlilikleri (dil öğrenme kapasitesi, yaşı, zekâ seviyesi gibi.) ile çevresel etkenler (alınan eğitimin süresi ve kalitesi, dile maruz kalma süresi ve sıklığı, eğitim materyalleri gibi) katılımcılar arasında dil öğrenme deneyimlerini oldukça farklı seviyelerde etkilemektedir. Bu nedenle bu tarz dil çalışmalarında neden sonuç ilişkisini elde edebileceğimiz kontrollü deneyler ile çok daha güçlü verilerle literatür destekleyebiliriz. Buna ek olarak bu tarz çalışmalarda katılımcı sayısının yüksek tutulması ve kültürlerarası çalışmalarla farklı katılımcılarla deneylerin tekrarlanması sonuçların geçerliliğini ve genelleştirebilme özelliğini olumlu anlamda etkileyecektir.

KAYNAKLAR

- Ahlfors, S., Han, J., Belliveau, J., & Hämäläinen, M. (2010). Sensitivity of MEG and EEG to Source Orientation. *Brain topography*, 23(3), 227-232.
- Anwander, A., Perani, D., Friederici, A., & Brauer, J. (2013). Dorsal and ventral pathways in language development. *Brain & Language*, 289-295.
- Bailey, T. M., & Hahn, U. (2001, May). Determinants of Wordlikeness: Phonotactics or Lexical Neighborhoods? *Journal of Memory and Language Volume 44, Issue 4*, s. 568-591.
- Bayazıt, O. (2018, Nisan). Olay İlişkili Potansiyeller (OİP) . *Tıp Fakültesi Klinikleri Cilt 1 Sayı 1* , s. 59-65.
- Beres, A. M. (2017). Time is of the Essence: A Review of Electroencephalography (EEG) and Event-Related Brain Potentials (ERPs) in Language Research. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 42(4) 247-255.
- Bialystok, E., Craik, F., & Luk, G. (2008). Cognitive Control and Lexical Access in Younger and Older Bilinguals. *Journal of Experimental Psychology*, 859 – 873.
- Bonte, M. L., Mitterer, H., Zellagui, N., Poelmans, H., & Blomert, L. (2005). Auditory cortical tuning to statistical regularities in phonology. *Clinical Neurophysiology*, 116(12), s. 2765-2774.
- Brain & language. (2010). *Broca and Wernicke Area*. 10 29, 2021 tarihinde Brain and Language: <https://ahgoonshow.wordpress.com/brain-language/> adresinden alındı
- Bronzino, J. D. (1995). *Principles of electroencephalography*. The Biomedical Engineering.
- Brouwer, H., & Hoeks, J. (2013). A time and place for language comprehension: mapping the N400 and the P600 to a minimal cortical network. *frontiers in HUMAN NEUROSCIENCE volume 7*, s. 1-12.
- Buzsáki, G., Anastassiou, C., & Koch, C. (2010). The origin of extracellular fields and currents — EEG, ECoG, LFP and spikes. *Nature Reviews Neuroscience volume 13*, 407–420.
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., . . . Chen, D. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications . *Brain, Volume 134, Issue 6*, s. 1591–1609.

- Dehaene-Lambertz, G., Dupoux, E., & Gout, A. (2000). Electrophysiological Correlates of Phonological Processing: A Cross-linguistic Study. *Journal of Cognitive Neuroscience Volume 12, Issue 4*, s. 635–647.
- Demir, M. (2015). Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) Fiziği. *Bulletin of Thoracic Surgery/Toraks Cerrahisi Bülteni 6(2)*., 146-153.
- Diessen, E., Numan, T., Dellen, E., Kooi, A., Boersma, M., Hofman, D., . . . Stam, C. (2015). Opportunities and methodological challenges in EEG and MEG resting state functional brain network research. *Clinical Neurophysiology 126 (8)*, 1468-1481.
- Duncan, C. C., Barry, R., Connolly, J., Fischer, C., Michie, P., Näätänen, R., . . . Petten, C. (2009). Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Centre for Advanced Research in Experimental and Applied Linguistics (ARiEAL)*, 1883-1908.
- Ergenç, İ. (2008). Dilin Beyindeki Gerçekleşimi ve Konuşma Eylemi. *Kognitif Neurobilimler*, 169-185.
- Fasold, R., & Connor-Linton, J. (2013). *An Introduction to Language and Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fasold, R., & Connor-Linton, J. (2014). *An introduction to language and linguistics*. Cambridge university press.
- FMRI Functional Magnetic Resonance Imaging Lab* . (tarih yok). 11 5, 2021 tarihinde California State University Long Beach: <https://home.csulb.edu/~cwallis/482/fmri/fmri.html> adresinden alındı
- Fromkin, V., Rodman, R., & Hyams, N. (2003). *An Introduction to Language*. United States: Thomson Corporation.
- Gallagher, A., Béland, R., Vannasing, P., Bringas, M., Sosa, P., Trujillo-Barreto, N., . . . Lasso, M. (2014, February). Dissociation of the N400 component between linguistic and non-linguistic processing: A source analysis study. *World Journal of Neuroscience*, s. 25-39.
- Gomes, H., Ritter, W., & Vaughan, H. (1995). The Nature of Preattentive Storage in the Auditory System. *Journal of Cognitive Neuroscience*, s. 81–94.
- Gülbay, B. E. (2013). Artefakt Kayıtları ve Skorlama Hataları. *Solunum*, s. 53-60.

- Hämäläinen, S., Sairanen, V., Leminen, A., & Lehtonen, M. (2017). Bilingualism modulates the white matter structure of language-related pathways. *NeuroImage*, 152, 249-257.
- Hebb, D. O. (1949). *The organisation of behaviour: a neuropsychological theory*. New York: Science Edition.
- Heidlmayr, K., Ferragne, E., & Isel, F. (2021). Neuroplasticity in the phonological system: The PMN and the N400 as markers for the perception of non-native phonemic contrasts by late second language learners. *Neuropsychologia*, 107831.
- Hirsch, G., Bauer, C., & Merabet, L. (2015). Using structural and functional brain imaging to uncover how the brain adapts to blindness. *Annals of neuroscience and psychology*, 2., 2-20.
- Højlund, A., Horn, N., Sørensen, S., McGregor, W., & Wallentin, M. (2004). Foreign language learning and the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology*.
- Hoque, E. (2017). An Introduction to the Second Language Acquisition. *Language Acquisition*, 1-23.
- Ihara, A., & Kakigi, R. (2006). Oscillatory activity in the occipitotemporal area related to the visual perception of letters of a first/second language and pseudoletters. *NeuroImage* 29, 789 – 796.
- Katz, J. (2015). *Handbook of Clinical Audiology (yedinci baskı)*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.
- Kılıç, T. (2012). *Pozitron Emisyon Tomografisi (PET Görüntülemesi)*. 11 06, 2021 tarihinde Beyin Cerrahisi: <https://www.beyincerrahisi.net/tetikler/pozitronemisyontomografisi.html> adresinden alındı
- Kocaman, A. (1992). Anlambilim Sorunları. *Dilbilim Araştırmaları Dergisi*, 3, 87-92.
- Kraus, N., J. McGee, T., Carrell, T., Zecker, S., Nicol, T., & Koch, D. (1996). Auditory Neurophysiologic Responses and Discrimination Deficits in Children with Learning Problems. *Science* 273 (5277), s. 971-973.
- Kraus, N., & McGee, T. (1992). Electrophysiology of the Human Auditory System. *The Mammalian Auditory Pathway: Neurophysiology* (s. 335-403). içinde New York: Springer.
- Kraus, N., McGeet, T., Carrell, T., Sharma, A., Micco, A., & Nicol, T. (1993). Speech-Evoked Cortical Potentials in Children. *Journal of the American Academy of Audiology*, 238-248.

- Kuhl, P. K., Tsao, F.-M., & Liu, H.-M. (2003). Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(15), 9096-9101.
- Kuhl, P., Ramirez, R., Bosseler, A., Lin, J., & Imada, T. (2014). Infants' brain responses to speech suggest analysis by synthesis: Developmental MEG studies. *Proc Natl Acad Sci* 111, 11238–11245.
- Kujala, T., Tervaniemi, M., & Schröger, E. (2007, 6). The mismatch negativity in cognitive and clinical neuroscience: Theoretical and methodological considerations. *Biological Psychology* 74 (1), s. 1-19.
- Kutas, M., & Hillyard, S. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11, 99-116.
- Kutas, M., & Hillyard, S. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. (1982). The lateral distribution of event-related potentials during sentence processing. *Neuropsychologia Volume 20, Issue 5*, 579-590.
- Lee, S. E. (2012). 제2언어습득에 대한 신경언어학적 고찰. S. E. Lee içinde, *독일어문화권연구* (s. 127-157). Seoul: 서울대학교 독일어문화권연구소.
- Li, P., Legault, J., & Litcofsky, K. A. (2014). Neuroplasticity as a function of second language learning: anatomical changes in the human brain. *Cortex*, 58,, s. 301-324.
- Liberman, A. M., Harris, K., Hoffman, H., & Griffith, B. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 358–368.
- Luk, G., Pliatsikas, C., & Rossi, E. (2020). Brain changes associated with language development and learning: A primer on methodology and applications. *System*.
- Luk, G., Bialystok, E., Craik, F., & Grady, C. (2011). Lifelong Bilingualism Maintains White Matter Integrity in Older Adults. *The Journal of Neuroscience*, 16808 – 16813.
- Luk, G., Pliatsikas, C., & Rossi, E. (2020). *Brain Changes associated with language development and learning: A primer on methodology and applications*. Quebec : Elseviet Ltd.
- Martin, B. A., Tremblay, K., & Korczak, P. (2008). Speech Evoked Potentials: From the Laboratory to the Clinic. *Ear & Hearing*, 285–313.

- Martin, B. A., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007). Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. *Basic Principles and Clinical Application*, 482-507.
- Matthews, P. M., & Jezzard, P. (2004). Functional magnetic resonance imaging. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 75, 6-12.
- McLaughlin, J., Osterhout, L., & Kim, A. (2004). Neural correlates of second-language word learning: Minimal instruction produces rapid change. *Nature Neuroscience*, s. 703-704.
- Mechelli, A., Crinion, J. T., Noppeney, U., O'Doherty, J., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Price, C. J. (2004). Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*, 431 (7010), s. 757-757.
- Mohades, S. G., Struys, E., Schuerbeek, P., Mondt, K., Craen, P., & Luypaert, R. (2011). DTI reveals structural differences in white matter tracts between bilingual and monolingual children. *Brain Research*, 72-80.
- Molholm, S., Martinez, A., Ritter, W., Javitt, D., & Foxe, J. (2005). The Neural Circuitry of Pre-attentive Auditory Change-detection: An fMRI Study of Pitch and Duration Mismatch Negativity generators. *Cerebral Cortex, Volume 15, Issue 5*, s. 545-551.
- Naatanen, R., & Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 375-425.
- Naatanen, R., Schröger, E., Karakas, S., Tervaniemi, M., & Paavilainen, P. (1993). Development of a memory trace for a complex sound in the human brain. *Neuroreport: An International Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience* 4(5), s. 503-506.
- Naatanen, R. (2001). The perception of speech sounds by the human brain as reflected by the mismatch negativity (MMN) and its magnetic equivalent (MMNm). *Psychophysiology*, 38, Cambridge University Press, s. 1-21.
- Naatanen, R. (2008). Mismatch negativity (MMN) as an index of central auditory system plasticity. *International Journal of Audiology*, s. 16-20.
- Naatanen, R., Lehtokoski, A., Lennes, M., Cheour, M., Huotilainen, M., Iivonen, A., . . . Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature* 385, s. 432-434.
- Naatanen, R., & Alho, K. (1997). Mismatch negativity--the measure for central sound representation accuracy. *Audiol Neurootol, Sep-Oct*, s. 341-353.

- Näätänen, R., Anthony, W., & Sirkka, M. (1978). Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta psychologica* 42 (2), s. 313-329.
- Naatanen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. *Clinical Neurophysiology* 118, 2544–2590.
- Naatanen, R., Pakarinen, S., Rinne, T., & Takegata, R. (2004). The mismatch negativity (MMN): towards the optimal paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 140–144.
- Newport, E. L., Bavelier, D., & Neville, H. J. (2001). Critical thinking about critical periods: Perspectives on a critical period for language acquisition. *Language, brain and cognitive development: Essays in honor of Jacques Mehler*, s. 481-502.
- Nicolas-Alonso, L. F., & Gil, J. (2012). Brain Computer Interfaces, a Review. *Sensors*, 1211-1279.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, s. 785-806.
- Paulraj, I. J., & Rincy, M. (2018). Multidimensional Role Of Brain in Second Language Learning. *Language Development And Students Achievement: Opportunities And Challenges In Educational System* (s. 112-115). Thanjavur: International Journal of Arts, Science And Humanities.
- Perani, D., Dehaene, S., Grassi, F., Cohen, L., Cappa, S., Fazio, F., & Mehler, J. (1996). Brain processing of native and foreign languages. *NeuroReport-International Journal for Rapid Communications of Research in Neuroscience*, 7(15), 2439-2444.
- Picton, T. (1992). The P300 Wave of the Human Event-Related Potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 456-479.
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S., Johnson Jr, R., . . . Taylor, M. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology volume 37*, 127–152.
- Pulvermüller, F., Kujala, T., Shtyrov, Y., Simola, J., Tiitinen, H., Alku, P., . . . Naatanen, R. (2001). Memory Traces for Words as Revealed by the Mismatch Negativity. *Neuroimage*, 14(3), s. 607-616.
- Reiterer, S. (2010). The cognitive neuroscience of second language acquisition and bilingualism: Factors that matter in L2 acquisition- A neuro-cognitive

- perspective. *Language Acquisition across Linguistic and Cognitive Systems*, 307-321.
- Schmidt, G. L., & Roberts, T. (2009). Second language research using magnetoencephalography: a review. *Second Language Research* 25,1, 135–166.
- Sharma, A., & Dorman, M. (2000). Neurophysiologic correlates of cross-language phonetic perception. *The Journal of the Acoustical Society of America Volume 107, Issue 5*, s. 2697-2703.
- Shen, W., Fiori-Duharcourt, N., & Isel, F. (2016). Functional significance of the semantic P600: Evidence from the event-related brain potential source localization. *NeuroReport Volume 27 - Issue 7*, s. 548-558.
- Shtyrov, Y., Pulvermüller, F., Näätänen, R., & Ilmoniemi, R. J. (2003). Grammar processing outside the focus of attention: an MEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), s. 1195-1206.
- Snell, R. S. (2017). *Klinik Nöroanatomi*. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri Ticaret ve Limited Şirketi.
- Shtyrov, Y., Pihko, E., & Pulvermüller, F. (2005, August 1). Determinants of dominance: Is language laterality explained by physical or linguistic features of speech? *NeuroImage Volume 27, Issue 1*, s. 37-47.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38(4), s. 387–401.
- Steinhauer, K., & Kasparian, K. (2020). Brain Plasticity in Adulthood—ERP Evidence for L1-attrition in Lexicon and Morphosyntax After Predominant L2 Use . *Language Learning*, 70(S2), s. 171–193.
- Sussman, E. (2007). A New View on the MMN and Attention Debate. *Journal of Psychophysiology*, 164-175.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement science review*, 1-11.
- Tu, L., Wang, J., Abutalebi, J., Jiang, B., Pan, X., Li, M., . . . Huang, R. (2015). Language exposure induced neuroplasticity in the bilingual brain: A follow-up fMRI study. *Cortex*, 64, 8-19.
- Uzun, N. E. (2006). *Biçimbilim, Temel Kavramlar*. Ankara: Papatya Yayıncılık Eğitim.

- Vitevitch, M. S., Armbrüster, J., & Chu, S. (2004). Sublexical and lexical representations in speech production: Effects of phonotactic probability and onset density. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 514-529.
- Weiss, S., & Mueller, H. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language* 85, 325–343.
- Werker, J. F., & Lalonde, C. E. (1988). Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Developmental psychology*, 24(5), 672-683.
- Wheless, J. W., Castillo, E., Maggio, V., Kim, H. L., Breier, J. I., Simos, P. G., & Papanicolaou, A. C. (2004). Magnetoencephalography (MEG) and Magnetic Source Imaging (MSI). *The neurologist*, 10(3), 138-153.
- Yang, J., Gates, K., Molenaar, P., & Li, P. (2015). Neural changes underlying successful secondlanguage word learning: An fMRI study. *Journal of Neurolinguistics* 33, 29-49.

EK 2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu



BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

ÇALIŞMANIN ADI: Sizi Üsküdar Üniversitesi'nde Nörobilim alanında yüksek lisans yapan n Fatma Zehra TAŞ tarafından yürütülen “**Bireylerin anadillerine ve yabancı dile vermiş oldukları tepkilerin öğrenme sürecindeki değişimi ve bunun başarı ile ilişkisi**” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz.

Araştırmada sizden tahminen 30 dakika ayırmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını, bilgilerinizin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neleri içerdiğini, olası yararları ve risklerini ya da rahatsızlık verebilecek yönlerini anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılma kararı verirseniz, Çalışmaya Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu'nu imzalayınız. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Çalışmaya katıldığınız için size herhangi bir ödeme yapılmayacak ya da sizden herhangi bir maddi katkı/malzeme katkısı istenmeyecektir.

ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI: Bu tez çalışması ile beyinde dil öğrenme sürecinde bireylerin öğrenmiş olduğu yeni sesler ile anadillerine vermiş oldukları olaya ilişkin beyin potansiyelleri arasında nasıl bir farklılık olacağını araştırılması hedeflenmektedir. Bu çalışma sonunda elde edilebilecek olan sonuçlarla dil eğitimlerinde öğrencilerin dinleme ve telaffuz becerilerine yönelik eğitimlerde sonuçlara göre olumlu yönde katkı sağlanabilir.

ÇALIŞMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıdaki bilgileri ilgili araştırmacı ile ayrıntılı olarak tartıştım ve kendisi bütün sorularımı cevapladı. Bu bilgilendirilmiş olur belgesini okudum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyor ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Araştırmacı, saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

<i>Gönüllü Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Telefon:</i>		

<i>Araştırmacı Adı Soyadı:</i>		<i>Tarih ve İmza:</i>
<i>Adres ve Telefon:</i>		

EK 3. Demografik Bilgi Formu



DEMOGRAFİK BİLGİ FORMU

Demografik Bilgiler

Ad Soyadı:	
Yaş:	
Cinsiyet:	
Sınıf Belirtiniz*	
TOPIK başarı seviyesi *	1 2 3 4 5 6
Puan: (300 üzerinden)*	

* işaretli alanları mutlaka doldurunuz.