

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**OLAYA İLİŞKİN POTANSİYELLERİN SAKLANMIŞ BİLGİNİN
TESPİTİNDE KULLANIMI: KELİME, NESNE ve YÜZ TANIMANIN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Furkan EREN

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**ANKARA
2014**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**OLAYA İLİŞKİN POTANSİYELLERİN SAKLANMIŞ BİLGİNİN
TESPİTİNDE KULLANIMI: KELİME, NESNE ve YÜZ TANIMANIN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. Furkan EREN

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**Prof. Dr. Ethem GELİR
TEZ DANIŞMANI**

**ANKARA
2014**

Onay Sayfası**Tezin Teslim Edildiği Üniversite:** Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakóltesi**Tez Başlığı:** Olaya ilişkin potansiyellerin saklanmış bilginin tespitinde kullanımı: Kelime, nesne ve yüz tanımanın karşılaştırılması**Kim Tarafından Teslim Edildiği:** Arř. Gör. Dr. Furkan Eren**Tez Danışmanı:** Prof. Dr. Ethem Gelir**Tez Savunma Tarihi:** 15.09.2014**Diğer Jüri Üyelerinin İsimleri:** Prof. Dr. Lamia Pınar

Doç. Dr. Meltem Tuncer

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőmesinde paha biçilemez katkılarından ötürü baőta tez danıőmanım Prof. Dr. Ethem Gelir olmak üzere, Doç. Dr. Süha Yağcıoğlu'na, Arő. Gör. Dr. Davud Singer, Arő. Gör. Kutlu Kaya, Arő. Gör. Nigar Taődemiroėlu ve tüm Fizyoloji Anabilim Dalı alıőanlarına, Arő. Gör. Eda Karaismailoğlu'na, değerli vakitlerini bu çalışmaya harcayarak bilime katkıda bulunmaya çalışan gönüllülere ve bu yoğun tempoda bana her türlü desteği veren eőime teőekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Eren F., Olaya ilişkin potansiyellerin saklanmış bilginin tespitinde kullanımı: Kelime, nesne ve yüz tanımanın karşılaştırılması, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Uzmanlık Tezi, Ankara 2014. Bu çalışmada kişi için bir anlam ifade eden saklanmış bilginin, kelime, nesne ve yüz görsellerinden hangisinde daha belirgin olaya ilişkin potansiyeller oluşturduğu araştırıldı. Bu amaçla 18-30 yaş aralığında 20 gönüllü denekten elde edilen potansiyeller ve davranışsal veriler (reaksiyon zamanı ve düğmeye doğru basma oranı) karşılaştırıldı. Denekler kelime, nesne ve yüz görsellerinin bulunduğu, üç-uyarı-protokolüyle hazırlanmış testlere katıldılar. Her bir test modülünde 6 farklı görsel vardı ve bunlardan biri denek için anlamlı (prob) görsel, biri hedef görsel ve diğerleri de bir anlam ifade etmeyen (standart) görsellerdi. Testte deneklere hedef görseli gördüğünde bir düğmeye, diğer görsellerde diğer düğmeye basma görevi verildi. Eşzamanlı alınan elektroensefalografi kayıtlarından olaya ilişkin potansiyeller elde edildi, düğmeye basma görevindeki reaksiyon zamanları ve doğru basma oranları kaydedildi. P300 olaya ilişkin potansiyel amplitüdlerini karşılaştırabilmek için her bir deneğin olaya ilişkin potansiyellerinin grup ortalamaları alındı. Yüz, nesne ve kelime modülündeki her bir prob ve hedef görselinin ortalama P300 amplitüdü standart görsellerin ortalama P300 amplitüdüne nazaran anlamlı olarak yüksek bulundu. Ancak bu artışlar standardize edilip karşılaştırıldığında, modüller arasında anlamlı bir fark yoktu. P300 latansları (gecikme) karşılaştırıldığında ise hiç bir modülde anlamlı bir fark bulunamadı. Ortalama reaksiyon zamanları, bütün modüllerde hedef görsellerin reaksiyon zamanı standart görsellerinkine göre anlamlı olarak daha uzundu. Ancak prob görsellerine ait reaksiyon zamanları, standart görsellerinkine göre uzun olmakla birlikte fark anlamlı bulunmadı. Düğmeye doğru basma oranları değerlendirildiğinde modüller arasında anlamlı bir fark yoktu. Bulgularımıza göre P300 amplitüdü, hedef ve prob görsellerinkiyle standart görsellerinki kıyaslandığında anlamlı olarak artmıştı. Bu sonuçlar kelime, nesne ve yüz modüllerinde gözlemlendi. Ancak, kişi için anlamlı olan bilgilerin Saklanmış Bilgi Testi görselleriyle tespit edilmesinde yüzler, kelimeler veya nesnelere arasında herhangi birinin sonuca götürmede üstün olmadığını gözlemlendi.

Benzer çalışmalarda, aynı yöntemlerin, çok küçük değişiklikler yapılarak, kopyalanmasıyla farklı sonuçlar elde edilmiştir. Çoğu seferinde elde edilen sonuçların farklı oluşu, basit değişikliklerin deneklerin motivasyonlarını etkilemesinden veya kültürel özelliklerin farklılık göstermesinden kaynaklanıyor olabilir.

Anahtar Kelimeler: Saklanmış bilgi testi, olaya ilişkin potansiyeller, reaksiyon zamanı

ABSTRACT

Eren F., Detecting concealed information by using event related potentials: Comparing text, object and face detection, Hacettepe University Medical Faculty, Physiology Thesis, Ankara 2014. The purpose of this study was to investigate which type of visual concealed information, in the form of text, object and face pictures, would cause distinctive event related potentials. We compared electrophysiological and behavioral data (reaction time and correct button press ratios) of twenty volunteer subjects aged 18-30 years. The subjects attended three-stimulus-protocol which was consisted of text, object and face pictures. Each test was comprised of six different pictures, one of them was meaningful (prob), one of them was target and the others were nonsense (standard) for subject. The subjects were instructed to press a button when they saw target picture and press another button when they saw other pictures. We calculated reaction times and correct button press ratios during button press task. Event related potentials were recorded simultaneously during the button press task. Each subject's event related potential was averaged to compare P300-based event related potential amplitudes. We found a significant increase between prob and target picture's mean P300s amplitudes compared to standard pictures' mean P300s amplitudes in text, object and face picture categories. However, these values were not significant between categories after these values were standardized and then compared. We could not find significant difference between categories in P300 latencies. When mean reaction times are compared, there is significant difference in target pictures reaction times compared to standard pictures reaction times. However, no significance is found in prob reaction times compared to standards' reaction times, even though probs' reaction times have gotten longer. There is not a significant difference in correct button press ratios. According to our results, there is no significant difference among face, text and object categories in detection of meaningful information visuals by concealed information test. Previous studies revealed different results although all of them used the same methods with small alterations. The reason of having different results might be due to simple changes in methods. These subtle changes may affect subject's motivation, or other factors such

as cultural and personality differences may be the culprit.

Keywords: Concealed information test, event related potentials, reaction time

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	3
2.1. Saklanmış Bilginin Tespiti	3
2.1.1. Tanımı	3
2.1.2. Tarihçesi	3
2.2. Poligraf	3
2.2.1. Tanımı	3
2.2.2. Kullanım Alanları	4
2.2.3. Poligrafın Ölçümünde Kullanılan Test Teknikleri	5
2.2.3.1. Fizyolojik Parametreler	7
2.2.3.2. Elektroensefalografi (EEG)	7
2.3. Olaya İlişkin Potansiyeller	14
2.3.1. Tanımı	14
2.3.2. Tarihçesi	15
2.3.3. Bileşenleri	17
2.3.3.1. Görsel Duyu Bileşenleri	18
2.3.3.1.1. C1	18
2.3.3.1.2. P1	18
2.3.3.1.3. N1	18
2.3.3.1.4. P2	19
2.3.3.1.5. N170 ve Verteks Pozitif Potansiyeli	19
2.3.3.1.6. P300 (P3)	19
2.3.3.1.7. N400	20
2.3.3.1.8. P600	20

2.3.3.1.9. Hareketle İlişkili Kortikal Potansiyeller	20
2.3.3.1.10. Bağımlı Negatif Değişim (BND, Contingent Negative Variation)	20
2.3.3.2. Diğer Duyu Bileşenleri	21
2.4. P300 ile Saklanmış Bilginin Tespiti	22
2.4.1. Tanımı	22
2.4.2. Tarihçesi	24
2.4.3. Saha Şartlarında Kullanımı	32
2.4.4. Günümüz Kullanımı	33
2.4.5. Saklanmış Bilginin Tespit Edilmesinde Uyarın Olarak İnsan Yüzü, Nesne veya Kelime Görseli Kullanımı	35
GEREÇ ve YÖNTEM	36
3.1. Denekler	36
3.2. Çalışma Öncesi Deneklerin Hazırlanması	36
3.3. Çalışmanın Uygulanışı	38
3.4. Çalışma Materyali	40
3.4.1. Kelime	40
3.4.2. Nesne	40
3.4.3. İnsan Yüzü	40
3.5. EEG'nin ve Davranışsal Verilerin Kayıt Sonrası Analizi	41
3.6. İstatistiksel Analiz	42
BULGULAR	43
4.1. Davranışsal Bulgular	43
4.2. Elektrofizyolojik Bulgular	48
TARTIŞMA	53
SONUÇ ve ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	65

SİMGE VE KISALTMALAR

3UP	3 Uyarın Protokolü
Cz	Verteks Orta Hat Elektrodu
EEG	Elektroensefalografi
fMRG	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (<i>fMRI</i>)
Fz	Frontal Orta Hat Elektrodu
GNP	Geç Negatif Potansiyel
KDP	Karmaşık Deneme Protokolü (<i>Complex Trial Protocol</i>)
KST	Karşılaştırmalı Soru Testi (<i>Comparison Question Test=Control Question Test</i>)
KÖ	Karşı-Önlem (<i>Countermeasure</i>)
MERMER	Bellek ve Kodlamayla İlgili Çok Yönlü Elektroensefalografik Tepki
N	Denek Sayısı
OİP	Olaya İlişkin Potansiyel (<i>Event-Related Potential</i>)
Oz	Oksipital Orta Hat Elektrodu
PET	Pozitron Emisyon Tomografisi
Pz	Paryetal Orta Hat Elektrodu
RZ	Reaksiyon Zamanı
S-büyük	Standart Ögelerden P300 Genliği En Fazla Olanı
S-hepsi	Bütün Standart Ögelerin Ortalama Değeri
SBT	Saklanmış Bilgi Testi (<i>Concealed Information Test</i>)
Ss	Standart Sapma
t-t	Tepe-Tepe
VKİ	Vücut Kütle Endeksi (<i>Body Mass Index</i>)

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
1. 1929 yılında Hans Berger tarafından çekilen ilk EEG	8
2. Uluslararası 10-20 Elektrod Yerleştirme Planı	10
3. Temel EEG Dalgaları ve Bir Epilepsi Dalgası Örneği	11
4. Blinç Düzeyine Bağlı EEG Aktivite Değişiklikleri	13
5. 13 Yaşında Bir Kız Çocuğundan Alınan EEG Kaydı	13
6. Saçlı kafa derisi bölgeleri Fz (frontal), Cz (merkez) ve Pz (pariyetal)'den alınma üç OİP ve EOG	24
7. Pz ve Fz Elektrodundan Alınan OİP'lerde, P300-MERMER'in Nasıl Hesaplandığının Gösterimi	30
8. Standart, prob ve hedef öğeler tarafından oluşturulan OİP dalga formlarının grup ortalaması. Kelime, nesne ve yüz modüllerinde Cz, Pz ve Oz elektrod bölgelerinden alınan OİP dalgaları	52

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
1. Deneklerin yaş, boy ve ağırlık değerleri	44
2. Yüz modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının ortalama ve standart sapmaları	46
3. Kelime modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının ortalama ve standart sapmaları	46
4. Nesne modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının ortalama ve standart sapmaları	46
5. Yüz, kelime ve nesne modüllerinde, standard görsellerdeki reaksiyon zamanına göre düzeltilmiş prob görselleri reaksiyon zamanlarının ortalama ve standart sapmaları	47
6. Yüz, kelime ve nesne modüllerinde, standard görsellerdeki reaksiyon zamanına göre düzeltilmiş hedef görselleri reaksiyon zamanlarının ortalama ve standart sapmaları	47
7. Deneklere farklı modüllerde (yüz, kelime, nesne) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyel amplitüdlerinin ortalama ve standart sapmaları	49
8. Deneklere farklı modüllerde (yüz, kelime, nesne) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyeli latanslarının ortalama ve standart sapmaları	50
9. Yüz, kelime ve nesne modüllerindeki, standarda göre düzeltilmiş hedef ögenin ortalama P300 amplitüd değerlerinin ortalama ve standart sapmaları	51
10. Yüz, kelime ve nesne modüllerindeki, standarda göre düzeltilmiş prob ögesinin ortalama P300 amplitüd değerlerinin ortalama ve standart sapmaları	51

GİRİŞ

Zihin okuma, onlarca yıldır insanoğlunun hayallerinden biri olmuş, bu amaçla sayısız deneme gerçekleştirilmiştir. Bu konudaki şüphesiz en popüler düşünce, kafaya yerleştirilen bir başlık ile kişinin zihninden geçenlerin bir ekrana yansıtacağı şeklinde olmasıdır. Bu amaçla toplumda yalan makinası olarak da bilinen poligraflar onlarca yıldır kullanılmakta ve şüphelinin soruşturmacıyı aldatmasının önüne geçilmeye çalışılmaktadır.

Aldatmanın tespiti, adli soruşturma, terörle mücadele, güvenlik koruma ve klinikte büyük öneme sahiptir [1]. Yarım yüzyıldan fazla zamandır aldatmanın tespitinde fizyolojik yöntemler geliştirmek için birçok girişimde bulunulmuştur [2]. Otonom sinir sistemi yanıtlarını ölçmeye dayanan poligrafik testler bu alandaki en geleneksel yöntemlerdir. Poligrafı kullanan çeşitli testler geliştirilmiştir. Böyle bir test olarak, Lykken tarafından geliştirilen Saklanmış Bilgi Testi (SBT, Concealed Information Test) [3] veya Suçlu Bilgisi Testi (Guilty Knowledge Test), yüksek doğruluk oranıyla bilimsel ilkelere dayalı bir test olarak bilim camiasında kabul görmüştür [4]. SBT'de denekler, saklanmış bilgi ögesi ve bir dizi kontrol ögesini içeren çeşitli uyarılar aracılığıyla test edilirler. SBT'nin amacı, olay-ilişkili bilgiyi saklamaya çalışan suçluları fizyolojik ölçümler aracılığıyla tespit etmeye çalışmaktır. Eğer deneğin saklanmış bilgiye fizyolojik yanıtları devamlı olarak kontrol ögelerinden yüksek oluyorsa, o bilginin kişi için bir anlamı olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, otonom sinir sistemi yanıtlarını ölçmeye dayalı SBT'nin doğruluk oranı tartışmalıdır ve prosedürün standardizasyonunun zorluğundan dolayı eleştiriler artmaktadır [5]. Bu nedenlerle saklanmış bilginin tespiti, olaya ilişkin beyin potansiyelleri ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) gibi bir dizi kayıt yöntemiyle genişletilmiştir [6-8]. Özellikle, olaya ilişkin potansiyeller ile daha tutarlı sonuçlar elde edilmektedir [9, 10].

Geçmiş çalışmalarda aldatmanın, geliştirilen Olaya İlişkin Potansiyel (OİP, Event-related Potential) tabanlı çalışma protokolleriyle tespit edilebildiği gösterilmiştir ancak günümüze kadar yapılmış çalışmalar sonucu saklanmış bilginin tesbitine yönelik altın standart bir protokol bulunamamıştır.

Mevcut çalışmamızda, farklı kategorilerdeki (kelime, nesne ve yüz) görsel bilgiler kullanılarak, saklanmış bilginin tesbitinde şu ana kadar

kullanılan metodların anlaşılmasına katkıda bulunmak ve bu konunun önemini yansıtmak amaçlanmıştır.

Hipotezimiz, SBT protokolü uygulandığında denekler için anlamlı olan kelime, nesne ve yüz görsellerinden birinin, P300-tabanlı OİP kayıtlarını veya eşzamanlı davranışsal kayıtları etkileyerek, analizlerimizle daha kolay tespit edilebileceği şeklindeydi.

GENEL BİLGİLER

2.1. Saklanmış Bilginin Tespiti

2.1.1. Tanımı:

Aldatma, bir bilginin doğru olmadığını bilmesine rağmen, karşıdaki kişiyi yanlış yönlendirmek amacıyla, doğruymuş gibi davranmak olarak tanımlanır [11]. Aldatma araştırmaları, geleneksel poligraf tekniklerini kullanarak suç ile ilişkili emosyonel karmaşıklık altında yatan fizyolojik belirteçleri tanımlamaya çalışmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre test edilen şüphelilerin suçlu ya da masum olduklarına karar verilmeye çalışılır [2]. Aldatmanın, toplum içerisindeki günlük ilişkilerde yaygın olması nedeniyle, doğru belirteçleri (marker) ve tespitinde etkili yöntemleri tanımlamak, çeşitli resmi, askeri, endüstriyel ve tıbbi alanlarda önemli tesirleri olacaktır [12]. SBT; aldatmanın psikofizyolojik tespitinde kullanılan, olay-ilişkili bilgiyi saklamaya çalışan kişilerin çeşitli ölçümler aracılığıyla tespit edilmeye çalışıldığı bir protokoldür.

2.1.2. Tarihçesi:

Yarım yüzyıldan daha uzun zamandır aldatmanın tespitine yönelik fizyolojik metodlar geliştirme girişimlerinde bulunulmuştur [2, 13]. Poligrafik testler bu yaklaşım için kullanılan en geleneksel yöntemlerdir [14]. 1980'lerin ortalarına kadar, aldatma tespitinde baskın yöntemler otonom sinir sistem aktivitesinin poligrafla ölçümlerini içermiştir [6].

Araştırmacılar, aldatma tespitine iki kuramsal çerçevede çalışmışlardır: emosyonel-bazlı ve bilişsel-bazlı yaklaşım [15]. Emosyonel-bazlı yaklaşım, suçlu kişileri masumlardan ayırmada bir belirteç olarak artmış otonom sinir sistemi aktivitesini (örneğin; deri iletkenliği, kardiyovasküler aktivite, solunum hızı) kullanır [13, 16]. Bilişsel-bazlı yaklaşım ise bireyin kayda değer saklanmış bilgiye sahip olup olmadığını belirlemek için EEG ile beyin aktivitesinin ölçümüne dayanır [6, 14].

2.2. Poligraf

2.2.1. Tanımı:

20. yüzyıla gelindiğinde, aldatma belirteçleri olarak fizyolojik yanıtlar kullanılmaya başlanılmış ve böylece yalan tespiti bilimsel bir yön kazanmıştır. Bunların en iyi bilineni de poligrafıdır. Bu teknik yüzyılın başlarında geliştirilen

fizyolojik ölçümlere dayanır. Poligraf muayenesinde fizyolojik parametreleri kaydeden bir ekipman ile birlikte sorgulama yapılır. Burada ölçülen fizyolojik parametreler; soluk hızı, kalp atım hızı, kan basıncı ve elektrodermal yanıtıdır. Bir poligraf muayenesi, bir grup evet/hayır sorusunu içerir. Sınanan kimse soruları yanıtlarken bu fizyolojik olguların bilgileri sensörler aracılığıyla poligrafa aktarılır. Bu cihaz bilgiyi kaydetmek için analog ya da dijital teknolojiyi kullanır. Orjinal analog poligraflar hareket eden bir kağıt üzerine çeşitli mürekkepli kalemler aracılığıyla çizerek bilgileri kaydettikleri için, test esnasındaki fizyolojik yanıtların kaydı poligraf grafiği olarak bilinir.

Sesteki titremeleri analiz etmekten, beyin taramalarına; fizyolojik yanıtları kullanarak aldaticılık hakkında çıkarımlar yapan birçok yeni teknoloji geliştirilmektedir [17, 18].

2.2.2. Kullanım Alanları:

Amerika Birleşik Devletleri'nin birçok adli ve istihbarat kurumunda, doğrudan delil yokluğunda suçluları tespit etmede poligraf, değerli bir metod haline gelmiştir [19].

Amerika Birleşik Devletleri ve diğer bazı ülkelerde (özellikle, İsrail, Japonya ve Kanada) poligraf muayeneleri yaygın olarak üç temel amaç için kullanılmaktadır:

- Kolluk kuvvetleri ve ulusal güvenlikle ilgili kurumlarda işe almadan önce taramalarda ve yüksek bir makam için düşünülenlerde, hatta yeni atamalarda kullanılabilir [19].

- Özellikle hassas güvenlik önlemleri gerektiren mesleklerde olmak üzere mevcut çalışanları da içeren taramalarda kullanılır. Örneğin, 1999'da kurulan Amerika Birleşik Devletleri Enerji Departmanı Poligraf Programı hassas pozisyonlardaki yaklaşık 1.300 çalışanı için poligraf muayenelerini zorunlu kılmış ve bir yıl sonra, programı birkaç bin ek çalışanı kapsayacak şekilde genişletmiştir [20].

- Mahkemelerde poligraf sonuçlarının kullanımında pek çok kısıtlama olmasına rağmen, adli soruşturmalarda genellikle yardımcı olarak kullanılır [21].

Poligrafın bahsedilen alanlarda kullanımı, bilimsel olarak ve uygulamada birçok soruyu doğurur. Poligraf, Amerika Birleşik Devletleri'nde bilimsel ve kamusal alanda epey tartışma konusu olmaya devam etmektedir.

Hatta, "Çalışanları Koruma Yasası" net bir şekilde iş ortamında poligrafların kullanımını büyük ölçüde sınırlandırmıştır [22]. Çünkü geçerliliği konusunda şüpheler vardır. Farklı mahkemelerin, poligrafın delil olarak kullanılmasında farklı kuralları bulunmaktadır. Birçok kişi, poligrafla taramanın uygun olmadığını düşünmektedir. Dahası, bazı internet siteleri ve organizasyonlar kendilerini poligrafı gözden düşürmeye adanmıştır (örneğin, antipolygraph.org). Bu süregelen tartışmayı açıklığa kavuşturmak için başına J. P. Rosenfeld'in atandığı bir araştırma komitesi kurulmuştur [2].

2.2.3. Poligrafın Ölçümünde Kullanılan Test Teknikleri:

Poligraf testinin aldatmayı algılama duyarlılığı sürecin diğer unsurlarına da bağlıdır. Bunlardan birisi poligraf grafiğinin yorumudur. Sonuçların yorumu, araştırılan durumla ilişkili sorulara verilen fizyolojik yanıtların karşılaştırılması ve karşılaştırma sorularına verilen yanıtları değerlendirilerek yapılır. Araştırmacı, bireyden elde edilen grafikleri değerlendirip, tıpkı şifre çözer gibi sonuçları yorumlamaya çalışır. Grafiğin yorumlanması bilgisayar tarafından da yapılabilmektedir [23-27].

Poligraf testi ile ilgili deneysel araştırmanın önemli bir kısmı belirli teknikleri onaylama veya bir teknikle diğerinin performansını karşılaştırmaya yöneliktir. Sorgulama tekniklerinin güncel kullanımda üç ana sınıfı vardır. Bunların en eskisi anlamlı-önemsiz (prob-standart) tekniği. Burada, anlamlı sorular (prob) tipik olarak çok spesifiktir ve soruşturma kapsamındaki bir olayla ilgilidir: Örneğin, "Cuma günü bankayı soydun mu?". Önemsiz sorular (standart) olayla ilgili olmayan sorulardır: Örneğin "Bugün Pazartesi mi?" veya "Ankara'da mı yaşıyorsun?". Standart sorulardansa prob sorulara daha güçlü fizyolojik yanıtların alınması aldatmanın işareti olarak kabul edilir. Her ne kadar bu tekniğin bazı kısıtlamaları olsa da, adli soruşturmalarda ve bazı federal işçi güvenliği tarama programlarında (örneğin Amerikan Ulusal Güvenlik Ajansı) halihazırda kullanılmaktadır [28].

Kontrol sorusu veya karşılaştırmalı soru testi (KST) olarak adlandırılan tekniklerde ise anlamlı (prob) sorulara ve diğer sorulara (standart) alınan fizyolojik yanıtları karşılaştırırlar. Bu tekniklerin bir versiyonunda, karşılaştırma soruları aldatmak için bir dürtü oluşturmak amacıyla seçilir: Örneğin, "İşyerinden hiç küçük de olsa bir şey çaldın mı?" veya "Hiç küçük bir trafik suçu işledin mi?". Soruşturma kapsamındaki olaylar hakkında yalan söyleyen

denekler için, anlamlı (prob) soruların daha yüksek seviyede ilgi oluşturacağı ve böylece daha güçlü fizyolojik yanıtlar oluşturacağı varsayılır. KST'ler hem olaya özgü araştırmalar hem de taramalar için kullanılmaktadır [2, 23, 29, 30].

Diğer tekniklerde, sadece soruşturmacılar tarafından bilinen doğrudan olayla ilgili bilgi ile soruşturma altındaki bir olayın detayları hakkındaki soruları içerir yani saklanmış bilgi araştırılır. Bu testler, birey suçlu olmasa bile istenilen bilgiye sahip olduğu durumlarda da uygulanabilmektedir. Burada sorular çoktan seçmeli olarak sunulur. Örneğin, bir hırsızlık soruşturmasında: "Eve nereden girildi?"; (1) ön taraftan mı? (2) mutfak kapısından mı? (3) banyo penceresinden mi? (4) balkondan mı? (5) ikinci kattaki odadan mı? [31]. Denek, olaya ilişkin bilgiyi bildiğini reddetse dahi artmış bir fizyolojik yanıt verecektir. Yani denek bilgileri gizlediği için, sonuca varılmış olunur. Yalnız bu testi yapabilmek için araştırmacının olaya (sorgulanan konu) ilişkin detayların bilgisine sahip olması gerekmektedir. Bundan dolayı rutin güvenlik taramalarında kullanılamaz [32, 33].

Uygulanan poligraf test teknikleri ve kullanılan karşılaştırma soruları anlamlı öğeye (prob) göre değişir. Bu farklı yaklaşımlarla birlikte deneğin fizyolojik yanıtları birleştirilerek kullanılır. Çıkan sonuçlar da deneğin anlamlı sorulara (prob) yanıtlarının doğru olup olmadığı hakkında çıkarımlar yapmak için kullanılır. Birçok uygulamada araştırmacılar, denek tarafından yalan söylenirse bile, karşılaştırma sorularına artmış fizyolojik yanıt alıyorlar. Ancak aldatmanın olup olmadığını belirlemek için daha ileri görüşmelere veya testlere ihtiyaç duyuyorlar. Böyle ayırt edilebilen veya güçlü bir yanıtın olmaması, genellikle kişinin doğru söylediği sonucuna götürmektedir.

Poligrafın yanılmaz olduğu düşüncesi yanlıştır. Ancak soruşturmacılar, poligrafı karşılaştıran bazı suçluların suçlarını itiraf etmeye eğilimli olduklarını görmüşlerdir [32, 34]. Çünkü poligrafın doğruyu ortaya çıkaracağına inanmaktadırlar. Haksız yere suçlanan insanlar ise gönüllü olarak poligraf testlerine katılarak masum olduklarını ispatlamak isterler. Popüler kültür ve medyada poligraf cihazı sıklıkla sihirli bir zihin okuyucu makina olarak sunulur. Halbuki poligraf testinin geçerliliği konusunda kabul gören ortak bir görüş bulunmamaktadır.

2.2.3.1. Fizyolojik Parametreler:

Soruşturmacılar, poligrafın aldatmayı direkt ölçtüğünü iddia etmemektedirler. Aksine, aldatma esnasında normale göre artmış olduğuna inandıkları fizyolojik yanıtları ölçtüğünü söylemektedirler. Bir soruya karşılık verilen yalan cevap, soru sorulmadan önceki duruma göre göreceli olarak bir reaksiyona yol açar ki bu durum solunum hızını, kalp hızını, kan basıncını veya deri iletkenliğini değiştirebilir. Deneğin araştırılan konuyla ilgili sorulara verdiği fizyolojik yanıtlar, konuyla ilgisi olmayan karşılaştırma sorularına verdiği yanıtlardan daha güçlüdür [35, 36].

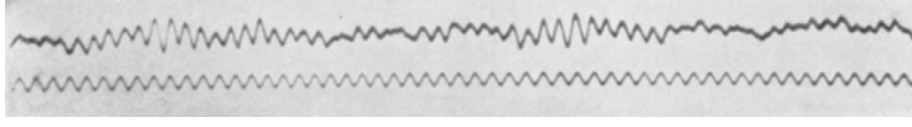
Poligraf testi hakkında tartışılan asıl mesele, bu fizyolojik yanıtların geçerliliğidir. Örneğin; bunlar, aldatma ile ilgili olarak güçlü ve benzersiz mi ya da aldatmadan başka aynı yanıtları oluşturabilen diğer durumlar var mı? Bu ilişki belirli yollarla seçme veya sorular sormaya bağlı mıdır? Eğer öyleyse, araştıranlar doğru tarz soruları soruyor ve farklı sorulara verilen fizyolojik yanıtlar arasında doğru karşılaştırmaları yapıyorlar mıdır [37-40]?

Otonom sinir sistemi fizyolojik belirteçlerinin yaygın kullanımına rağmen, deneklerin uyguladıkları bazı zihinsel veya fiziksel girişimlerle poligrafın kolayca kandırılabilmesinden dolayı bu araştırmalara Amerikan Ulusal Bilim Akademisi tarafından sürekli itiraz edilmiş ve çeşitli eleştiriler getirilmiştir [2]. Dahası, emosyonel kapsamdaki yöntemler yüksek oranda yanlış pozitif teşhis yapmaktadır [41]. Şöyle ki masum bir kişiyi suçlu olarak teşhis edebilir. Halbuki kaydedilen artmış fizyolojik yanıt, şüphelinin endişesine bağlı artmış emosyonel cevabı sonucu gelişmiş ve bahsedilen yöntemlerle bu durum ayırt edilememiş olabilir [42]. Bu yöntemler artan eleştirilere maruz kalınca, olaya-ilişkin P300-tabanlı EEG kaydı 1980'lerin ortalarında geliştirilmeye başlanılmıştır [6].

2.2.3.2. Elektroensefalografi (EEG):

1929 yılında Alman psikiyatrist Hans Berger, kafa derisi üzerine bir elektrod yerleştirip, sinyali güçlendirip, voltaj değişikliklerini çizdirerek insan beyninin elektriksel aktivitesinin ölçülebileceğini ve beyinde oluşan bu elektrik dalgalarının bir kağıt üzerine yazdırılabileceğini gösterdi [43]. Bu ilk kaydın bir kesiti Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu kayıt şekline de elektroensefalografi (EEG) adını verdi. Bu elektriksel aktivite beynin fonksiyonel durumuna göre

değişebiliyordu. Uykuda, anestezi altında, komada, epilepsi gibi bazı sinir sistemi hastalıklarında farklı kayıtlar alınıyordu.



Şekil 1: 1929 yılında Hans Berger tarafından çekilen ilk EEG-Berger, H. [43]'dan alınmıştır.

Hans Berger'in 1929'da EEG'yi keşfi esnasında günün nörofizyologları aksiyon potansiyelleri ile meşguldü. Bunların çoğu başlangıçta Berger'in gözlediği nispeten yavaş ve ritmik beyin dalgalarının bir tür artefakt olduğuna inanıyorlardı. Ancak birkaç yıl sonra, saygın fizyolog E. D. Adrian da insan EEG aktivitesini gözlemledi [44]. Jasper ve Carmichael [45], Gibbs, Davis, Lennox [46] da Berger'in gözlemlerini doğruladılar. Bu bulgular, EEG'nin gerçek bir olgu olarak kabulüne yol açtı.

Beyin üzerindeki kafa derisine yerleştirilen bir elektrod ile başın elektriksel olarak nötr olan diğer bir kısmına (beyin hücrelerinden uzak bir yere, örneğin kulak memesine) yerleştirilen diğer bir elektrod arasında elektriksel bir voltaj oluşur. Bu voltajlar EEG'yi oluşturur ve genel bir ifadeyle beyin dalgaları olarak bilinir.

EEG ile geniş bir nöron grubunun spontan elektriksel aktivitesindeki dalgalanmalar kafatası yüzeyinden kaydedilir. EEG çok sayıda kortikal sinir hücresinin post-sinaptik potansiyellerinin kayıt edilmesidir. Bu yöntem beynin yapısal özelliklerinden çok fonksiyonel durumunu yansıtır.

EEG dalgalarının amplitüdü (genliği) eşzamanlı olarak etkinlik gösteren aktif hücrelerin sayısı ve beyinde ne ölçüde yaygın olduğu ile doğru orantılıdır. Yani ne kadar çok sayıda sinir hücresi eşzamanlı olarak aktifse, ölçülen EEG dalgalarının amplitüdü de o kadar büyük olacaktır. Dalgaların frekansı ise nöronların uyarılma frekansları ile doğru orantılıdır. Beyin korteksi nöronlarının etkinliği eşzamanlı olduğu zaman EEG dalgaları daha düşük frekanslı olmaktadır.

Bu elektriksel olaylar kaydedilebilir ve belirli bir bölgenin elektriksel aktivitesindeki değişiklik o bölgenin çeşitli davranışlarda bir rol oynayıp

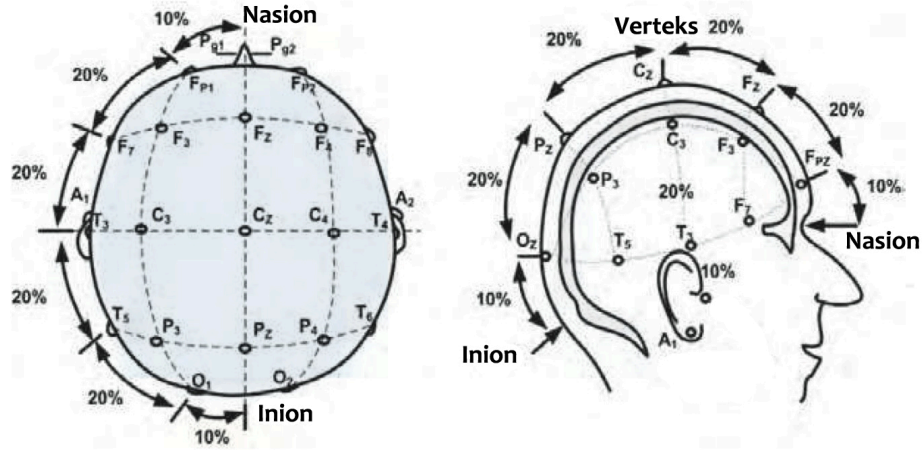
oynamadığının tayin edilmesinde kullanılabilir. Örneğin bir uyarı verildiği zaman, bir karar verirken ya da motor bir hareket esnasındaki EEG kayıtları alınabilir. Ancak pratikte iş bu kadar basit değildir. Özellikle elektriksel aktivite kompleks davranışlarla ilgiliyse yorumlanması çok zordur.

EEG, epilepsi tanısında ve epileptik hastaların takibinde klinik bulguları izleyen en önemli inceleme yöntemidir. Ayrıca, epilepsi dışındaki birçok beyin hastalığı için çok önemli bir ek araştırma yöntemi özelliği taşır.

Girişimsel olarak çok küçük elektrodlarla tek bir nöronun elektriksel aktivitesi kayıt edilebileceği gibi, büyük elektrodlarla binlerce ya da milyonlarca nöronun elektriksel aktivitesi de kaydedilebilir. Her iki durumda da elektrodlarla kaydedilen elektrik akımı çok küçüktür ve kayıt edilebilmesi için bu akımın yükseltilmesi gerekir. Bu amaçla amplifikatörler kullanılır.

EEG kaydı tamamen ağrısız ve zararsız bir işlemdir. Klinikte kullanılan standart EEG kaydında yüzey elektrodları kullanılır.

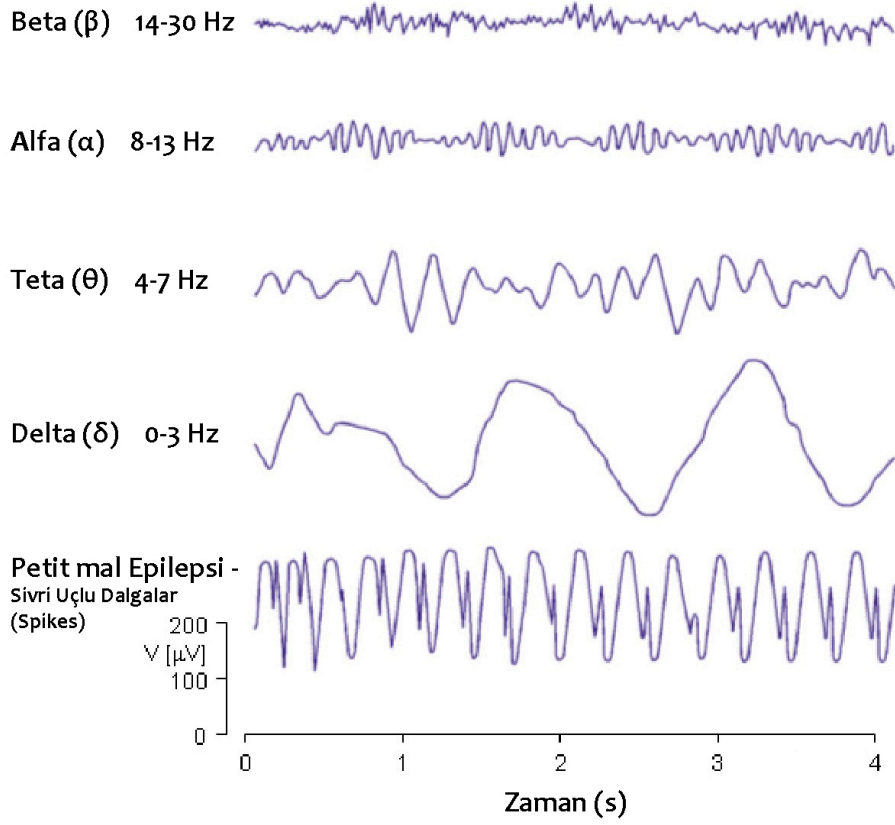
EEG kaydı için yüzey elektrodlarının yerleştirilmesinde “Uluslararası 10-20 Sistemi” (Şekil 2) kullanılır. 10-20 sistemi, serebral korteksin altında yatan alanlar ile elektrodların yerleşimi arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Her nokta beyin lobunu temsil eden bir harf ve hemisfer yerleşimini belirleyen bir sayı ya da başka bir harf ile temsil edilir. F, T, C, P, ve O harfleri sırasıyla Frontal, Temporal, Santral (Central), Paryetal ve Oksipital anlamına gelmektedir (santral lob yoktur, fakat bu nokta sulkus sentralis üzerindedir). Çift sayılar (2,4,6,8) sağ hemisferi, tek sayılar (1,3,5,7) sol hemisferi işaret etmektedir. “z” harfi elektrodun orta hat üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca sayı küçüldükçe elektrodun pozisyonu orta hata yakınlaşmaktadır. Nasion, iki göz arasında, orta noktada, burun köküne yakın kısma verilen isimdir. Inion ise kafatasının arkasındaki en çıkıntılı bölgedir.



Şekil 2: Uluslararası 10-20 Elektrod Yerleştirme Planı-Mansor ve ark. [47]'dan alınmıştır.

EEG okumada dalgaların temel olarak frekansı ve morfolojisi incelenir. Frekans; birim zamandaki (1 saniye) dalgaların sayısıdır. Fizyolojik EEG dalgaları ve çeşitli epilepsi tiplerindeki patolojik EEG dalgaları Şekil 3 ve Şekil 5'te, bilinç düzeyine bağlı görülen EEG dalgaları Şekil 4'te gösterilmiştir. EEG dalgaları genellikle frekanslarına göre sınıflandırılır:

- beta dalgaları
- alfa dalgaları
- teta dalgaları
- delta dalgaları
- gama dalgaları
- mü dalgaları



Şekil 3: Temel EEG Dalgaları ve Bir Epilepsi Dalgası Örneği-
<http://www.bem.fi/book/13/13.htm>'den alınmıştır.

Beta dalgaları, 14 veya daha yüksek frekanslı dalgalardır. En iyi olarak frontal bölgede kaydedilir. Fizyolojik şartlarda gözleri açık, uyanık bireylerde görülen baskın dalga şeklindedir. Korteks hasarı olan bölgelerde görülmez ya da azalmıştır.

Alfa dalgaları, 8-13 frekanslar arasındaki dalgalardır. En iyi olarak kafanın posterior bölgelerinde görülür. Uyanık haldeyken gözler kapatılıp, kişi gevşerse alfa dalgaları gözlemlenir, gözler açılırsa kaybolur. Gözler kapalıyken hesaplama, bir şey düşünme gibi aktiviteler olursa yine alfa dalgaları kaybolur. Kısacası bunlara sakin uyanıklık dalgaları da denir.

Teta dalgaları, 4-7 frekanslar arasındaki dalgalardır. Yavaş aktivite olarak da sınıflandırılır. Uyanıkken yetişkinlerde görülmesi beklenmez ancak 13 yaşına kadar olan çocuklarda uyanıkken görülmesi normaldir. Her yaştaki kişilerde uykuda görülmesi normaldir. Yetişkinlerde, uyanık iken, bölgesel

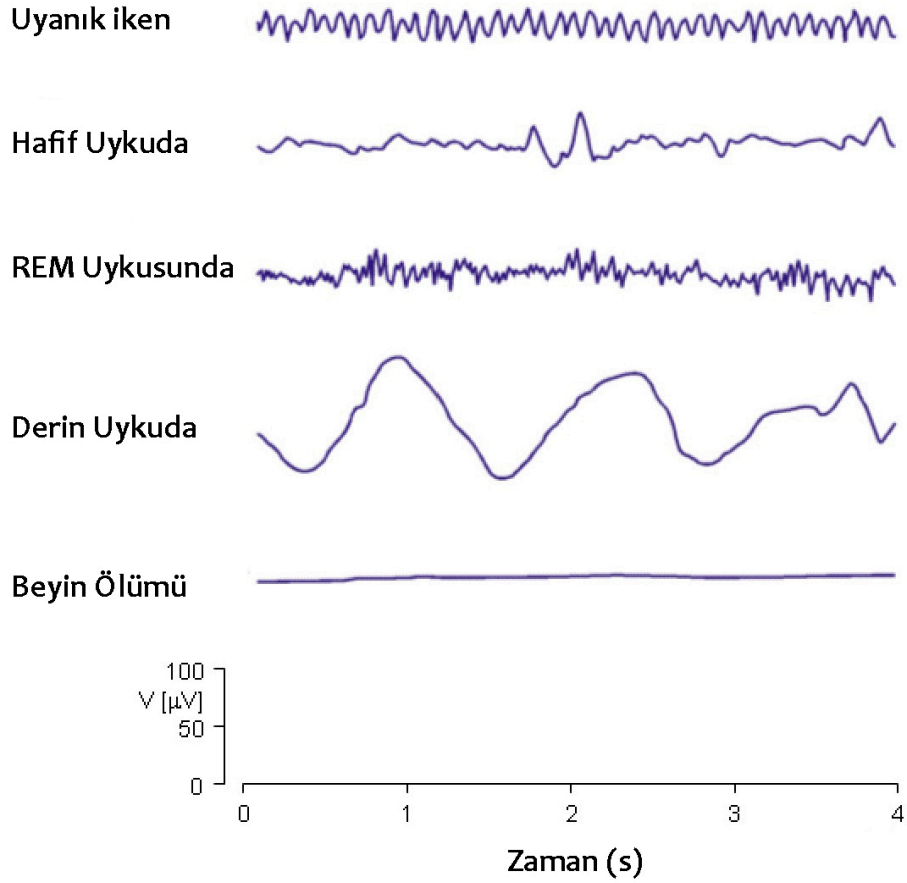
olarak görülmesi korteks-altı lezyonu düşündürür. Yaygın olarak görülmesi ise hidrosefali veya ensefalopati düşündürür.

Delta dalgaları, dörtten daha düşük frekanslı dalgalardır. Frekansı en düşük ve amplitüdü en büyük olan EEG dalgalarıdır. Bir yaşına kadarki yenidoğanlarda baskın EEG ritmidir. Her yaşta, uykunun 3. ve 4. evresinde görülür. Erişkinlerde uyanıkken görülmesi patolojiktir.

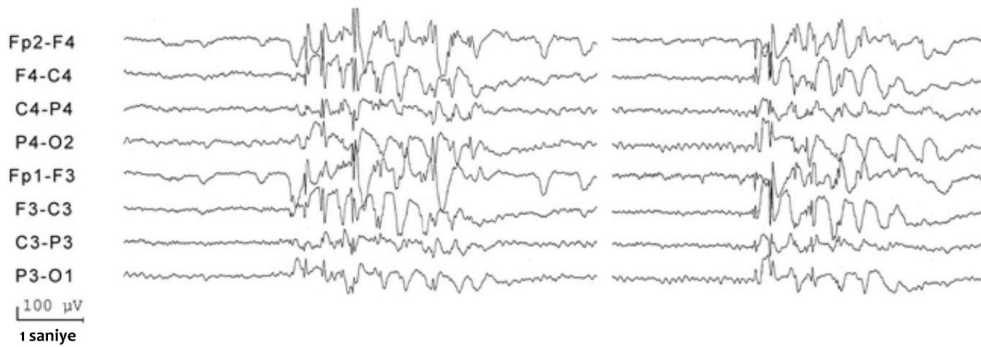
Gama dalgaları, 30-100 frekanslar arasındaki dalgalardır. Gama ritimlerinin belirli bilişsel veya motor fonksiyonları gerçekleştirmek amacıyla bir ağ oluşturacak şekilde farklı nöron topluluklarının birleşmesini temsil ettiği düşünülmektedir [48].

Mü dalgaları, genellikle 8-13 frekanslar arasındadır ancak kısmen diğer frekanslarla da örtüşebilmektedir. Bu dalgalar dinlenim halindeki motor nöronların eşgüdümlü aktivitelerini yansıtmaktadır. Kişi motor aktivitede bulunduğunda ya da motor aktivitenin sergilenmesini izlediğinde mü dalgası baskılanır. Mü dalgası baskılanması, ayna nöronların¹ çalıştığını göstermektedir. Mü baskılanması ve dolayısıyla ayna nöronlardaki bozuklukların otizmde rol oynayacağı düşünülmektedir [49].

¹ Ayna nöron, bir insanın herhangi bir hareketi kendisi yaptığı ve aynı hareketi yapan birini gözlemlediği durumların her ikisinde de aktiflenen nöronlar için kullanılan isimdir.



Şekil 4: Blinç Düzeyine Bağlı EEG Aktivite Değişiklikleri-
<http://www.bem.fi/book/13/13.htm>'den alınmıştır.



Şekil 5: 13 Yaşında Bir Kız Çocuğundan Alınan EEG Kaydı. İki Adet Fokal Motor Epilepsi Geçirme Örneği Görülmekte-Panayiotopoulos, C.P. [50]'den alınmıştır.

Klinik ve bilimsel amaçlı uygulamaların her ikisinde de EEG'nin çok kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır. Ancak ham şekliyle EEG, beyin aktivitesinin

çok kaba bir ölçümü olduğu için, spesifik nöral süreçleri değerlendirmek için kullanılması çok zordur. EEG'nin yüzlerce farklı nöral noktadan kaynaklanıyor olması, nöro-kognitif işlemleri ayrı ayrı izole etmeyi zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, basit ortalama tekniğini kullanarak, EEG içine gömülü, belli duysal, bilişsel ve motor olaylarla ilişkili nöral yanıtları elde etmek mümkündür. Bu özgün yanıtlara olaya ilişkin potansiyeller (OİP, Event-related potential) adı verilir. Belirli olaylar ile ilişkili elektriksel potansiyeller olduğu için bu şekilde adlandırılmıştır [51].

Aldatma ile ilgili bilişsel aktivite, merkezi sinir sistemi faaliyetini inceleyen tekniklerden OİP ile değerlendirilebilir [52, 53]. Bu amaçla kullanılan OİP'ler merkezi sinir sisteminden kaydedilir ve birey için önemli olayların tanınmasından etkilendiği kabul edilir. Burada bilişsel olarak tespit edilen OİP gibi aktiviteler otonom sinir sistemi yanıtlarından çok daha yüksektir [54]. OİP'lerden bu amaçla kullanılan P300; nadir, anlamlı uyarıya (prob) yanıt olarak uyarıdan yaklaşık 300 ms sonra görülen, karakteristik pozitif bir elektriksel potansiyeldir. Bu P300'ler sıklıkla aykırı uyarı" (oddball stimuli) sonucu ortaya çıkarlar. Araştırmacılar, tanımanın bilişsel-bazlı bu fizyolojik belirtecinden faydalanmıştır. Bu amaçla şüphelide, suç ile veya hafıza kaybı numarasının yapılması gibi diğer adli durumlarla ilgili, saklanmış öğelerin bilgisinin tanınmasında kullanılmıştır [6].

Aldatmanın tespitinde bahsedilenler dışında yüz ifadeleri, sesteki stres ölçümü gibi parametreler de çalışılmıştır [55, 56]. Bazı ümit vadeden sonuçlar alınsa da, istenilen başarı henüz sağlanamamıştır.

2.3. Olaya İlişkin Potansiyeller

2.3.1. Tanımı:

OİP'ler belirli olaylara ya da uyaranlara yanıt olarak beyin yapılarında oluşan çok küçük voltajlardır [57]. Bunlar, zaman-bağımlı, duysal, motor ve bilişsel olaylarla ilgili EEG değişiklikleridir. Zihinsel süreçlerin psikofizyolojik bağlantılarını incelemek için güvenli ve girişimsel-olmayan bir yaklaşım sağlarlar. OİP'ler, çeşitli duysal, bilişsel veya motor olaylar tarafından oluşturulabilir. OİP'lerin, bilgi işleme sırasında çok sayıda benzer yönelimli kortikal piramidal nöronun (binlercesi veya milyonlarcası) eşzamanlı ateşlemeleri sonucu oluşan postsinaptik potansiyellerin toplam aktivitesini yansıttığı düşünülmektedir [58]. İnsanlarda OİP'ler 2 kategoriye ayrılabilir:

Uyarıdan sonra ilk 100 ms'de kabaca zirve yapan erken dalgalar veya bileşenleri; "duysal" veya "eksojen" olarak adlandırılır iken uyarının fiziksel parametrelerine büyük oranda bağlıdırlar. Bunun aksine, deneğin uyarıyı değerlendirdiği, sonraki kısımlarda oluşan, "bilişsel" veya "endojen" olarak adlandırılan, geç OİP bileşenleri ise bilgi işleme esnasındaki davranışı yansıtır. OİP'ler; dalga tipleri, gecikme (latans) ve genliklerine (amplitüd) göre tanımlanırlar [59].

Zihinsel işlemlerin istemli hareketlerle veya uyarı bağımlı işlemlerle ilgili olduğunun görülmesinden sonra "Uyarılmış Potansiyel" terimi kullanılmaktan vazgeçilmiştir [60, 61]. Bunun yerine, bir olayla alakalı oluşan beyin potansiyelleri olmasından dolayı "Olaya İlişkin Potansiyel" terimi kullanılmaya başlanmıştır [62].

Bilişsel nörobilimin çoğu araştırmalarında artık OİP terimi kullanılmaktadır. Ancak bazen, başka terimlerle karşılaşmak mümkündür. Bu alanda kullanılan bazı terimlerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- Uyarılmış Yanıt; uyarılmış potansiyel ile aynı şeyi ifade eder.
- Beyinsapı Uyarılmış Yanıtı (Brainstem evoked response=BER); tıklamalar gibi işitsel uyarılarla uyarı başlangıcından ilk 10 ms içinde ortaya çıkan küçük potansiyellerdir. Sıklıkla klinik odyolojiye kullanılmaktadır. Aynı zamanda işitsel beyinsapı yanıtları (Auditory Brainstem Responses=ABR) veya beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri (Brainstem Auditory Evoked Potentials=BAER) olarak da isimlendirilir.
- Görsel Uyarılmış Potansiyel (Visual Evoked Potential=VEP); genellikle, klinikte multipl sklerozis tarafından oluşturulan demiyelinizasyon gibi görme sistemindeki patolojiyi belirlemekte kullanılan görsel uyarılarla ortaya çıkan OİP'leri açıklamak için kullanılmaktadır.
- Görsel Uyarılmış Yanıt; Görsel Uyarılmış Potansiyel teriminin bir benzeridir.
- Uyarılmış Yanıt Potansiyeli; bu terim, "Uyarılmış Yanıt" ve "Olaya İlişkin Potansiyel" in yanlış adlandırılmış bir kombinasyonudur.

2.3.2. Tarihçesi:

Richard Caton (1842-1926), uyarılmış potansiyel alanının öncüsüdür. Caton, "cilt yüzeyine yerleştirilmiş iki elektrod arasında değişken yönlü zayıf

akımlar"ı gözlemlemiştir [63]. Aslında bu buluş bize, 1929 yılında Hans Berger tarafından net olarak gözlemlenen EEG'yi düşündürmektedir.

İnsandan ilk kesin OİP kaydı ise Pauline ve Hallowell Davis tarafından 1935-1936 yıllarında alınmıştır ve birkaç yıl sonra yayınlanmıştır [64]. Bu kayıt, bilgisayarların EEG kaydı için kullanılabilmesinden uzun zaman önce olmuştur. Üstelik grup ortalaması tekniği kullanılmadan tekli kayıtlarda OİP'ler görülmüştür [51].

OİP araştırmalarının modern çağı 1964'te başlamıştır. Bu dönemde Grey Walter ve arkadaşları ilk bilişsel OİP bileşeni olan Bağımlı Negatif Değişimi (BND, Contingent Negative Variation) tanımlamışlardır [65]. Bu çalışmanın her denemesinde, deneklere bir hedef uyaran ile 500 veya 1.000 ms sonrasında bir uyarı sinyali (örneğin, bir dizi flaş ışığı) birlikte sunuldu. Bir görev verilmeden, bu iki uyaranın her biri beklenen duysal OİP yanıtını ortaya çıkardı. Ancak, deneklerin hedefi tespit etmeleriyle birlikte düğmeye basmaları istendiğinde, frontal elektrod bölgelerinde uyarı sinyali ile ayrılan hedef uyaran zamanında büyük bir negatif voltaj gözlemlendi. Bu negatif voltaj belirgin şekilde sadece bir duysal tepki değildi. Aksine, sıradaki hedef görsel için deneğin hazırlığını yansıttığı görüldü. Bu heyecan verici yeni bulgu, bilişsel OİP bileşenlerini keşfetmeye başlamak için birçok araştırmacıya yol gösterdi [51].

Sonraki büyük ilerleme, Sutton, Braren, Zubin, ve John tarafından P300 bileşeninin keşfiyle oldu [66]. Sutton ve ark., uyarıdan yaklaşık 300 ms sonra tepe yapan büyük pozitif bir P300 bileşeni olduğunu buldular. Bu bileşen, uyarı modalitesi çok iyi tahmin edilebilir olduğunda, daha küçük oluyordu. P300 dalgası, kayda değer sayıda araştırmanın konusu olmuştur. Sutton ve ark.'nın makalesi neredeyse sekiz yüz kez atıf almıştır [66]. P300 çalışmalarına milyonlarca dolar harcanmıştır.

Takip eden yıllarda, araştırmaların önemli bir kısmı çeşitli bilişsel OİP bileşenlerini tespit etme, kayıt için yöntemler geliştirme ve bilişsel deneylerle OİP'lerin analizi üzerine oldu. İnsanlar biliş ile ilgili insan beyin aktivitesinin kayıt edilebilmesinden çok heyecanlandılar. Bu dönemde OİP araştırmaları düzenli olarak (PET ve fMRG araştırmalarının ilk günlerinde olduğu gibi) "Science" ve "Nature" dergilerinde yayınlandı. Araştırmaların çoğu, OİP

bileşenlerini keşfetme ve anlamaya odaklandı. Bu tip araştırmalara OİPoloji deniliyordu, çünkü sadece OİP çalışmalarıydı.

OİPoloji, bilişsel nörobilimde önemli bir rol oynar. Nitekim günümüzde OİPolojiye büyük bir ilgi devam etmektedir. Son yıllarda yeni OİP bileşenlerinin keşfedilmesi ve anlaşılmasıyla sonuçlanan bir sürece girilmiştir. Ancak, 1970'li yıllarda çoğu OİP araştırması OİPoloji üzerinde odaklandı. Zaman ilerledikçe artan OİP araştırmaları, geniş bilimsel ilgi uyandıran soruları yanıtlamaya odaklanmış ve OİP tekniğinin itibarını geliştirmeye başlamıştır. OİP araştırmaları ucuz bilgisayarların piyasaya girişi ve bilişsel nörobilim araştırmalarının patlamasıyla, 1980'lerin ortalarında daha da popüler olmaya başladı. PET ve fMRG geliştirildiğinde, birçok OİP araştırmacısı OİP araştırmalarının ölüp gidebileceğini düşünmesine rağmen tam tersi oldu. Hemodinamik ölçümlerde eksik olan yüksek zamansal çözünürlüğü sayesinde çoğu bilişsel sinirbilimciler OİP tekniğini PET ve MRG'nin önemli bir tamamlayıcısı olarak gördüler. Böylece OİP araştırmaları kaybolmaktan ziyade gelişti.

Bir başka bakış açısından OİP, dışarıdaki bir olayın zamanlamasına bağlı gelişen, çoklu beyin elektriksel potansiyellerinin ortalamasını gösteren kısa süreli dalgalardır. OİP'ler başlangıçta uyarılmış potansiyeller (Evoked Potentials) olarak isimlendirildiler çünkü uyaran tarafından oluşturulan elektriksel potansiyellerdi. "Olaya İlişkin Potansiyel" teriminin bilinen en erken kullanımı, Herb Vaughan'ın 1969'da yazdığı bir kitap bölümündedir [67].

2.3.3. Bileşenleri:

OİP bileşenlerine, genellikle dalga formu içindeki kendi polaritesi ve konumuna göre, P1 ve N1 gibi etiketler verilir. Bu etiketlerin altta yatan beyin aktivitesinin doğasıyla bir şekilde bağlantılı olduğuna dikkat edilmelidir (Buradaki "P" pozitif bir dalgayı, "N" ise negatif bir dalgayı temsil eder). En önemlisi, aynı etiket verilmiş farklı modalitelerden gelen duysal bileşenler genellikle herhangi bir fonksiyonel davranışla ilgili değildir; sadece dalga formu içinde aynı polarite ve sıralı bir konuma sahiptir. Örneğin, işitsel P1 ve N1 bileşenleri ile görsel P1 ve N1 bileşenleri arasında özel bir ilişki yoktur. P3 (P300) dalgası gibi bazı geç bileşenler büyük ölçüde modalite-bağımsızdır, ancak P3 dalgası bile modaliteye-özel alt bileşenlere sahip olabilir [68]. Hatta

tek bir modalite içinde, bir deneyde N2 etiketli bir bileşen başka bir deneyde de N2 etiketli bir bileşenle aynı olmayabilir.

2.3.3.1. Görsel Duyu Bileşenleri:

2.3.3.1.1. C1:

İlk büyük görsel OİP bileşenidir. Arka orta hat elektrod bölgelerinde en büyük olur. Diğer çoğu bileşenden farklı olarak polaritesi değişebildiği için bir P veya bir N ile etiketlenmez. C1 dalgasının, insanda kalkarin yarık içinde katlanmış olan alan V1'den doğduğu görülmektedir. V1 bölgesi, fissürün üst kıyısındaki alt görme alanını ve alt kıyısındaki üst görme alanını kodlar. Bunun bir sonucu olarak kalkarin yarık üzerindeki saçlı deriden kaydedilen voltaj, alt görme alanı için pozitif iken üst görme alanı için negatiftir [69, 70]. C1 dalgasının küçük ve pozitif olması, P1 dalgası ile sumasyona uğramasına neden olur ve ayrı bir C1 dalgası olarak gözlenmeyebilir. C1 dalgası tipik olarak uyarandan 40-60 ms sonra oluşur ve 80-100 ms'de tepe yapar. İlaveten C1 dalgası kontrast¹ ve frekans gibi uyarı parametrelerine son derece duyarlıdır.

2.3.3.1.2. P1:

C1 dalgası P1 dalgası tarafından takip edilir. P1 dalgası lateral oksipital elektrod bölgelerinde en büyüktür. P1 dalgası tipik olarak uyarandan 60-90 ms sonra oluşur ve 100-130 ms'de tepe yapar. Ancak, P1 başlangıç zamanının C1 dalgası ile üst üste gelebilmesinden dolayı düzgün değerlendirmek zordur. Buna ilaveten, P1 latansı (gecikme) uyarın kontrastına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Unutulmamalıdır ki, onlarca farklı görme alanı görsel uyarının başlangıcından sonra ilk 100 ms içinde aktive olur ve bu alanların çoğu muhtemelen C1 ve P1 latans aralığında kaydedilen voltajlara katkıda bulunur. C1 dalgası gibi P1 dalgası da uyarı parametreleri içindeki değişikliklere duyarlıdır. Yani P1 dalgası da uzaysal dikkat yönüne [71] ve deneğin uyanıklık düzeyine [72] duyarlıdır.

2.3.3.1.3. N1:

P1 dalgası, N1 dalgası tarafından takip edilmektedir. Görsel N1'in birçok alt bileşeni vardır. En erken alt bileşenleri anterior elektrod

¹ Kontrast, görüntüdeki en parlak bölüm ile en karanlık bölüm arasındaki farktır.

bölgelerindeki uyarıdan 100-150 ms sonra tepe yapar ve en az iki posterior N1 bileşeni olduğu görülmektedir ki tipik olarak uyarıdan 150-200 ms sonra tepe yapar. Bu posterior alt bileşenlerin bir tanesi paryetal korteksten ve diğeri de lateral oksipital korteksten kaynaklanır. Birçok çalışma, uzaysal dikkatin bu bileşenleri etkilediğini göstermiştir [71, 73]. Buna ek olarak, lateral oksipital N1 alt bileşeni deneklerin tespit etme görevlerinden ziyade ayırt etme görevleri sergilediklerinde daha büyüktür. Bu durum da bu alt bileşenin bir şekilde ayırt etme işlemini yansıttığı düşüncesine yol açmıştır [72, 74, 75].

2.3.3.1.4. P2:

Farklı bir P2 dalgası anterior ve posterior saçlı kafa derisinde N1 bölgesini izler. Bu bileşen hedefe ait vasıfları içeren uyarılar için daha büyük olur. Hedeflerin nispeten seyrek olduğu durumda da bu etki artar [68]. Bu anlamda, anterior elektrod bölgelerinden alınan P2 dalgası P3 dalgasına benzer. Bununla birlikte, anterior P2 dalgasının etkileri sadece hedefin oldukça basit ve anlaşılır olarak tanımlandığında ortaya çıkar. Oysa P3, etkileri rastgele seçilmiş karmaşık hedef kategorileri için oluşabilir. Posterior beyin bölgelerinde gözlenen P2 dalgasını, üstüste binen N1, N2 ve P3 dalgalarından ayırt etmek zordur ve bu yüzden posterior P2 dalgası hakkında pek fazla bir şey bilinmemektedir.

2.3.3.1.5. N170 ve Verteks Pozitif Potansiyeli:

Jeffreys bir çalışmasında, yüzler ve yüz-olmayan uyarılara tepkileri karşılaştırdı ve verteks pozitif potansiyeli ismini verdiği merkezi orta hat bölgelerinde 150 ile 200 ms arasında bir fark buldu [69]. Jeffreys, bu etkinin daha çok lateral bölgelerde polariteye ters olduğunu kaydetti ancak infero-temporal korteks üzerindeki elektrod bölgelerinde herhangi bir kayıtları yoktu. İleri araştırmalar sonucunda, yüzler, yüz-olmayan uyarılara göre lateral oksipital elektrod bölgelerinde, özellikle sağ hemisferde, 170 ms'de bir tepe noktası ile daha negatif bir potansiyeli oluşturduğunu bulmuşlardır [76, 77]. N170 ve verteks pozitif potansiyelinin, aynı dipolün tam ters tarafı olması muhtemeldir [77, 78]. Diğer çalışmalar verteks pozitif potansiyelin (ve muhtemelen N170'in) kelimeler gibi diğer oldukça tanıdık uyarılar için de ortaya çıktığını göstermiştir [79]. Ancak N170'ün yüz özgüllüğü hala önemli bir tartışma konusudur [80-82].

2.3.3.1.6. P300 (P3):

P3 dalgası 1965 yılında Sutton ve ark. tarafından keşfedilmiştir ve o zamandan beri OİP alanındaki araştırmaların başlıca bileşeni olmuştur [66]. P300 dalgasından hemen önce ortaya çıkan pozitif dalgaya P3a, bu durumda P300 dalgasına ise P3b denmektedir. P3a dalgası, yönelim tepkisinin sinirsel eşdeğeri olarak görülmekle birlikte amaca yönelik olmayan ancak öne çıkan bu aykırı uyarıya verilecek yanıtın baskılanmasının bir göstergesi olarak da kabul görmektedir [83]. P300'ün işitsel uyarılar için, 20-70 yaş arası yetişkin deneklerdeki gecikme (latans) aralığı 250-400 ms'dir. Latans genellikle, gösterilen uyarıların zihinsel olarak sınıflandırılma hızı olarak yorumlanır. Kısa latanslar, uzun latanslara göre yüksek zihinsel performansı gösterir. P300 genliğinin, artmış dikkatin daha büyük P300 dalgası oluşturmasında olduğu gibi, uyarı bilgisini yansıttığı görülmektedir. Çok çeşitli paradigmlar P300 ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. En çok kullanılanı bir seri içindeki uyarıların nispeten seyrek cereyan edeninin deneğe sunulmasıdır ki "oddball" (aykırı uyarı) paradigması olarak adlandırılır. Bunlarda deneğe seyrek olarak gösterilen uyarıya cevap vermesi söylenir. Azalmış P300 genliği, altta yatan geniş spektrumdaki birçok nörolojik hastalığın belirteci olabilir [84].

2.3.3.1.7. N400:

Uyarıdan sonra 400 ms civarında negatif bir dalga olarak görülen N400, en belirgin olarak santral ve paryetal elektrod bölgelerinde tespit edilir. İşitsel, görsel veya koku ile ilgili herhangi bir anlamlı uyarıya bir yanıt olarak gözlemlenir [85].

2.3.3.1.8. P600:

Dil işleme alanı içinde, cümle; a) içinde sözdizimi hatası içeriyorsa, b) pek tercih edilmeyen bir sözdizimi yapısına sahipse, c) karmaşık bir sözdizimi yapısı varsa, P600 oluşması beklenir [84].

2.3.3.1.9. Hareketle İlişkili Kortikal Potansiyeller:

Bunlar hareket veya hareket benzeri aktivite ile yakın zamansal ilişkili oluşan bir dizi potansiyeli göstermektedir. Hareket öncesinde, esnasında veya sonrasında oluşabilir. Bu durum korteksteki hareket için hazır olmayla ilişkisini gösterir.

2.3.3.1.10. Bağımlı Negatif Değişim (BND, Contingent Negative Variation):

1875'te Richard Caton beyin elektriksel aktivitesini görmeye çalışırken BND terimini ilk defa kullanmıştır [63]. Bireyin bir uyarana ve uyarana karşı tepki vermesi arasındaki sürede bir olayın beklentisine bağlı oluşan EEG bileşenidir. Erken ve geç BND bileşenleri vardır. Erken BND, uyarılmanın bir göstergesi olarak kabul edilirken; geç BND, verilen görevdeki dikkat ile ilişkilidir [59].

2.3.3.2. Diğer Duyu Bileşenleri:

Yukarıda bahsedilen görsel duyu yanıtları dışında işitsel, somato-sensoryal, koku alma ile ilişkili, tad alma ile ilişkili duyu yanıtları bulunmaktadır. Hatta daha özgün olarak lisan ilişkili OİP bileşenleri de bulunmaktadır. OİP bileşenlerini daha geniş olarak Picton ve Stuss, Hillyard ve Picton, Coles ve Rugg açıklamışlardır [86-88].

Özetle; kortikal OİP, bireye dışsal çevreden veya içsel çevreden kaynaklanan anlamlı bir olay ile ilgili çok sayıda nöronun eşgüdümlü davranışını gösterir. OİP, beyinde duysal, motor ve bilişsel işlem dinamikleri üzerine bize bir pencere açan önemli bir nöral sinyaldir. OİP analizi tek-hücre nörofizyoloji araştırmaları ve tüm-beyin görüntüleme teknikleri için vazgeçilmez bir tamamlayıcıdır.

Hayvan kayıtlarındaki OİP'ler, birim(tekli)-kayıt teknikleri ile elde edilemeyen nöronal topluluk aktivitesinin dinamiklerine erişim sağlar. İnsan kayıtlarındaki OİP'ler, hemodinamik tabanlı görüntüleme teknikleri ile elde edilemeyen, milisaniyeler düzeyinde, beyin aktivitesi değişikliklerine erişim sağlar. Zamansal çözünürlüğü olan voltaj-duyarlı optik görüntüleme ve nöronal manyetik alanların direk manyetik rezonans görüntülemeleri gibi diğer kayıt yöntemleri OİP ile karşılaştırılabilir ancak bunlar henüz gelişim aşamasındadır. Diğer kayıtların eninde sonunda OİP'nin yerini alacak olsa da, bu yazıda tartışılan genel mantığın aynısı onlar için de geçerli olacaktır [89].

Sonuç olarak OİP; duysal kodlama, inhibitör yanıtlar ve çalışan belleğin güncellenmesiyle ilişkili işlemlerin sinirsel bilgisinin işlenmesinin saniye saniye kaydından oluşur. Böylece aldatmanın tespitinde veya bilişsel bozuklukları olan hastalarda beyin işleyişini değerlendirmek için girişimsel-olmayan bir metod sağlamakta, hatta bazı durumlarda tanısal değer taşımaktadır. Bu

bakımdan OİP, gelecek için büyük umut vaat eden nöropsikiyatrik bir araştırma yöntemidir.

2.4. P300 ile Saklanmış Bilginin Tespiti

2.4.1. Tanımı:

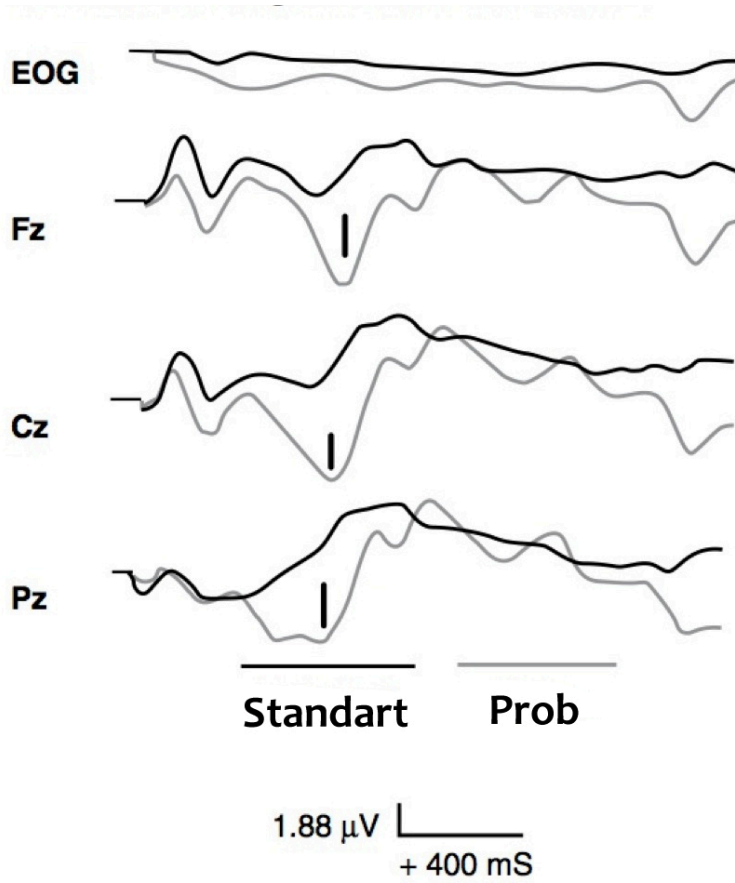
1980'lerden günümüze yayınlanan makaleler incelendiğinde, OİP ile gizli bilgilerin tespitinde, P300'ün kullanımı dikkat çekmektedir. "Üç uyarı protokolü" (3UP)¹ olarak adlandırılan ilk P300-tabanlı SBT (Saklanmış Bilgi Testi) çalışmaları ise direk olarak saklı bilginin tespitinde kullanılmıştır [90-92].

EEG kaydı esnasında, eğer ışık flaşı gibi ayrı bir uyarı varsa, uyarıdan sonra 2 saniyeye kadarki sürede EEG, daha büyük zirveler ve çukurlardan oluşan serilere ayrılır. Bu dalgalar, OİP ya da olaya ilişkin potansiyel olarak adlandırılan dalga serisini oluşturur.

OİP, süregelen EEG ile karşılaştırıldığında çok küçük genliklerdedir, bu yüzden tekli çalışmalarla anlaşılması güçtür. Bu nedenle, belirli bir kategorideki (örneğin kadın isimleri, silah tipleri vb.) birçok kez tekrar eden aynı ya da farklı tip uyarıların EEG örneklerinin ortalamaları alınır (grand averaging). Kişi için bir anlamı olmayan öğelerin (standart) EEG ortalaması düz bir çizgiye yaklaşırken, kişiye bir anlam ifade eden öğelerin (anlamalı) EEG aktivitesinin ortalaması OİP'i oluşturur. P300, sık gösterilen bir seri içerisinde nadir olarak, rastgele, anlamalı bir bilgi (prob) parçasının gösterilmesi sonucu ortaya çıkan özel bir OİP bileşenidir. Burada sık gösterilen ve bir anlamı olmayan (standart) uyarı, anlamalı uyarıyla (prob) aynı kategoridedir. Örneğin Şekil 6'da, ekrandan bir dizi test ögesi gösterilen deneğin farklı kafa derisi elektrod bölgelerinden kaydedilen OİP'lerin ortalamaları üç çift dizi halinde gösterilmiştir [93]. Çalışmada gösterilen altı öğeden biri anlamalı öğe (örneğin, deneğin doğum tarihi) iken geri kalanı denek için bir anlam ifade etmeyen öğelerdir. Gösterilen öğeler rastgele olarak sunulmuştur. Her bir saçlı kafa derisi alanında üst üste bindirilmiş iki dalga anlamalı öğelerin (prob) ve diğer

¹ 3UP; kişiden düğmeye basma şeklinde olabilen davranışsal bir yanıt vermesi beklenen hedef uyarı, kişi için bir anlamı olan prob uyarı ve bir anlam ifade etmeyen standart uyarının olduğu deneysel bir protokol. Bu tip testlerle prob uyarısının, eşzamanlı fizyolojik ölçümlerle düzgün bir şekilde tespit edilmesi amaçlanır.

öğelerin (standart) OİP ortalamasını temsil etmektedir. Sadece anlamlı öğelere (prob) karşılık görülen, kalın dikey çizgiler ile gösterilen, büyük bir aşağı inişli P300'ün; anlamlı olmayan öğeler (standart) tarafından oluşturulan ve üst üste bindirilmiş dalga formları içinde mevcut olmadığı görülür. EOG aktivitesinin düz olması, göz hareketleri nedeniyle hiçbir artefaktın meydana gelmediğini göstermektedir. Açıkçası; nadir, tanınan, anlamlı öğeler (prob) P300 oluştururken diğer öğeler (standart) oluşturmazlar. Bu anlamlı öğelerin (prob) P300 sinyali ile tanınması, P300 dalgasının kriminoloji alanında kullanımına yol açmıştır. Suçlular, suç ortakları ve tanıklar suçla ilişkili bilgilere sahip oldukları için, P300 "suçla ilgili bilgi" sinyali olarak kanıt niteliğinde kullanılabilir.



Şekil 6: Saçlı kafa derisi bölgeleri Fz (frontal), Cz (merkez) ve Pz (pariyetal)'den alınma üç OİP ve EOG (Elektro-okülogram, göz motor hareketlerinin eşzamanlı kaydı). Taramalar 2,048 ms uzunluğundadır. P300 zirveleri aşağı inen kalın dikey çizgi ile gösterilmektedir. Gri çizgiler, denek için anlamlı öğelere (prob) karşı yanıt olarak görülen çizgilerdir. Siyah çizgiler, kişisel olarak anlamlı olmayan öğelere (standart) karşı oluşan yanıtların üst üste bindirilmiş halleridir. P300'ler yaklaşık 400. ms'de başlar ve 900. ms'de son bulur. Aşağı doğru çizilen kısım pozitifdir-Rosenfeld ve ark. [93]'dan alınmıştır.

2.4.2. Tarihçesi:

Fabiani ve ark., nadir olarak gösterilen ve daha önceden öğrenilmiş kelimeler ile sık gösterilen daha önceden öğrenilmemiş (yeni karşılaşılan) kelimeler deneğe eğer bir liste halinde tek seferde gösterilirse, tanıdık gelen öğrenilmiş kelimelerin P300 oluştururken, diğerlerinin oluşturmadığını gösterdi [94]. Rosenfeld ve ark., Fabiani ve ark.'nın çalışmasını onayladı ve P300'ün saklanmış suçlu bilgisini tespit etmede kullanılabileceğini önerdi [95]. Bu

nedenle P300, denek tanıdığını reddetse bile, öğrenilmiş öğelerin tanınmasında bir belirteç olabileceği düşünüldü. P300 bir yalan söylendiğini göstermekten ziyade aşına bir öğenin tanınmasıdır. Ancak sonrasındaki sözel reddi aldatma anlamına gelecektir.

Rosenfeld ve ark.'nın yürüttüğü farklı bir çalışmada denekler bir kutuda bulunan 10 nesneden birini çalar gibi rol yaptılar [96]. Daha sonra, nesnelerin isimleri arka arkaya bir ekranda deneklere gösterildi. P300'lerin gözle incelemelerine dayanarak vakaların 10'da 9'unda, deneklerin çalma rolü yaptıkları nesnelerin (anamlı öğe=prob) P300 oluşturduklarını, diğerlerinin (standart) P300 oluşturmadıklarını buldular. Yalnız bu çalışmada ilaveten hedef uyaran vardı. Denekten hedef uyaranı her gördüğünde bir düğmeye basması isteniyordu. Böylece deneye dikkatini vermesi ve probun (araştırılan uyaran) gözden kaçırılmaması sağlanıyordu. Burada hedef uyaran için "evet tanıyorum" anlamına gelen, belirlenen düğmeye basma gibi bir davranış göstermesi beklenirken, diğer uyaranlar için "hayır tanımıyorum" anlamına gelen farklı bir düğmeye basması isteniyordu. Böylece çalınma rolü yapılan nesnelere içeren denemelerde yalan söylemiş oldular. Hedef nesnelere de P300 oluşturduklarını, çünkü onlar da seyrek ve anlamlıydı.

Donchin ve Farwell, 1980'li yıllarda bir tanıma indeksi olarak P300 ile gizli bilgileri tespit potansiyelini gördüler ve 1986'da Psikofizyolojik Araştırmaları Derneği (SPR) toplantısında yaptıkları ön çalışma hakkında bir rapor sundular [97].

Farwell ve Donchin'in, saklanmış bilginin tespitinde P300'ü kullanarak yirmi suçlu vakasıyla yaptıkları bir çalışmada, iki denek hariç saklanmış bilgiyi tespit etmede başarıya ulaşmışlardır [90]. Farwell ve Donchin, bu çalışmalarına dayanarak, deneklerin kendi suç detaylarını hatırlamaları için ön-eğitimden geçmeleri (suç hakkında şüphelinin eğitimi) gerektiğini belirtmişlerdir. Tabi bu yöntem, gerçek saha şartlarında uygulanabilir bir prosedür olsaydı etkileyici olabilirdi. Bu prosedür ile masum deneklerin, %87,5'i doğru tespit edilmişken, %12,5'inde belirsiz sonuçlar elde edilmiştir. Farwell ve Donchin'in makalesi aynı zamanda bootstrapping¹ (önyükleme)'in tanıtımının yapıldığı P300-tabanlı aldatma tespitine çok önemli bir giriş oluşturmuştur. Bu, her bir bireyde doğru tanı için yapılan istatistiksel bir tekniktir. Daha önce Rosenfeld ve ark.'nın makalelerinde, prob ve standart

öge ortalamalarının karşılaştırılmasında t-testini kullanmışlar ve prob ve standart ögelerin P300 ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını çalışmışlardır [61, 95]. Ancak doğruluk oranı %80'in altında kaldığından yöntemleri pek başarılı olamamıştır. Önyükleme ile bu sorun aşılmıştır.

Farwell ve Donchin farklı bir analiz yöntemi olarak iki çapraz-korelasyonlu katsayının karşılaştırılması gerektiğini düşünmüşlerdir [90]; prob ve hedef P300'lerin çapraz-korelasyonu (b) ile, prob ve önemsizlerin (standart) P300'lerinin çapraz-korelasyonu (a) ile göstermişlerdir. Buradaki fikir şudur: Eğer denek suçlu ise, hem hedef hem de prob OİP'lerindeki P300 büyük olmalı. Dolayısıyla korelasyon (b) korelasyon (a)'dan büyük olmalıdır. Diğer taraftan eğer denek masum ise, prob OİP'inde P300 olmayacak, dolayısıyla korelasyon (a) daha büyük olacaktır. Eğer sonuçların 100'ünden 90'ında korelasyon çıkarmaları $(b-a) > 0$ ise, suçluluk anlaşılabilir. Ancak bu yöntemin, Rosenfeld ve arkadaşları tarafından belirtildiği gibi bazı sorunları vardır [91, 93, 98]. Farwell ve Donchin'in çalışmasında bu yöntem büyük bir başarı kazanmasına rağmen, yukarıda belirtildiği gibi düşük dış geçerliliği (external validity) vardı [90]. Sonuçta, Farwell ve Donchin tarafından her ne kadar hedef P300'lerine P300 dalga formları kıyaslama noktası olarak davranılsa da, aslında kişi için anlamlı ve saklanmış suçlu bilgisi problemlerine gösterilen bilişsel tepkiler bariz bir biçimde görev ilişkilidir [90]. Rosenfeld'e göre hedef uyaran, yararlı dikkat toplayıcıdır. Fakat prob P300 dalga formlarının oluşmasına engel olabilmektedir. Çünkü ikinci bir nadir uyaran olarak hedef uyaran kullanıldığında P300'ü belirgin olarak oluşturan uyaran sadece hedef uyaran olabilmektedir.

Saklanmış bilginin tespitinde istatistiki analiz metodlarından birisi de gruplar arası çapraz korelasyon karşılaştırmalarıdır. Ancak suçlu bir denekte standart öge OİP'leri küçük P300'ler içerebildiğinden yanlış pozitiflik sonucu belki de prob ve standart öge P300'lerinin şekilleri değil, amplitüdleri farklı olacaktır. Farwell ve Donchin bu sorunu düzeltmek için tasarladıkları "çift

¹ Bootstrapping; örneklem büyüklüğü yeterli olmadığında, elde edilen verilerin bir sistematik dahilinde tekrarlı analizlerini yapan, bu sayede örneklem genişliğini arttıran istatistiki analiz yöntemi.

merkezeleme" olarak adlandırılan bir yöntemi uyguladılar. Bu düzeltmede, çapraz korelasyon hesaplaması öncesi genel ortalama dalga formu (bütün prob, standart öğeler ve hedefin) belirlenir ve bundan her bir prob, standart ve hedef dalga formu çıkartılır. Ancak, bu yöntemde ortaya çıkabilen sorunlardan dolayı Rosenfeld, analiz yöntemi olarak SBT ve KST protokolünün unsurlarını içeren kendilerinin geliştirdiği farklı bir metodu önermektedir [99].

Halihazırda, aldatmanın psikofizyolojik tespitinde kullanılan iki protokol vardır: KST ve SBT Bu iki protokol saklı bilginin tespitinde akademik ve profesyonel çevrelerde sert bir çekişme konusu olmuştur. KST testi, "O 5000 lirayı aldın mı?" veya "Eşini öldürdün mü?" gibi "Onu yaptın mı?" tarzında sorular içerir. Bu testin poligraf profesyonelleri tarafından tercih edilmesinin sebebi deney modelinin oluşturulması ve uygulanmasının nispeten kolay olması ve suçlu itiraf ettirme eğilimi göstermesidir.

Korelasyon karşılaştırmasıyla birlikte olan problemlerden kaçınmak için, karşılaştırmalı çapraz-korelasyonlardansa tekli prob-standart P300 amplitüd farkları kullanılmıştır [91, 93, 98, 100]. Dolayısıyla yaklaşımları sadece önyüklenmiş ortalama prob ile standart P300 ortalamalarının farkını bulmak için farklılık değerlerinin dağılımını geliştirmek olmuştur [93, 98]. Eğer bu önyüklenmiş farklar 100 tekrarın 90'ında > 0.9 olsa, suçlu sonucuna varılır. (Her ne kadar 0.9 kriteri geleneksel olsa da keyfidir, rastgele seçilmiştir). En son kullanılan, hesaplanan yinelemelerin farkını alma yerine, Rosenfeld ve ark. sadece prob-standart P300 önyüklenmiş ortalama değerlerine bir t-testi uygulamışlardır [9, 101].

Lui ve Rosenfeld'in, suçlu rolündeki deneklere, iki veya üç prob içeren deney modellerini kullandıkları, daha önceki yıllardaki farklı bir çalışmada [101]; sonuçları analiz eden tarafından bilinmeyen suçlu rolündeki denekleri sırasıyla yüzde 86'sı ve yüzde 71'ini doğru tespit etmişlerdir.

İlk P300 çalışmalarından, Allen ve ark.'nın yaptığı bir çalışmayı da belirtmek gerekir [92]. Bu çalışmada, daha önce aldatma tespiti için bilinen tekniklerden farklı bir yol kullanılmıştır. Genellikle kişinin kendi deneyimleri sonucu kazanılan bilgi kadar iyi olmasa da [102] bu çalışma ile sonradan öğrenilen, iyi bir şekilde çalışılmış bilginin başarılı bir şekilde tespiti mümkün olmuştur [103]. Bu da büyük ihtimalle kişinin sakladığı bilgiyi tespit etmede

geliştirdikleri Bayesian analiz yöntemiyle¹ mümkün olmuştur. Mertens ve Allen ise analizde birtakım farklılıklar içeren özgün bir dalgacık sınıflandırma yöntemini kullanmışlardır [10]. Ancak Allen ve Iacono, daha önce kullanılmamış P300 amplitüdünün taban-tepe endeksini kullanmış ve genlik farkı hesaplamalarında yüzde 87 oranında genel bir doğruluk oranı bildirmişlerdir [104]. Bu yöntem daha sonra Meijer ve ark. tarafından da kullanılmıştır [105]. Abootalebi ve ark. [14]'nin yazısında, dalgacık sınıflandırıcı (wavelet classifier), önyüklenmiş çapraz korelasyon ve önyüklenmiş tepe-tepe (t-t) amplitüd yöntemlerinin ROC (Receiver Operating Characteristic=Karar Vericinin Etkinliği) eğrileri arasında önemli bir örtüşmeyi göstermiştir. Üç yöntem arasındaki farkın küçük olmasına rağmen Farwell ve Donchin'in önyüklenmiş çapraz-korelasyon yöntemi yapılan çalışmalarda genellikle başarısız olmuştur [90]. Bu üç yöntem, bir sahte suç senaryosunda deneklerin yüzde 74 ila 80'ini doğru bir şekilde tespit etmiştir. Ancak sınıflandırma eşik kriterleri ve uygulanan protokoller değişken olduğundan, farklı çalışmalarda elde edilen doğruluk seviyelerini karşılaştırmak zordur. Ancak Rosenfeld ve ark. devamlı olarak t-t genlik farkı yönteminin, çapraz-korelasyon yönteminden daha iyi bir performans ortaya koyduğunu göstermişlerdir [93]. Bu çalışma, karşılaştırmaların iki uyarıcı seti üzerinde yapılması, birinin otobiyografik bilgi içermesi ve hiçbirinin mükemmel olarak önceden öğrenilmiş olmaması bakımından tektir. Buna karşılık, performansının düşük olduğunu bulmuşlardır [10]. Ancak, karşı-önlem² (KÖ) grubu içeren sadece birkaç karşılaştırmada ve masum denekler düşünüldüğünde, önyüklenmiş t-t amplitüd farkı yönteminin çapraz-korelasyon yönteminden daha iyi bir performans verdiğini göstermiştir. Bu karşılaştırmalı çalışmalardan alınan sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde hiç bir yöntemin her yönüyle diğerlerinden üstün olmadığı görülmektedir.

Önceki bölümlerde kullanılan tüm protokoller, 3 uyarıcı protokoller

¹ Bayesian analizi; bir değişkenin olasılık dağılımı hesaplanıp, bundan birtakım ayrıntılı olasılıkların gösterildiği istatistiksel analiz yöntemi.

² Karşı-önlem (KÖ, countermeasure); deneğin, uygulayıcıyı yanlış yönlendirmeye yönelik her türlü fiziksel veya zihinsel girişimleridir.

(3UP) olarak ifade edilebilir. Bu protokolde deneklere bir prob, bir standart uyarı ve bir de hedef uyarı uygulanır. Sonraki yıllarda, ihtiyaçlara göre 3UP'lerin birçok uygulaması yapılmıştır. Rosenfeld, saçlı kafa derisi üzerinden amplitüdlerin dağılımı olarak adlandırılan P300 ile ilişkili farklı bir bağımlı ölçüm yapmayla ilgilenmiştir [106]. Rosenfeld'in bu çalışması, hasta rolü yapmayı saptamada P300 amplitüdünün kullanılabileceğini göstermiştir [106]. Van Hooff ve meslektaşları bellek değerlendirmede P300 tespitinde çok olumlu sonuçlar aldıklarından kullanmayı sürdürmüşlerdir [107-109].

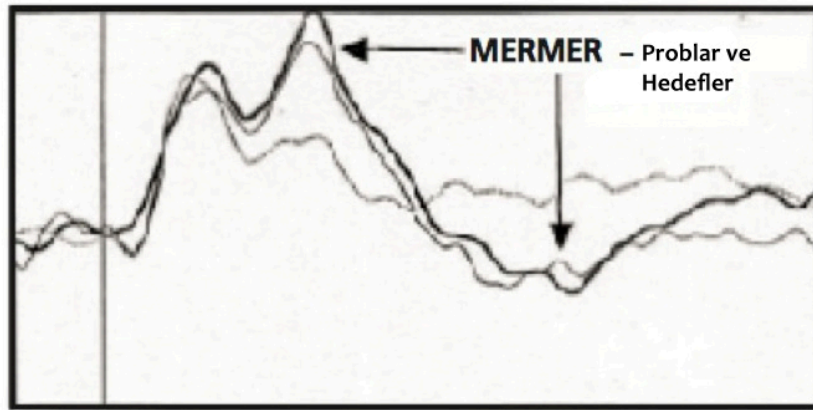
Farklı bir çalışma tipi olarak, Lefebvre ve ark. canlandırılmış polis senaryosu içinde ipuçlarını tanımlayan bir model ile 3UP'yi uyguladılar [110]. Denekler, bir videoda suç senaryosunu izlediler. Sonra test edildiler. Bu çalışmada suç ile test edilme zamanı arasındaki süreler farklıydı. Prob (ipucu) yüzler tarafından oluşturulan P300'ler, doğru yüzlerin tanındığını teyit etti. Uzmanlar "P300 dalgası, anlamlı bilginin (prob) kazanılmasından sonra farklı zamanların geçmesi koşullarında problemleri tespit etmede güvenilir bir göstergedir" sonucuna vardı. P300 etkisi, olay sonrası aradan geçen zamana bakmaksızın, doğru tanımlamada hala güçlü kalmıştı. Buradaki, saklanmış görsel bilgide bir belirteç olarak yüz uyarısının P300 oluşturmada kullanılabileceği gerçeği, Meijer ve ark. tarafından farklı bir çalışmayla teyit edilmiştir¹ [105].

Son zamanlarda, EEG sinyallerinde bilgisayar analizleri ile tespit edilebilir P300-MERMER (Bellek ve Kodlamayla İlgili Çok yönlü Elektro-Ensefalografik Tepki, Memory and Encoding Related Multifaceted Electroencephalographic Response) olarak bilinen özel, tanımlanabilir bir dalga paterni tespit edilmiştir ve hesaplanması Şekil 7'de gösterilmektedir. P300 dalgasıyla birlikte Geç Negatif Potansiyeli (Late Negative Potential) ve ilave birtakım özellikleri içeren P300-MERMER'in , P300'ün tek başına verdiği istatistiki güven ve kesinlikten daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Bu metod t-t metodu olarak da adlandırılmaktadır. P300-MERMER'i 1994 yılında ilk defa

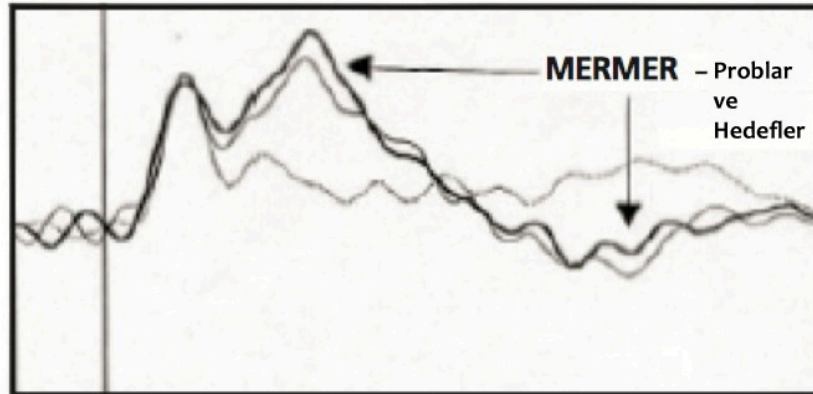
¹ 1992'den 2004'e, ölçme ve analizdeki teknik gelişmelere ilişkin, çeşitli analitik yöntemler Allen ve Iacono'ya ek olarak Abootalebi ve ark. tarafından da kıyaslanarak tartışılmıştır [14, 104].

tanımlayan Farwell'dir [111]. Sonraki yıllarda birçok araştırmacı, beyin dalgası-tabanlı saklanmış bilginin tespitinde analizlerini tamamen P300-MERMER dalgasını kullanarak yapmışlardır. Benzeri araştırmaların önemli bir kısmı, P300 dalgasının pozitif tepe noktasını ve geç negatif potansiyeli içeren P300-MERMER ile yapılmaktadır [112].

A. Parietal Alan



B. Frontal Alan



Şekil 7: Pz ve Fz Elektrodundan Alınan OİP'lerde, P300-MERMER'in Nasıl Hesaplandığının Gösterimi-Rosenfeld ve ark. [113]'den alınmıştır.

Soskins ve ark.'nın uzun araştırmaları sonucu, saklı bilgiyi tespit etmek için sadece P300'ü ölçmedeki en iyi yöntemin 0.3 Hz ila 30 Hz'lik filtre ayarlarını kullanmak ve pozitif zirveden devamında gelen bir sonraki negatif filtreye kadar ölçmek olduğu gösterilmiştir [114]. Üstelik bu ölçümde yanlış pozitiflik oranı artmamaktadır [99]. Bu bulgu sonrasında, Meijer ve ark.

tarafından da doğrulanmıştır [105]. t-t yöntemi (P300-MERMER) Soskins ve ark. belirttiği gibi klasik P300 tespit metodundan (ilk pozitif tepe noktası ölçümü) daha etkili olmasına rağmen her çalışmada bu yöntemin kullanılması savunulmamaktadır [114].

Rosenfeld ve ark.'nın bulduğu yeni yöntem ile 3UP'de gizlenmiş bilginin P300-tabanlı tespitinde ciddi bir sorun olan KÖ'lerle büyük oranda başetmek mümkün olmuştur [98].

Saklanmış bilgiyi tespit etmede Prob'a karşı S-hepsi testi¹, bir deneğin suçluluğu sorulduğunda hakkında karar vermede araştırmacılar tarafından çoğu zaman kullanılmış olan testti. Bu test ile prob'un P300'ü, bütün standart uyarıların ortalama P300'ünden büyük çıkmaktadır. Bu testin sonucu o prob P300'ünün standartların P300'ünden daha büyük olduğunu kanıtlar, fakat prob P300'ünün her bir standart öge P300'ünden daha büyük olduğunu kanıtlamamaktadır.

Saklanmış bilginin tespitinde kullanılan protokollerin KÖ'lerden olumsuz etkilenmesini engellemek için araştırmacıların çabaları sonrası, P300-tabanlı OİP'lerin kullanıldığı yeni bir protokol geliştirilmiştir. Buna Karmaşık Deneme Protokolü (KDP, Complex Trial Protocol) denilmiştir. Bu protokolde OİP'ler KÖ'lerden çok daha az etkilenmektedir. KDP'de 3UP'den farklı olarak, her bir standart veya prob görselinden sonra bir hedef görseli gösterilmiş, bu sayede deneğin dikkati dağıtılarak KÖ uygulanması engellenebilmiştir.

Birçok çalışmada, KÖ kullanan deneklerin reaksiyon zamanlarının KÖ kullanılmamasına göre daha uzun olduğu gösterilmiştir. Bu durum, reaksiyon zamanlarındaki uzamanın bir tür KÖ belirteci olarak kullanılabileceği fikrini vermiştir. Bunu Winograd ve Rosenfeld test etmişlerdir [115]. Çalışmalarında bir senaryo düzenlemiş ve deneklere KDP formatında düğmeye basmalarını istenmişlerdir. Aynı zamanda reaksiyon zamanları ölçülmüştür. Bu KÖ deneyinde, prob ögesine verilen reaksiyon zamanları diğer bütün reaksiyon zamanlarıyla karşılaştırıldığında, proba verilen reaksiyon zamanının yaklaşık

¹ Prob'a karşı S-hepsi testinde prob ögesi OİP'leri standart ögelerin ortalama OİP'leriyle karşılaştırılır.

400 ms uzadığı ve S-hepsi¹ reaksiyon zamanlarının 800 ms uzadığı belirlenmiştir. Böylece reaksiyon zamanının bir KÖ belirteci olarak kullanılabilceği gösterilmiştir.

2.4.3. Saha Şartlarında Kullanımı:

KÖ'lere dirençli olduğundan KDP'nin saha şartlarında kullanımı düşünülmüş ancak bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Mesela, eylem yapmayı planlayan bir terörist tutuklanabilir. Ancak teröristin nerede, ne zaman ya da nasıl bir eylem planladığı bilinmemektedir. Örneğin, birçok ABD şehri sayısız çeşitte saldırı tipiyle karşılaşabilir. Bu sorunu çözebilmek amacıyla Rosenfeld'in laboratuvarında John Meixner bu durumu modelledi [116]. Suçlu grubundaki deneklere (n=12) hazırlanan kısa bir bilgilendirme dokümanı verildi. Bu dokümanda suçlu rolündeki deneklere bir terörist ajanı olduğunu ve ABD'ye sahte bir terörist saldırı yapmayı planladığını canlandırmaları söylendi. Deneklere gösterilen bilgilendirme kağıdı, deneğin nasıl bir saldırı gerçekleştirebileceğini gösteren detaylandırılmış bir kaç farklı ihtimali içeriyordu. Denek sonra, kullanılabilir dört tip saldırının, Houston şehrindeki saldırı gerçekleştirilebilecek dört farklı mekanın ve saldırılabilecek Temmuz ayındaki dört farklı tarihin bilgilerini okudu. Açıklamalar deneklere seçmeleri için söylenen bir saldırı tipinin, Houston'da bir mekanın ve bir tarihin yani her bir olası seçimin terörist eylem açısından olumlu ve olumsuz yönlerini içeriyordu. Bilgilendirme belgesini okuduktan sonra, deneğe terörist yapılanmasındaki hayali üst makamına yapılan seçimleri açıklayan bir mektup yazması için talimat verildi. Masum gruptaki (n = 12) denekler, benzer bir görevi tamamlamış fakat farklı olarak, terörist saldırı yerine bir tatil planlamıştır. EEG elektrodunun bağlanmasından sonra, her bir denek KDP ile test edildi. Deneklere test esnasında terörist saldırının meydana gelebileceği potansiyel şehirler (Houston doğru madde idi), terörist saldırının potansiyel türleri (doğru öge olarak bombalama) ve potansiyel ayı (doğru zaman Temmuz idi) gösterildi. Bariz olarak belirgin olan, en mantıklı seçim analizde prob olarak kabul edildi. Probun P300'ü diğer standart beş ögenin ortalama P300'üne karşı test edildi (Prob'a karşı S-hepsi testi). İkinci analizde, Prob'a

¹ S-hepsi; bütün standart ögelerin ortalama değeri

karşı S-büyük testi¹ yapıldı. Sonra elde edilen sonuçlar ortalandı ve veriler birleştirildi. Bu analizlerle Prob'a karşı S-hepsi ve Prob' karşı S-büyük testleri içinde suçlu-masum ayrımı başarı bir şekilde elde edilmiş ve kör testlerde de ayırım başarılı olarak yapılmıştır. Şu vurgulanmalıdır ki, denekler yeni öğrendikleri bilgiye sadece otuz dakikalığına çalışmıştır. Oysa planlı gerçek bir terörist eylemde detaylar defalarca prova yapılır. Bu yüzden büyük olasılıkla prob ile standart uyanan karşılaştırmaları gerçek saha şartlarında daha başarılı sonuçlar alınarak yapılabilecektir.

Sonuç olarak anti-terör mücadelesi için KDP'nin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

2.4.4. Günümüz Kullanımı:

Amerika ve daha birçok ülkede SBT ve KST sanıldığından daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

SBT, örneğin Japonya'da onlarca yıldır polis teşkilatı tarafından kullanılmaktadır. Japonya'da SBT, suçla ilgili araştırma sahasında kullanılan standart yalan tespit etme yöntemidir. Çünkü Japon poligraf uygulayıcılarının yeterli ve kaliteli bilimsel eğitimlerinin bulunduğu düşünülmektedir [117]. Japonya'daki suç davalarında kabul gören bir kanıt olarak, neredeyse yılda 5000 SBT yapılmaktadır [117-119]. Özellikle, tipik olarak beş farklı soru üzerinde durulmakta (İsrail Polisi çalışmalarında ortalama iki soru olmasına karşı) her biri beş sefer tekrar edilmekte ve dört tip fizyolojik ölçüm (İsrail çalışmalarında bir ya da iki tane olmasına karşı) yapılmaktadır. Dahası, Japon Polisi'nin açıklamalarına göre, SBT'lerin diğer adli soruşturmalardan bağımsız olarak yürütüldüğü gözükmekte ve itirafları ortaya çıkarmak için bir araç olarak kullanılmamaktadır [117].

Sonuçta şu açıktır ki, P300-tabanlı protokollerin herhangi biri gerçek saha uygulamaları için işe yarayabilir, ancak son yirmi yıldaki ilerlemeye rağmen henüz çözülmesi gereken ciddi sorunlar vardır. Yeni bir yöntem olan KDP'nin benzerlerine kıyasla daha fazla KÖ direnci gösterdiği görülmektedir.

¹ Prob'a karşı S-büyük testinde, maksimum P300'ü olan standart öge ile prob P300'ü karşılaştırılır.

Fakat geçerliliğinin tespiti için farklı koşullar altında daha kapsamlı araştırmalarla sorgulanması gerekmektedir.

KÖ tespitinde son yılların yeni bir keşfi de Rosenfeld ve Labkovsky'den gelen, maksimali Fz ve Cz'de olan "P900" isimli (900 ms'lik bir gecikmeli pozitif bir dalga) yeni bir olası OİP komponentidir [120]. Bu sadece KÖ kullanıcılarının prob OİP'lerinde veya bazen de standart öge OİP'lerde gözüken bir bileşendir. Bu bileşen, reaksiyon zamanının henüz kullanışlı bir KÖ tespit belirteci olmadığı durumlarda işe yarar bir belirteç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Açıkçası işe yarar bir kullanım için P900'ün daha iyi anlaşılması ve mantığının tamamen çözülmesi gerekmektedir. Son olarak, KDP de dahil olmak üzere, şu durum tüm aldatma tespiti protokolleri için geçerlidir ki; suç veya suçu planlama ile bilimsel olarak kritik bilginin test edilmesi arasında geçen zamanın etkisi pek iyi bilinmemekte, ancak kritik derecede önemli olduğu görülmektedir. Bu konuda gelecek vadeden bazı ön çabalar olmakla birlikte, bu önemli değişkenin daha fazla çalışılması gerekmektedir [110, 121].

Özetle; doğası gereği poligraf ölçümleri, altta yatan karmaşık beyin süreçlerini gözlemlemede son derece sınırlı ve dolaylı bir bakış açısı sağlar. Bir hipoteze göre beyin fonksiyonlarına daha net bakılabilirse, onu anlamak ve sonuçta aldatmayı tespit etmek mümkündür. Beyin fonksiyonlarını araştıran ağırlıklı olarak iki teknik vardır: beyin görüntüleme teknikleri ve OİP'lerin kaydı. PET ve fMRG gibi eski görüntüleme yöntemleri bölgesel beyin aktivitesini ölçmek için kullanılır. Sonra gelen teknik ise, EEG'deki değişiklikleri ölçen OİP tekniğidir. Görüntüleme yöntemlerinin temel avantajı iyi uzaysal çözünürlükleri iken asıl dezavantajı düşük zamansal çözünürlükleridir. Diğer yandan OİP'lerin uzaysal çözünürlükleri daha düşük olmasına karşın zamansal çözünürlükleri daha iyidir. Bunun yanı sıra, fonksiyonel görüntüleme yöntemleri OİP kaydına nazaran daha pahalı ve zaman alıcıdır.

Yukarıda tarif edilen teknikler yalan tespiti için kullanılmıştır. Aldatma tespitinde fMRG yaklaşımlarının aksine, OİP-tabanlı yöntemler daha yaygın olarak çalışılmış ve daha tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir [90, 92, 122].

Genellikle "aykırı uyarın" adı verilen; nadir, anlamlı bir uyarana (prob) tepki olarak P300 OİP'i görülmektedir [123]. Örneğin bir denek, üç saniyede bir, denek için bir anlam ifade eden, rastgele sırada gösterilen nadir öge

(prob) uyarısına yanıt olarak, olaya ilişkin bir potansiyel olan P300 dalgasını oluşturur. P300 dalgası, saçlı kafa derisinden kaydedilen amplitüd dağılımlarına bakıldığında en büyük paryetal (Pz), orta büyüklükte santral (Cz) ve en küçük frontal (Fz) elektrod bölgesinde görülen, pozitif gidişli bir dalgadır [106]. Bu dalganın tepe noktası, tipik olarak uyarandan sonraki yaklaşık 300-1000 ms'de aranır. Kaydedilen P300 dalgasının büyüklüğü, gösterilen öğenin nadirliğiyle doğru orantılıdır. Burada uyarının anlamlılığı P300 boyutunu belirlemede son derece etkili olmaktadır [14].

2.4.5. Saklanmış Bilginin Tespit Edilmesinde Uyarın Olarak İnsan Yüzü, Nesne veya Kelime Görseli Kullanımı:

Saklanmış bilginin araştırılmasında P300-tabanlı analiz yöntemleri yaklaşık olarak 30 yıldır kullanılmaktadır. Oluşan bu dalganın özelliğine bağlı olarak, o dalgayı oluşturan uyarın hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Sunulan uyarının kişi için bir anlamı olup olmadığını belirlemek mümkündür. Bu amaçla, yapılan çalışmaların çoğu, saklanmış bilginin tespitine yönelik olarak doğruluk oranı yüksek ve geçerliliği olan matematiksel bir analiz metodu geliştirme üzerine olmuştur. Biz, KÖ'lere duyarlı olduğu gösterilen "Saklanmış Bilgi Testi" yöntemini kullandık. Çünkü bu çalışmadaki asıl amacımız, kişinin aşına olduğu bilgi kategorilerinden hangisinin daha belirgin bir elektrofizyolojik ya da davranışsal (reaksiyon zamanı, düğmeye doğru basma oranı) yanıt oluşturduğunu bulmaktı. Çalışmamızda bu kategorileri yazı, nesne ve yüz olarak belirledik. P300-tabanlı SBT kullanarak yapılan çalışmaların çoğunda uyarın olarak yalnızca kelimeler, çok az bir kısmında ise yalnızca nesne resimleri veya insan yüzü resimleri kullanılmıştı. Literatürde aynı deneklerde her üç uyarının da kullanıldığı bir çalışmaya rastlamadık. Biz bu çalışmayı, her üç uyarının aynı deneklerde kullanılmasının hem saklanmış bilginin tespitinde, hem de beynin olaya ilişkin fonksiyonları hakkında daha ayrıntılı bilgi vereceği düşüncesini test etme amacıyla yaptık.

GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Denekler

Çalışmamıza 18-30 yaş aralığında 22 (9 erkek) sağlıklı denek katıldı. Denekler değerlendirmeye yalnız 12:00-18:00 saatleri arasında alındılar. Katılımcıların hepsi üniversite ya da yüksek lisans öğrencisiydi. Katılımcılardan görme kusuru olanların görme bozuklukları gözlük veya lens ile düzeltilmişti.

Çalışmaya katılan deneklerden biri aşırı göz kırpmaya artefaktından dolayı, birisi de deney prosedürüne adapte olamadığı, ara değerlendirme sorularına yanlış cevaplar verdiği için, biri erkek olan bu iki gönüllünün verileri analiz dışı bırakıldı.

Toplamda 20 deneğin, her biri yaklaşık 12 dakika süren 3 ayrı görsel öge modülünün gösterildiği görüntüler eşliğinde, eşzamanlı olaya ilişkin potansiyel kayıtları alındı. Deneklerin tümünden aydınlatılmış onam alındı. Çalışmamız Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 08.01.2014 tarih ve GO 13/538 - 23 sayılı etik kurul raporuyla onaylandı.

3.2. Çalışma Öncesi Deneklerin Hazırlanması

Denekler, çalışmaya katılmadan önce, çalışma hakkında bilgilendirildiler. Çalışmamıza katılım için, aşağıda bahsettiğimiz fotoğrafları bize önceden e-posta ile göndermeleri istendi:

Gönüllülerin Çalışmaya Katılım Şartları:

-Geçmişinde ciddi kafa travması, nörolojik ve/veya psikiyatrik hastalık öyküsü olmamalı

-Belirgin görme bozukluğu olmamalı, eğer var ise gözlük/lens ile düzeltilmiş olmalı

-Bilinci etkileyebilecek türden bir ilaç kullanmıyor olmalı

-Son 12 saat içinde kafein içeren bir gıda (kahve, enerji içeceği, çikolata) almamış olmalı

-Deney öncesi yemek hafif yenmiş olmalı. Ne çok aç, ne de aşırı tok olmalı

-Yukarıda belirtilen kriterleri taşımayan gönüllüler çalışmaya alınamayacaklardır. Ancak deneyi gözlemlenmek isterlerse gelebileceklerdir."

Çalışmaya Katılma Kriterlerini Karşılıyan Deneklerden, Çalışma Gününden Önce İstenecek Bilgiler:

-Ad, Soyad,

-Yaş,

-Boy, Kilo,

-Doğum yeri (kendisi için en fazla anlam ifade eden, "memleketim" diyebileceği bir yerleşim yeri),

-İl, ilçe ya da köy olabilir

-Memleketi Ankara, İstanbul olanlar bu şehirler yerine memleketi olarak tercihan ilçelerini/köylerini belirtebilirler.

-Doğum tarihi

-Fotoğraf olarak istenecekler:

-Sevdiği, kendisinde hatırası olan, şahsına ait bir-iki adet takının veya şahsi eşyanın fotoğrafı (saat, yüzük, kolye, bilezik, bileklik, toka vs.)

-Kendisiyle aynı cinsiyetten olan, yakın olduğu bir arkadaşının ya da kardeşinin önden çekilmiş fotoğrafı

•Bütün bu fotoğraflar aydınlık mekanda, arka fonu düz ve açık renkli bir ortamda olmalı

•Kişinin fotoğrafı yüz ifadesiz (gülümseme, üzülme, yüz buruşturma vs. olmadan) olmalı

Deneklere EEG kepi takılmadan önce, kayıt alınacak elektrodalara karşılık gelen saçlı deri kısmı, kulak arkaları ve alın ortası alkolle temizlendi. Daha sonra elektrodaların karşılık geldiği saçlı kafa derisine haricen jel sürüldü. Kayıt öncesi elektrod dirençleri, kullandığımız EEG cihazının kullanım kılavuzunda tavsiye edildiği üzere, 25 kOhm'un altında tutuldu.

Deneklerin tümünde testimiz yapılırken aynı anda alnın ortasına ayrı bir referans elektrodu yerleştirildi ve bipolar EEG elektrodlarıyla beynin elektriksel aktivitesi kaydedildi [Fz, Cz, Pz, Oz, Fp1, Fp2, A1, A2 noktalarından ASA-ANT (Enschede, Hollanda) dijital amplifikatörüne bağlı bir bilgisayara].

Görsel uyarıların gösterilmesi için denek, dış dünyanın elektromanyetik alanından ve sestan izole edilmiş, Faraday kafesi olarak dizayn edilen kapalı bir odaya alındı. Loş ışıkta, rahat bir koltuğa oturur haldeyken, "Evoke" (Enschede, Hollanda) yazılımının kurulu olduğu bir bilgisayar ile uyarılar verildi. Eş zamanlı olarak, ASA-ANT (Enschede,

Hollanda) dijital amplifikatör ile olaya ilişkin potansiyelleri ayrı bir bilgisayara kaydedildi. Uyarılar yalnız görsel içerikli olup, deneğin göz hizasından 120 cm mesafede 23 inç Philips marka IPS LCD bir ekranda gösterildi. Ekran çözünürlüğü 1920x1080 olarak belirlendi. Görsellerin örnekleme hızı 1024 örnek/sn olarak ayarlandı. Bu görsel içerikler 3 farklı modüldeydi (kelime, nesne ve insan yüzü). Ekranda gösterilen içerikler siyah zemin üzerine ayarlandı. Bu amaçla deneklerden alınan nesne, yüz ve kelime görsellerinin arka planı, Adobe Photoshop CS5 bilgisayar programı kullanılarak, siyah olacak biçimde düzenlendi.

3.3. Çalışmanın Uygulanışı

Ekrana yansıtılan görseller arasında önceden bildirilen hedef görsel ortaya çıktığında, denekten kumandanın sağ tarafındaki kırmızı düğmeye basması, diğer bütün görseller için kumandanın sol tarafındaki siyah düğmeye basması istendi. Her bir denek, düğmelere öncelikle doğru basması gerektiği, ikinci olarak olabildiğince hızlı basması gerektiği konusunda her ara verildiğinde tekrar tekrar uyarıldı. Deneklere 1 adet hedef görsel, 4 adet standart görsel, 1 adet de denek için anlam ifade eden prob görseli gösterildi (bu görsellerin nasıl belirlendiği çalışma materyali kısmında ayrıntılı olarak açıklanmıştır). Deneklerin yönergeleri doğru anlayıp anlamadıklarının belirlenmesi için, kayıt alınmadan önce prova yapıldı. Denek hazır olduğunu söyleyene kadar, provaya devam edildi. Prova, her denekte bir kaç dakikayı geçmemiştir.

Hazır olduğunda deneğe, deneyden önce bir yalan söyleme senaryosu canlandırması amacıyla bazı direktifler verildi:

"-Hedef görseli sana gösterdik ve bunu artık tanıyorsun.

-Tanıdığın hedef görselde "tanıyorum" anlamına gelen kırmızı düğmeye basman, diğer bütün görsellerde aslında "tanımıyorum" anlamına gelen siyah düğmeye basman gerekiyor.

-Ancak hedef görsel dışındaki 5 görselden birisi senin için bir anlam ifade eden prob görseli. Bu görselde de siyah düğmeye yani "tanımıyorum" düğmesine basarak aslında yalan söylüyorsun ve böylece bizi kandırmaya çalışıyorsun.

-Kaydedilen beyin dalgalarını hocalarımız analiz edecek ve yalan söylenen görseli bulacaklar. Sen bunu fiziksel olarak değil, zihinsel olarak

engellemeye çalışmalısın. Tanıdık görsel geldiğinde zihinsel olarak bunu tanıdığını baskılamayı istiyoruz."

Deneğin dikkatini sağlamak amacıyla ise şu yolu uyguladık:

-Göz kırpma hareketi gibi fiziksel hareketlerin fazla olması durumunda kaydının analize dahil edilmeyeceğini söyledik.

-Deneğe düğmelere öncelikle doğru basması gerektiğini, eğer yanlış basma sayısı fazla olursa çalışma dışı kalacağını belirttik.

Görsellerin geliş sırası çalışmanın başında rastgele düzenlenmiş olup, oluşturulan bu dizi her denekte aynı şekilde kullanıldı. Tüm görseller, aralarında 1500'er milisaniye + 400ms Random ISI¹ süresi geçecek şekilde deneklere sunuldu. Her görsel ekranda 400 milisaniye kaldı. Deneklerin yönergeleri doğru anlayıp anlamadıklarının belirlenmesi için, kayıt yapılmaksızın, deneyin provası yaptırıldı. Denek teste artık alıştığını söyledikten sonra kayıt alınarak asıl teste başlandı.

-Deney esnasında gösterilen yaklaşık her 30 görselde bir çalışmayı durdurduk ve en son gördüğü kelime/nesne'yi sesli olarak söylemesini istedik. İnsan yüzü görsellerinde ise yaklaşık her 30 görüntüde bir çalışmayı durdurup, deneğin yanına geldik ve testte gösterilen 6 resmin olduğu tablet bilgisayardan en son hangi resmi gördüğünü sorduk. Denek doğru cevapladıktan sonra "devam ediyoruz" dedik ve teste devam ettik. Deneğe dikkatli olmasını, eğer 1 kereden fazla buna yanlış cevap verirse çalışma dışı kalacağını söyledik.

Her bir modülde (kelime, nesne ve yüz) deneğe gösterilen görsellerin geliş sırası rastgele olacak şekilde düzenlendi. Bu düzen, her 6 görsel grubu (1 hedef, 1 prob ve 4 standart görsel) içinde öğelerin rastgele karıştırılmasıyla sağlandı. Her bir modülde, her bir görselden 50 kez olmak üzere toplamda 300 görsel gösterildi. Modüller iki kısım halinde, ortasında yaklaşık 1 dk ara verilecek şekilde planlandı. Ayrı görsel modüller arasında ise 2-5 dk'lık dinlenme arası verildi. Deneğin talep ettiği durumlarda ise kayda ara verildi. Deneklere 3 modülün gösterilme sırası her bir denekte değiştirilerek, karşılıklı

¹ Random ISI (Random Inter-stimulus Interval), iki uyaran arası belirtilen zaman değeri ile 0 arasında rastgele değişen zaman aralığı demektir.

olarak dengelendi. (counterbalancing).

3.4. Çalışma Materyali

Deneklere gösterilen içeriklerin tiplerine göre grupları:

3.4.1. Kelime:

Adobe Photoshop CS5 ile düzenlenen, 1920x1080 çözünürlüklü siyah zemin üzerine beyaz renkte, 96 punto Candara Regular fontunda, baş harfi büyük, 6 farklı yerleşim yerinin ismi kullanıldı. Hedef kelime görseli olarak "ANKARA" kullanıldı. Deneğe büyük harfle yazılmış ve başkentimiz olan "ANKARA"yı gördüğünde bunu tanıdığını ve "tanıyorum" düğmesi olan kırmızı düğmeye basması söylendi. Diğer yerleşim yerlerinde de "tanımıyorum" anlamına gelen siyah düğmeye basması istendi. Bu sayede tanıdığı kendi memleketini gördüğünde bile "tanımıyorum" düğmesine basacak yalan söylemiş olacaktı.

Asıl çalışma başlamadan önce deneğe standart öğeler gösterildi ve tanıdık gelen görseller olduğunu söylediğinde o görseller değiştirildi.

Görsellerin yüksekliği 1,7 cm idi.

3.4.2. Nesne:

Adobe Photoshop CS5 ile düzenlenen, 1920x1080 çözünürlüklü, arka planı siyah olarak hazırlanmış 6 farklı nesne gösterildi. Bunlardan birisi deneğe ait olan nesneydi. Hedef nesne olarak ise köstekli saat resmi kullanıldı. Deneğe köstekli saat görselini gördüğünde bunu tanıdığını ve "tanıyorum" düğmesi olan kırmızı düğmeye basması söylendi. Diğer nesnelere ise "tanımıyorum" anlamına gelen siyah düğmeye basması söylendi. Bu sayede kendi eşyasını tanıyor olmasına rağmen yalan söylüyor olacaktı.

Görsellerin yüksekliği ve genişliği 8 - 15 cm arasında idi.

3.4.3. İnsan Yüzü:

Adobe Photoshop CS5 ile düzenlenen, 1920x1080 çözünürlüklü arka planı siyah olarak hazırlanmış 6 farklı insan yüzü görseli (yüz ifadesiz, önden görünüş) gösterildi. Prob görseli, deneğin tanıdığı, aynı cinsiyetten olan yakın bir arkadaşı ya da kardeşi idi. Standart görseller denek ile aynı cinsiyetten olan, orta yaşlardaki insanların yüz fotoğraflarıydı. Hedef görsel ise erkek denekler için yaşlı bir bayan fotoğrafı, bayan denekler içinse yaşlı bir erkek fotoğrafı idi. Deneğe yaşlı adamı/kadını gördüğünde bunu tanıdığını ve

"tanıyorum" anlamına gelen kırmızı düğmeye basması söylendi. Diğer yüzlerde de "tanımıyorum" anlamına gelen siyah düğmeye basması söylendi. Bu sayede yakın arkadaşını/kardeşini tanıyor olmasına rağmen yalan söylüyor olacaktı.

Denek, standart olarak gösterilen görseller arasında, tanıdık gelen görsel olduğunu söylediğinde o görsel değiştirildi.

Görsellerin yüksekliği 13,5 cm, genişliği 12 cm idi.

3.5. EEG'nin ve Davranışsal Verilerin Kayıt Sonrası Analizi

Kayıt sonunda göz artefaktlarını elemek için *ERPLAB 3.0 toolbox* yüklenmiş *Matlab 7.10.0 (Mathworks Inc., MA, ABD)* yazılımı kullanıldı. 100 μV 'u aşan dalgalar otomatik olarak elendi. Şebeke gürültüsünden kurtulmak amacıyla, dördüncü derece, 49-51 Hz, faz kayması yapmayan, bant durduran butterworth filtre¹ ve 50 Hz notch filtreden² geçirildi. Son olarak, P300 dalgasını net bir şekilde gösterebilmek için EEG kaydı 0.3-30 Hz aralığında, dördüncü derece, faz kayması yapmayan, bant geçiren butterworth filtreden geçirildi. Artefakt elenmesi tüm elektrodlara uygulandı. Kayıtların referansı kulak elektrodları (A1, A2) ortalamasına (linked ears) çevrildi. Her bir görsel uyaran modülünde, elde edilen serebral elektriksel aktivitenin her bir görselden önceki 100 ms ve sonraki ilk 1500 milisaniye içindeki kayıtları (tarama bölgesi), artefakt elenmesine takılanlar elendikten sonra, her bir birey için ortalandı. Böylece hedef, standart ve prob uyaranlarla oluşan olaya ilişkin potansiyeller elde edildi. Kullanılmış olan tüm EEG kayıt elektrodlarının kayıtları yalnız söz konusu elektroda ait verilerin ortalamalarıydı.

Elde edilen tarama bölgelerinde P300 dalgalarını belirlemek amacıyla yine aynı program kullanılarak, 300-1000 ms arasındaki tepe noktası belirlendi. Elde edilen tepe noktasının mikrovolt (μV) cinsinden büyüklüğü P300 amplitüdü, milisaniye (ms) cinsinden gecikmesi P300 latansı olarak hesaplandı.

¹ Butterworth filtre; tarama içinde mümkün olduğu kadar düz bir frekans yanıtına sahip olabilmek için dizayn edilmiş bir sinyal işleme filtre tipidir.

² Notch filtre; şehir şebeke gürültüsünü yok etmek için kullanılan filtre tipi

Davranışsal verilerin değerlendirilmesi amacıyla, test sonunda her bir görsel uyaran modalitesi için verilen direktifler doğrultusunda deneklerin düğmeye doğru basma, atlama, yanlış basma sayıları belirlendi. Atlananlar yanlış basma olarak kabul edildi. İlaveten doğru basmalardaki reaksiyon zamanlarının ortalamaları hesaplandı.

3.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiki analizleri *IBM® SPSS® Statistics 20 for Mac (IBM Corp., Los Angeles, CA, USA)* ile sonuçların tabloları *Microsoft® Excel® for Mac 2011 (Microsoft Corp., Santa Rosa, CA, USA)* ile yapılmıştır. Verilerin tanımlanmasında ortalama \pm standart sapma değerleri kullanılmıştır. Deneyle sonucunda elde edilen veriler normal dağılım göstermesi durumunda (Shapiro-Wilk testi ile) gruplar arası karşılaştırmalar tekrarlayan ölçümler varyans analizi (ANOVA) testi ile; ikili karşılaştırmalar da Post-hoc testlerden Bonferroni testiyle yapılmıştır. Normal dağılım göstermemesi durumunda tekrarlayan ölçümler Friedman testi ile; ikili karşılaştırmalar Wilcoxon testi ile yapılmıştır. Sonuçlar % 95'lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar Pz, Cz ve Oz elektrodlarından kaydedilmiş ve gözlemlenmiş iken istatistiki değerlendirmeler P300 dalgasının tipik olarak en belirgin gözlemlendiği Pz kanalı ile sınırlı tutulmuştur [114].

BULGULAR

4.1. Davranışsal Bulgular

Her bir deneğin yaş, Vücut kütle indeksi (VKİ) değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Düğmeye basmadan geçme, yanlış basma olarak değerlendirildi.

Hedef öğeleri için düğmeye doğru basma oranları karşılaştırıldığında, yüz, kelime ve nesne modülleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p=0,143$).

Prob öğeleri için düğmeye doğru basma oranları karşılaştırıldığında, yüz, kelime ve nesne modülleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p=0,597$).

Standart öğeler için düğmeye doğru basma oranları karşılaştırıldığında, yüz, kelime ve nesne modülleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p=0,67$).

Bundan sonraki analizler, düğmeye doğru basılan taramalar değerlendirilerek yapıldı. Düğmeye yanlış basılan veya basmadan geçilen taramalar değerlendirme dışı tutuldu.

Tablo 1: Deneklerin yaş, boy ve ağırlık değerleri. Yaş yıl cinsinden, vücut kütle endeksi (VKİ) kg/m² cinsindedir.

Denek No:	Yaş	VKİ
1	20	27,68
2	19	21,48
3	19	19,84
4	19	22,49
5	18	25,26
6	25	26,12
7	19	25,71
8	20	19,23
9	19	25,71
10	18	21,05
11	20	17,30
12	22	28,04
13	20	19,72
14	22	22,04
15	20	24,25
16	22	24,22
17	20	19,10
18	30	25,76
19	29	28,77
20	19	17,18

Yüz modülündeki görsel gruplarına (hedef, prob, standart) verilen ortalama reaksiyon zamanları Tablo-2'de gösterilmiştir. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($F=16,828$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri hem prob değerlerinden ($p<0,001$) hem de standart değerlerinden anlamlı olarak uzundu ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden uzundu fakat bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0,491$).

Kelime modülündeki görsel gruplarına (hedef, prob, standart) verilen ortalama reaksiyon zamanları Tablo-3'de gösterilmiştir. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($F=12,789$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri hem prob değerlerinden ($p=0,001$) hem de standart değerlerinden anlamlı olarak uzundu ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden uzundu fakat bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0,501$).

Nesne modülündeki görsel gruplarına (hedef, prob, standart) verilen ortalama reaksiyon zamanları Tablo-4'de gösterilmiştir. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($F=14,275$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri hem prob değerlerinden ($p<0,001$) hem de standart değerlerinden anlamlı olarak uzundu ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden uzundu fakat bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0,618$).

Yüz, kelime ve nesne modüllerinde prob ögesindeki ortalama reaksiyon zamanlarının standart ögenin ortalama reaksiyon zamanlarına göre düzeltilmiş değerleri Tablo 5'de, yüz, kelime ve nesne modüllerinde hedef ögesindeki ortalama reaksiyon zamanlarının standart ögenin ortalama reaksiyon zamanlarına göre düzeltilmiş değerleri Tablo 6'da gösterilmiştir.

Düzeltilme, araştırılan değerden standart değerden çıkarılıp, çıkan sonucun standart değere bölünmesiyle yapıldı.

Modüller (yüz, kelime, nesne) arasında, hem probun düzeltilmiş ortalama reaksiyon zamanlarında ($F=0,286$; $p=0,755$) hem de hedefin düzeltilmiş ortalama reaksiyon zamanlarında anlamlı bir fark bulunmadı ($F=0,171$; $p=0,844$).

Tablo 2: Yüz modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının saniye cinsinden ortalama ve standart sapmaları (Ss).

Parametre=Yüz	N	Ortalama \pm Ss	p
Hedef	20	0,564 \pm 0,103	<0,001
Prob	20	0,448 \pm 0,081	
Standart	20	0,417 \pm 0,066	

Tablo 3: Kelime modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının saniye cinsinden ortalama ve standart sapmaları (Ss).

Parametre=Kelime	N	Ortalama \pm Ss	p
Hedef	20	0,579 \pm 0,125	<0,001
Prob	20	0,463 \pm 0,091	
Standart	20	0,428 \pm 0,075	

Tablo 4: Nesne modülünde deneklere gösterilen hedef, prob ve standart görsellerdeki ortalama reaksiyon zamanlarının saniye cinsinden ortalama ve standart sapmaları (Ss).

Parametre=Nesne	N	Ortalama \pm Ss	p
Hedef	20	0,623 \pm 0,135	<0,001
Prob	20	0,487 \pm 0,093	
Standart	20	0,456 \pm 0,079	

Tablo 5: Yüz, kelime ve nesne modüllerinde, standart görsellerdeki reaksiyon zamanına göre düzeltilmiş prob görselleri reaksiyon zamanlarının (RZ) saniye cinsinden ortalama ve standart sapmaları (Ss).

Parametre=Düzeltilmiş Prob RZ	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	20	0,071 \pm 0,058	0,755
Kelime	20	0,081 \pm 0,072	
Nesne	20	0,068 \pm 0,083	

Tablo 6: Yüz, kelime ve nesne modüllerinde, standard görsellerdeki reaksiyon zamanına göre düzeltilmiş hedef görselleri reaksiyon zamanlarının (RZ) saniye cinsinden ortalama ve standart sapmaları (Ss).

Parametre=Düzeltilmiş Hedef RZ	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	20	0,351 \pm 0,11	0,844
Kelime	20	0,35 \pm 0,132	
Nesne	20	0,364 \pm 0,163	

4.2. Elektrofizyolojik Bulgular

Deneklere her bir modülde (yüz, nesne ve kelime) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında EEG ile Pz elektrodundan kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyelin amplitüdüleri Tablo 7'de gösterilmiştir.

Yüz grubu için hedef-prob-standart öğelerinin ortalama P300 amplitüd değerleri arasında anlamlı bir fark vardı ($F=34,917$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri hem prob değerlerinden ($p<0,001$) hem de standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p<0,001$).

Kelime grubu için hedef-prob-standart öğelerinin ortalama P300 amplitüd değerleri arasında anlamlı bir fark vardı ($F=79,668$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri hem prob değerlerinden ($p<0,001$) hem de standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p=0,009$).

Nesne grubu için hedef-prob-standart öğelerinin ortalama P300 amplitüd değerleri arasında anlamlı bir fark vardı ($F=58,384$; $p<0,001$). Buna göre:

- Hedef değerleri prob değerlerinden hafifçe büyüktü fakat bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,469$).

- Hedef değerleri standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p<0,001$).

- Prob değerleri standart değerlerinden anlamlı olarak büyüktü ($p<0,001$).

Tablo 7: Deneklere farklı modüllerde (yüz, kelime, nesne) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyel amplitüdlerinin ortalama ve standart sapmaları (Ss). Tabloda Pz elektrodundan elde edilen değerler gösterilmiştir. Amplitüdlere ortalama ve standart sapma (Ss) değerleri mikrovolt (μV) cinsindedir.

Parametre=amp.	Hedef-Prob-Standart	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	Hedef	20	17,01 \pm 1,21	<0,001
	Prob	20	11,91 \pm 0,98	
	Standart	20	7,71 \pm 0,89	
Kelime	Hedef	20	17,27 \pm 1,28	<0,001
	Prob	20	10,50 \pm 1,18	
	Standart	20	7,78 \pm 0,90	
Nesne	Hedef	20	14,50 \pm 1,07	<0,001
	Prob	20	13,56 \pm 0,90	
	Standart	20	9,06 \pm 0,87	

Deneklere her bir modülde (yüz, nesne ve kelime) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında EEG ile Pz elektrodundan kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyelin ortalama latansları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Hem yüz grubu için ($F=0,406$; $p=0,672$), hem kelime grubu için ($F=3,538$; $p=0,051$), hem de nesne grubu için hedef-prob-standart öğelerinin P300 latansları (gecikme) arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($F=3,134$; $p=0,068$).

Tablo 8: Deneklere farklı modüllerde (yüz, kelime, nesne) gösterilen hedef, prob ve standart görseller esnasında kaydedilen olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyeli latanslarının ortalama ve standart sapmaları (Ss). Tabloda Pz elektrodundan elde edilen değerler gösterilmiştir. Latansların ortalama ve standart sapma (Ss) değerleri milisaniye (ms) cinsindedir.

Parametre=Latans	Hedef-Prob-Standart	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	Hedef	20	558,45 \pm 126,32	0,672
	Prob	20	581,74 \pm 207,87	
	Standart	20	599,85 \pm 237,26	
Kelime	Hedef	20	497,61 \pm 111	0,051
	Prob	20	527,73 \pm 108,79	
	Standart	20	592,97 \pm 210,8	
Nesne	Hedef	20	558,05 \pm 127,13	0,068
	Prob	20	527,23 \pm 92,33	
	Standart	20	492,17 \pm 159,25	

Her bir modüldeki (yüz, kelime, nesne) hedef ögenin P300 amplitüdünün standart öğeye göre yüzde değişimi hesaplandı. Elde edilen, standardize edilmiş hedef değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı bir fark bulunmadı ($F=0,762$; $p=0,481$).

Her bir modüldeki (yüz, kelime, nesne) prob ögesinin P300 amplitüdünün standart öğeye göre yüzde değişimi hesaplandı. Elde edilen, standardize edilmiş prob değerlerinin karşılaştırılmasında anlamlı bir fark bulunmadı ($F=0,699$; $p=0,51$).

Farklı modüllerdeki standarda göre düzeltilmiş hedef öge amplitüd değerleri Tablo 9'da, düzeltilmiş prob ögesi amplitüd değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir.

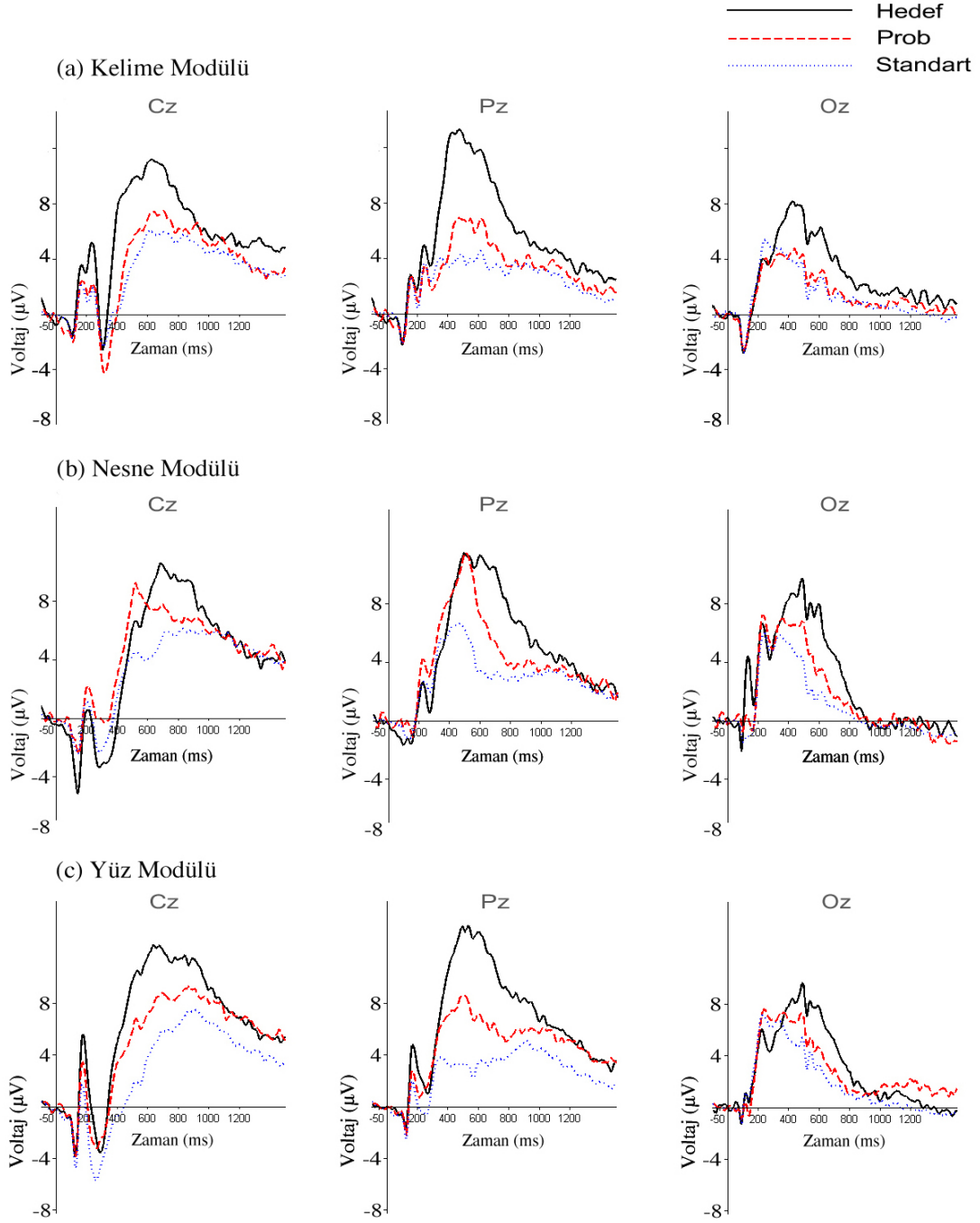
Tablo 9: Yüz, kelime ve nesne modüllerindeki, standarda göre düzeltilmiş hedef ögenin ortalama P300 amplitüd değerlerinin ortalama ve standart sapmaları (Ss) gösterilmiştir.

Parametre=Düzeltilmiş Hedef Öge Amplitüdü	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	20	2,01 \pm 3,47	0,481
Kelime	20	1,63 \pm 1,22	
Nesne	20	1,08 \pm 1,96	

Tablo 10: Yüz, kelime ve nesne modüllerindeki, standarda göre düzeltilmiş prob ögesinin ortalama P300 amplitüd değerlerinin ortalama ve standart sapmaları (Ss) gösterilmiştir.

Parametre=Düzeltilmiş Prob Öge Amplitüdü	N	Ortalama \pm Ss	p
Yüz	20	1 \pm 2,04	0,51
Kelime	20	0,57 \pm 0,82	
Nesne	20	1 \pm 1,85	

Standart, prob ve hedef ögeler tarafından, Cz, Pz ve Oz elektrod bölgelerinde oluşturulan OİP dalga formlarının, bütün deneklerdeki taramalarının ortalamaları Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8: Standart, prob ve hedef öğeler tarafından oluşturulan OİP dalga formlarının grup ortalaması. Kelime, nesne ve yüz modüllerinde Cz, Pz ve Oz elektrod bölgelerinden alınan OİP dalgaları. Yatay çizgi milisaniye (ms) cinsinden zamanı, dikey çizgi mikrovolt (μV) cinsinden voltajı göstermektedir.

TARTIŞMA

Saklanmış bilginin araştırılmasında OİP'in P300 bileşeni yaklaşık olarak 20 yıldır kullanılmaktadır. Bu metodun mantığı nadir olarak sunulan anlamlı uyarının P300 dalgası oluşturmasıdır. Oluşan P300 dalgasının özelliğine bağlı olarak, o dalgayı oluşturan uyaran hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. P300 tabanlı SBT'yi kullanarak yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda uyaran olarak yalnızca kelimeler, çok az bir kısmında ise yalnızca nesne resimleri veya insan yüzü resimleri kullanılmıştır. Literatürde aynı denekte her üç uyarının da kullanıldığı bir çalışmaya rastlamadık. Her üç uyarının aynı denekte kullanılmasının hem SBT, hem de beynin olaya ilişkin potansiyellerinin fonksiyonları hakkında daha ayrıntılı bilgi vereceği düşüncesiyle bu araştırmayı yaptık.

Saklanmış bilginin tespitinde, genellikle KST veya SBT kullanılmaktadır.

KST yöntemi¹ konusunda bilim adamları ve soruşturmacılar² arasında ciddi fikir ayrılıkları bulunmaktadır. Soruşturmacılar yüksek doğruluk oranına sahip olduğuna inanmaktadırlar, ancak bilim adamlarının çoğu bu yöntemin özgüllüğünün düşük olduğunu düşündükleri için, itibar etmemektedirler [124]. Ayrıca KST yöntemi çoğunlukla itiraf ettirmek için kullanılır ve doğal olarak soruşturmacılar sadece şüpheli kişinin suçlu olduğuna inandıklarında bu yöntemle itiraf ettirmek için çabalarlar [125].

P300-tabanlı SBT altında yatan mantık ise, nadir anlamlı uyarıların P300 ortaya çıkarmasıdır [122, 126]. Otobiyografik bilgi gibi, birey için anlamlı olan uyarılar, birey için anlamsız uyarılarla karıştırılıp, nadir bir seri halinde sunulduklarında P300 dalga formunu oluşturur [127, 128]. Böylece hem suçlu hem de masum olduğu düşünülen bireylerde kullanılabilir.

¹ KST yönteminde şüpheliye bir takım çeldirici sorular sorularak itiraf ettirilmeye çalışılır. Bu sayede olayın aydınlatılması amaçlanır.

² Soruşturmacıların bilim adamlarından farklı olarak asıl görevleri, saklanmış bilginin tespit edilmesinde kullanılan yöntemleri çeşitli adli durumlarda şüpheliler üzerine uygulamalarıdır.

KST'nin bu sakıncalarından ve elde edilen sonuçların doğruluğuna şüpheyle yaklaşılmasından dolayı biz çalışmamızda SBT'yi kullandık.

P300-tabanlı SBT çalışmalarının çoğu uyarıcı olarak sözcükleri veya kısa ifadeleri kullanmıştır. Bu sözcükler veya ifadeler, genellikle ya otobiyografik bilgi [129], ya suç senaryosuyla ilişkili bilgi [90, 96] ya da tesadüfen öğrenilmiş bilgiler [92, 130] olmuştur. Biz de denek için ciddi derecede anlam ifade eden kişisel nesne, kelime (memleket ismi) ve tanıdık yüz resimlerini kullandık.

Tipik bir P300-tabanlı SBT'de bu ifade sözcükleri hedef, prob, standart adlı üç tipten biri şeklinde sunulur [90]. Prob uyarıcı, deneğin bilgi vermeyi reddettiği anlamlı uyarıcıdır. Hedef uyarıcı, görevle alakalı talimatlar aracılığıyla katılımcı işbirliğini sağlamak için yapılmış bir dikkat toplayıcı olarak hizmet vermektedir. Standart uyarıcı ise olayla ilişkisiz ancak aynı kategorideki bilgiyi içerir. Katılımcılara, görsel uyarıcı tanıdığı zaman (prob) bir düğmeye basarak hedefi tanıdığını belirtmesi ve diğer tüm uyarıcılarda ise (hedef ve standart) başka bir düğmeye basarak hedef ve standart uyarıcıları tanımadığını belirtmesi talimatları verilir. Masum ya da o bilgiye sahip olmayan bir denek için, prob ve standartlar ayırt edilemez ve dolayısıyla P300 dalgalarında anlamlı bir fark oluşması beklenmez. Diğer yandan suçlu ya da o bilgiye sahip olan bir denek içinse prob uyarıcı dikkat çeken bir P300 dalgası oluşturur. Çalışmamızda, bu alanda araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan, yukarıda bahsettiğimiz SBT'nin 3 uyarıcı protokolünü uyguladık.

Meijer ve ark.'nın meta analizlerinde, SBT protokolü ile saklanmış bilginin tespitinde kullanılan parametrelerden elektrodermal yanıt ve P300 ile elde edilen tespitlerin geçerli olduğu gösterilmiştir [131]. SBT çalışmalarının hemen hepsi laboratuvar şartlarında elde edilmiştir, dolayısıyla sonuçların gerçek bir suç soruşturması için de genellenebileceği tartışmaya açıktır. Gerçek saha şartlarında yapılan sadece iki çalışma bildirilmiştir [132, 133]. İsrail Polisi tarafından yapılan bu çalışmalarda dış geçerliliğin düşük bulunmasına karşın, bu araştırma birçok yönden ideal şartlarda olmadığından sonuçlarına şüpheyle yaklaşılabilir. Mesela, SBT protokolünden önce aynı suçlularda KST protokolü çalışılmıştır ki bu da aldıkları yüksek negatif sonuçları ve düşük tespit değerlerini açıklayabilir. Bizim çalışmamızda da

kullandığımız benzer yöntemlerin saha şartlarında uygulanarak geçerliliğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır.

Saklanmış bilginin tespitini engellemek için denek tarafından yapılan birtakım girişimler olabilmektedir. Bunlar iki kategoriye ayrılabilir: İnhibitör ve aktif KÖ'ler [134]. Yapılan çalışmalarda, bizim çalışmamızda da olduğu gibi, seçilen öğeyi (prob) saklama talimatı inhibitör zihinsel KÖ'ye uymaktadır, çünkü deneklerin seçmedikleri öğeyi (standart) zihinsel olarak seçmiş gibi davranma benzeri aktif KÖ'ler yapmaları yasaklanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar P300-tabanlı SBT'nin inhibitör KÖ'lere dayanıklı [135], fakat aktif KÖ'lere karşı duyarlı olduğunu [136] göstermektedir. Eğer deneklerin aktif KÖ kullanmalarına izin verseydik, bunun belki P300 üzerinde farklı etkileri olacak ve saklanmış bilginin tespitinde doğruluk azalacaktı. Bizim elde ettiğimiz ve literatürdeki benzer sonuçlar göstermektedir ki prob öğesine olan dikkati arttıracak herhangi bir müdahale P300 amplitüdünü yükseltmektedir.

Çalışmamızda beklediğimiz gibi, P300 amplitüdüleri, hedef ve prob görselleriyle standart görselleri kıyaslandığında anlamlı olarak artmıştı. Bu sonuçlar kelime, nesne ve yüz modüllerinin hepsinde gözlemlendi. Elde edilen farkları modüller arasında karşılaştırdığımızda ise istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlemlenmedi. Bizim elde ettiğimiz sonuçlarda, denekler tarafından zihinsel olarak saklanmaya çalışılan ve kendileri için anlamlı olan öğelerde, olaya ilişkin P300 amplitüd ölçümlerimize göre, üç modülden herhangi biri diğerlerinden daha üstün değildir.

Hafızadaki bilginin tespitinde P300, en çok çalışılmış OIP bileşenidir [99]. Bu çalışmaların da çoğu P300-tabanlı SBT çalışmalarıdır [90, 92, 102, 137]. Bu çalışmalar göstermiştir ki tesadüfen kazanılmış bir bilgi, otobiyografik bir bilgideki gibi P300 ile pek tespit edilememektedir [102].

Saklanmış bilginin tespitinde görsel uyaran, Rosenfeld'in 2007'deki çalışmasından önce çok nadir kullanılmıştır [105]. Rosenfeld'in otobiyografik uyaran olarak yüz resimlerini kullandığı bu çalışmada aldığı sonuçlara göre, prob öğeler tarafından oluşturulan P300'ler standart öğeler tarafından oluşturulardan daha büyük çıkmıştır. Bu deneyde denekler, kendilerine gösterilen kardeşlerinin ya da samimi arkadaşlarının yüzlerini tanımıyor gibi yapıp, zihinsel olarak gizlemeye çalışmışlardır. Fakat aynı çalışma içinde yaptıkları ikinci deneyde, deneklere nadiren gördükleri insan yüzü fotoğrafları

gösterilmiştir. Başarılı bir SBT protokolü yapmalarına rağmen bu yüzler analize tespit edilememiştir. Başka bir çalışmada da P300 ortalamaları karşılaştırıldığında, tanıdık yüzler yabancı yüzlere göre daha yüksek bir P300 dalgası oluşturmuştur [138]. Bu bilgiler ışığında biz de, belirgin bir P300 oluşturmak amacıyla benzer bir protokolü uyguladık ve deneklere yakından tanıdıkları kişilerin yüz fotoğraflarını gösterdik. Gösterdiğimiz ögeler için, deneklere o bilgiyi zihinsel olarak saklamaya çalışmalarını istedik ve Rosenfeld'in çalışmasıyla benzer sonuçları elde ettik [105]. Bizim çalışmamızda da deneklere samimi arkadaşları ya da kardeşlerinin yüzlerini gösterildiğinde, tanımadıkları yüzlere göre anlamlı derecede daha büyük P300 amplitüdü oluşmaktaydı. Yalnız çalışmamızda, deneklerin dikkatini arttırabilmek için, ek olarak hedef ögesini kullandık. Ayrıca bu protokole nesne ve kelime modüllerini ekledik. Literatürde bizim çalışmamızın benzeri sadece bir çalışmaya rastladık [139]. Bu çalışmada, saklanmış bilginin tespitinde hangisinin daha başarılı olduğunu sorgulamak amacıyla, aynı nesnelerin isimleri ve resimleri kullanılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre, nesnenin ismi veya resminin kullanımı arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda bu çalışmada bulunmayan insan yüzü tanıma da çalışılmıştır.

Önceki birçok çalışma, SBT'de OİP'ler ölçmüştür [6, 10, 90, 92, 93, 102, 105, 140, 141]. Bu çalışmalar, kritik ögelerde (prob) kritik olmayan ögelerden (standart) daha yüksek bir P300 yanıtı bildirmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda her bir öge 1500-3000 ms aralıklarla, 20 kereden fazla gösterilmiştir. Bu sayede OİP yanıtlarının ortalaması alınarak asıl sinyalin iç ve dış etkenlerin oluşturduğu gürültüye göre belirginliğini arttırmak amaçlanmıştır. Bu mantık halihazırdaki OİP-tabanlı SBT'lerin temelini oluşturmaktadır. Biz de önceki çalışmaların bir benzeri olarak, ögeler arası süreyi 1500-1900 ms arasında belirledik.

Önceki OİP-tabanlı SBT çalışmaları, kritik ögelerle (prob) kritik olmayan ögelerin (standart) P300 amplitüdüleri arasındaki farka odaklanmıştır [105, 141]. Bu çalışmalar sıklıkla, tepe-amplitüd metodunu kullanmışlardır. Bu metod ile OİP'in uyarıdan sonraki yaklaşık 400-1000 ms'deki tepe değerleri kritik ve kritik olmayan ögeler için ayrı ayrı belirlenip, aralarındaki fark hesaplanmıştır. Biz, çalışmamızda 300-1000 ms aralığındaki tepe değerini belirleyip, P300-tabanlı SBT protokolü için uyguladık.

Yakın zamanda yapılan bir meta-analiz göstermiştir ki saklanmış bilginin tespitinde P300-tabanlı ölçüm geleneksel otonomik ölçümlerden daha etkindir [131]. P300 amplitüdünün artışı, denekler için kritik öğenin (prob) önemini yansıttığı düşünülmektedir ki genellikle bir aykırı uyarın paradigmasına iliştilerek çalışılmıştır [99]. Biz sadece OİP ile çalıştık. Sonraki çalışmalarda OİP ile birlikte otonomik parametrelerin de çalışılması ve birlikte değerlendirilmeleriyle daha başarılı sonuçlar alınabileceği düşüncesindeyiz. Nitekim farklı bir çalışma örneğinde, P300 ile birlikte otonom sistem parametrelerini de çalışın Matsuda ve ark. kritik olan (prob) ve kritik olmayan (standart) öğeler arasında anlamlı bir P300 amplitüd farkı bulamamışlardır. Otonom sistem parametrelerinde kullandıkları dört farklı analiz tipinde ise prob ve standart öğeler arasında anlamlı bir fark tespit etmişlerdir [142]. Bu durum, otonom sistem tabanlı SBT'de uyarınlar arası kullandıkları uzun zaman aralığına (22 saniye) bağlı olabilir. Aykırı uyarın görevinde, hedef uyarınları arasında uzun zaman geçmesi hedef uyarının P300 amplitüdüne etkisini önleyebilmektedir [143-145].

Zhao ve ark., birey için kişisel olarak anlamlı öğelerin (örneğin, kendi ismi veya doğum tarihi) kritik öğe (prob) seçildiğinde, laboratuvarında tasarlanmış bir SBT yöntemi performansını test etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır [146]. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda, prob ve hedef öğe P300 amplitüdüleri standart öğelerinkiyile karşılaştırıldığında anlamlı bir yükseklik tespit etmişlerdir. Biz de kayıtlarımızda, prob ve hedef P300 amplitüdülerini standart P300 amplitüdüleriyle karşılaştırdığımızda anlamlı derecede yüksek bulduk.

Kubo ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada deneklere birer iskambil kartı seçtirilmiş ve zihinsel olarak üç farklı işlem (saklama, aktarma ve gizleme yapmama) yaparken OİP kayıtları alınmıştır [140]. Sonuçlarına göre, deneklere seçtikleri kartı sakla veya aktar diye talimat verildiği zamanlarda, seçilen kartın diğer kartlara göre istatistiksel olarak daha yüksek amplitüdü bir P300 oluşturduğunu görmüşlerdir. Ancak deneklere herhangi bir saklama direktifi verilmediğinde, seçilen kartın diğer kartlarla kıyasla oluşturduğu P300 amplitüdü arasında herhangi bir fark gözlemlememişlerdir. Bu sonuçlar Allen ve Iacono ile Verschuere ve ark.'nın bulgularıyla uyumludur [141, 147]. Prob ve standart öğelerin P300 amplitüdü farkları, seçilen kartın zihinsel olarak

saklanmaya çalışılmasıyla birlikte artmaktadır. Bu sonuç aynı zamanda otonomik ölçümler kullanılan önceki SBT çalışmalarıyla da uyuşmaktadır [148]. Ancak bundan önceki kart çalışmalarındaki kadar belirgin olmamıştır [104, 141]. Bu durum, Kubo ve ark.'nın çalışmasında hedef kart olarak oldukça belirgin bir uyarın olan joker kartını kullanmalarından dolayı olabilir. Birden çok uyarının bulunduğu deney modellerinde, P300 dalgasını oluşturacak nadir uyarın uygulayıcı tarafından belirlenenler değil, denek tarafından algılananlardır [149, 150]. Çünkü hedef uyarın çok belirgin olduğunda, diğer iki uyarın tipi aynı kategoride değerlendirilmeye meyledilir. Bu yüzden aralarındaki P300 amplitüd farkı daha küçük olabilmektedir [151]. Bizim çalışmamızda üç modül arasında anlamlı bir fark bulmamızda hedef öge kullanmamızın etkisi olabilir. Hedef öge kullanılmadan deneklerin teste olan dikkati bir şekilde artırılabilirse saklanmış bilginin tespitinde daha başarılı sonuçlar alınabilir.

Bildiğimiz kadarıyla P300-tabanlı SBT içinde hedef uyarın belirginliğinin etkisini araştıran bir çalışma yapılmamıştır, bu konunun araştırılması gerekmektedir. Eğer deneklerin tam manasıyla dikkatini uyarın dizisine vermesi sağlanabilirse, hedef ögenin kullanılmadığı çalışma protokolü daha uygun olacaktır. Aslında hedef uyarınsız, yani iki-uyarınlı protokol otonomik-tabanlı SBT'de oldukça yaygındır [4, 147]. Rosenfeld ve ark. hedef uyarının olmadığı, prob ve standart öğeler arasında, P300'de ve davranışsal ölçümlerde anlamlı fark gözlemlemişlerdir [102]. Ya da Rosenfeld ve ark. tarafından ilk defa önerilen karmaşık deneme protokolü (KDP, Complex Trial Protocol) adlı yeni deney paradigması kullanılabilir [98]. Bu protokolde prob ve standart öğeleri bir hedef öge takip etmektedir. Bu iki aşamalı protokolün çeşitli KÖ'lere dirençli ve etkili olduğunu da göstermişlerdir. Bu KDP protokolü hedef uyarının gölgeleyici etkisini düşürürebilmekte ve tespit etme duyarlılığını arttırabilmektedir. Biz, daha önce sıklıkla kullanılmış, altyapısının daha sağlam olduğunu düşündüğümüz SBT protokolünü kullandık. KDP protokolünün henüz yeni olması ve çalışmaların önemli bir kısmının da sadece Rosenfeld'in laboratuvarında yapılmış olması da bu kararı vermemizde etkili oldu.

Yapılan iskambil kartı çalışmalarına baktığımızda, bilginin saklanması ya da aktarılmasına bakılmaksızın, ilave bir zihinsel işlem olduğunda P300

amplitüdü artmaktadır sonucuna varılabilir. Saklama girişimi paradoksal olarak seçilen kartı daha önemli yapmakta ve bu da daha yüksek bir P300 olarak yansımaktadır [104].

Meijer ve ark.'nın saklamaya yönelik talimatların olmadığı ikinci çalışmalarında, tanıdık yüzler yabancı yüzlerle kıyaslandığında, oluşturdukları P300'ün daha büyük amplitüdü olmadığı gözlemlenmiştir [138]. Ancak bu konudaki birçok çalışma göstermiştir ki bireyin kendisiyle ilgili, önemli olan bilgi tesadüfen kazanılan bilgiye göre daha büyük amplitüdü bir P300 oluşturmaktadır [6, 102].

Allen ve ark.'larının iskambil kartı çalışmalarında, hedef kart tarafından oluşturulan P300 latansının, hem saklama hem de aktarma durumunda, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu bulunmuştur [104]. Bizim çalışmamızda ise, hedef ve prob görselleriyle standart görsellerinin P300 latansları kıyaslandığında, anlamlı bir fark gözlemlenmedi. Yalnız kelime modülünde istatistiki olarak sınırda bir p değeri (0,051) bulduk.

Kubo ve ark.'nın yaptığı çalışmada direktif tipi seçilen iskambil kartının P300 latansını etkilemiştir. Deneklere, seçtikleri kartı saklamaları veya aktarmaları talimatı verildiğinde seçilen kartın oluşturduğu P300 latansı artmıştır [140]. Biz de benzer bir mantıkla, denekler için anlamlı olan bilgiyi (prob) zihinsel olarak saklamaları talimatını verdik. Prob ögesiyle standart öğeler arasında anlamlı P300 amplitüd farkları gözlemledik ancak prob ve standart öğe latansları arasında belirgin bir fark gözlemlenmedi. Bunun nedeni hedef öğelerin daha belirgin algılanmasına bağlı prob ve standart öğelerin zihinsel olarak aynı kategoride değerlendiriliyor olması, diğer bir tabirle kullandığımız hedef öğenin gölgeleyici etki göstermesi olabilir.

Çalışmamızda, ortalama reaksiyon zamanlarını her üç modülde de hedef ve prob görselleri standart görselleriyle kıyaslandığında, probda standartdakinden uzun olmasına karşın aradaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmadı. Modüller arası hedef, prob ve standart öğelerdeki düğmeye doğru basma oranlarını karşılaştırdığımızda da istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmadı.

Aykırı uyarın paradigmasını kullanan ve beklenen etkinin gözlemlendiği, denek için anlamlı olan kritik uyarana karşı artmış reaksiyon zamanını içeren birçok OİP çalışması yapılmıştır [90]. Dahası, Allen ve ark. davranışsal

ölçümleri kullanarak (reaksiyon zamanı ve düğmeye doğru basma sayısı) OİP ölçümlerine kıyasla daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir [92]. Seymour ve ark. saklanmış bilgide tek başına bir belirteç olarak reaksiyon zamanını ilk defa kullanan ekiptir [152]. Ancak, otonom sistem veya OİP ölçümleriyle, aldatmanın tespitine yönelik çalışmaların geçerliliğinin olup olmadığı meselesi henüz çözülememiştir. Çünkü farklı paradigmanın kullanıldığı çalışmalardan farklı sonuçlar çıkmıştır [153, 154].

Rosenfeld'in çalışma sonuçları göstermektedir ki P300-tabanlı SBT yüz tanıma protokolü oldukça başarılı olmuştur [105]. Ancak bu çalışmada, bir denek hariç, reaksiyon zamanlarının analizi ile saklanmış bilgiyi tespit edememişlerdir. Bizim elde ettiğimiz sonuçlara göre hedef öge ile prob ve standart öğeler arasında anlamlı bir reaksiyon zamanı farkı olmasına karşın, tıpkı Rosenfeld'in bu çalışmasında olduğu gibi, prob ile standart öge arasında anlamlı bir fark görülmedi.

Zhao ve ark.'nın çalışmasında, deneklerin kendi isimleri kullanıldığında ortalama reaksiyon zamanları; prob öğeleri için, standart öğelere nazaran, daha uzun bulunmuştur [146]. Diğer bir kart çalışmasında ise bilgiyi aktaran deneklerde, prob-standart kart reaksiyon zamanları arasında prob kartta, standart kartlara göre anlamlı derecede uzamış bir reaksiyon zamanı bulunmasına karşın, kart bilgisini saklayan deneklerde reaksiyon zamanları arasında anlamlı bir uzama gözlenmemiştir. Bu sonuç, deneklerin seçilen kart ile standart kartlar arasındaki ayrımı ihmal etmeye yönelik bir strateji benimsemiş olabilecekleri şeklinde yorumlanmıştır [104]. Biz de anlamlı bir fark bulamadık. Bunun nedeni, kullandığımız kelime, nesne ve yüz görsellerinin denekler tarafından yeterince belirgin ayırt edilememesi olabilir. Prob ve hedef öğelerin yüksek algısal benzerliği yanıt çatışmasını güçlendirmiş ve kritik öğeler için belirgin reaksiyon süresi maliyetine (azalma) yol açmış olabilir.

Gamer ve ark. yaptıkları bir çalışmada, SBT'yi fMRG ile test etmişler ve ek olarak elektrodermal yanıt ve reaksiyon zamanlarını ölçmüşlerdir [155]. Farklı beyin bölgelerinin aktivasyonu ile saklanan bilgiler arasında birtakım ilişkiler kurmuşlardır. Reaksiyon zamanları ve elektrodermal yanıt amplitüdüleri arasında da anlamlı farklar bulmuşlardır.

Birçok çalışmada prob öğelerin, standart öğelere göre uzun reaksiyon zamanlarıyla birlikte olduğu bildirilse de [90, 92, 152, 153, 155, 156], azımsanmayacak kadar çalışmada herhangi bir fark gözlenmemiştir [105, 157]. Bizim çalışmamızda da reaksiyon zamanları arasında herhangi bir anlamlı fark gözlenmedi.

Çalışmamızda kullandığımız bilişsel testler arasındaki farklar, bu testlerin sınıdığı bilişsel işlevlerin merkezi sinir sisteminin farklı bölgelerinde gerçekleştiriliyor olmasıyla da ilişkili olabilir. Nitekim, EEG ve fMRG çalışmalarında bu konulara kısmen açıklık getirilmeye çalışılmış ancak henüz yeterli ilerleme kaydedilememiştir.

Sonuç olarak, bizim çalışmamızda, nesne, kelime ve yüz olmak üzere üç kategorideki kişi için anlam ifade eden bilgileri karşılaştırdığımızda, herhangi birinin diğerine üstün olmadığını bulduk.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut çalışmada, sağlıklı denekler için anlamlı olan bilgiye ait belirlediğimiz üç modüldeki (kelime, nesne ve yüz) görselden birinde diğerleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek OİP amplitüdü, gecikmiş latans, artmış doğru basma oranı ya da uzamış reaksiyon zamanı olduğunu tespit etmek istedik. Böylece saklanmış bilginin tespitinde hangi kategorinin daha başarılı olduğunu bulmayı amaçladık. Hipotezimiz, SBT protokolü uygulandığında denekler için anlamlı olan kelime, nesne ve yüz görsellerinden birinin, OİP kayıtlarında P300 dalgasının gecikmesini, amplitüdünü, reaksiyon zamanlarını ya da doğru basma oranlarını etkileyerek, analizlerimizle daha kolay tespit edilebileceği yönündeydi. Çalışmamız sonucunda, sağlıklı kişiler için anlamlı olan yüz, nesne ve kelimelerle oluşan olaya ilişkin P300-tabanlı potansiyel amplitüdünde, modüller arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Şu açıktır ki, SBT'nin geçerliliğini test etmede en iyi yaklaşım, gerçek şüphelilere uygulanmasıyla olacaktır. Ancak, SBT'nin geçerliliğine dair gerçek saha şartlarında yapılan sadece iki çalışma bildirilmiştir [132, 133]. Bu çalışmalarda da otonom sistem yanıtları kullanılmış, OİP ölçümleri yapılmamıştır. Pratikte ise halihazırda Japon Polisi tarafından uygulanan SBT protokolü yüksek standartları karşılamaktadır [158]. Bu tür çalışmaların daha ayrıntılı incelenmesiyle saha şartlarında SBT'nin geçerliliğine ışık tutulabilecektir.

Optimal bir tespit yöntemi oluşturulması konusunda SBT içine dahil edilebilir ek ölçümler de önemli olabilir. Her ne kadar fMRG ile çalışmalar yapılıyor olsa da, henüz kayda değer bir ilerleme kaydedilememiştir [159]. Sadece birkaç çalışma SBT'de fMRG kullanımının geçerliliğini göstermiştir. Rosenfeld ve ark. tarafından yapılan, fMRG ile elde edilen sonuçların değerlendirildiği bir gözden geçirme çalışmasında ortalama duyarlılık ve özgüllük değerleri sırasıyla %86 ve %92 çıkmıştır [160]. Bu rakamlar OİP'ler ile elde edilenlere aşağı yukarı benzemektedir [131], aynı zamanda otonom sistem ölçümleriyle kombine edilmiş kayıtlarla da benzeşmektedir [161]. Otonom sistem ve OİP ölçümlerine göre verilen fMRG ölçüm sonuçları değerlendirilmesinin karmaşıklığı, saha şartlarında bir tespit metodu olarak kullanılabilmesini zorlaştırmaktadır. Ek olarak, deney prosedürleri tamamen

taklit edildiğinde bile, fMRG çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar sıklıkla farklı çıkmaktadır. Bu durum ise henüz yolun başında olduğunu göstermektedir.

SBT ile saklanmış bilginin tespitinde birçok davranışsal ölçüm de kullanılabilir. Kritik olan (prob) ve kritik olmayan (standart) öğelere karşı reaksiyon zamanının araştırılması bu noktada uygun bir adaydır. Ancak, otonom sistem veya OİP ölçümlerinde reaksiyon zamanı tespitinin elde edilen sonuçların geçerliliğini artırıp arttırmayacağı henüz bilinmemektedir. Otonom sistem veya OİP ölçümlerinde kullanılan farklı paradigmalarda farklı sonuçların çıkması göstermektedir ki aldatma tespitinde en uygun parametrelerin ideal şartlarda ve şekilde kullanımı henüz mümkün olamamıştır [153, 154]. Bu alanda yapılan az sayıda çalışma mevcuttur. Davranışsal ölçümlerin saklanmış bilginin tespitinde etkin bir şekilde kullanılabilmesi için ek çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kontrollü laboratuvar çalışmalarıyla gözlemlenen geçerlilik hesaplamaları göstermektedir ki SBT, aldatmanın tespitinde şu an için bilimsel temeli olan tek yöntemdir. KDP yaklaşımı gibi, KÖ'lere etkili yaklaşımlar uygulandığı takdirde tatmin edici sonuçlar elde etmek mümkündür. Ancak Rosenfeld ve ark.'nın geliştirdiği KDP'nin farklı laboratuvarlarda geniş kapsamlı çalışılması gerekmektedir [98]. Tabii olarak, gerçek zanlılarla birlikte, gerçekçi koşullar altında bu faktörleri incelemek de lazımdır.

Şimdiye kadarki çalışmaların sonuçları arasındaki tutarsızlıklar kullanılan değerlendirme yöntemlerinin farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Birçok çalışmada görülmektedir ki en az yöntemlerin uygulanış çeşitliliği kadar yeni analiz metodları da denenmektedir ve buna ihtiyaç vardır. Bu durum ise P300 çalışmalarındaki en önde gelen sorunlardan biri olarak, sonuçların yorumlanmasında ortak bir standart olmamasına yol açmaktadır. Elde edilen sonuçlarda P300 dalgasının yapısı ve genişliği de büyük değişkenlik göstermektedir. Örneğin, gecikmenin belirlenmesinde en yüksek genliğin olduğu nokta seçildiği gibi, çıkan ve inen eğrilerden uzatılan doğruların kesişme noktasının seçildiği çalışmalar da mevcuttur. Dahası, sonuçların kişiden kişiye büyük değişkenlik gösterdiği, aynı kişide dahi tekrarlayan incelemelerde farklılıklar saptandığı için ölçümlerin tekrarlanması tavsiye edilmektedir [162]. Çalışmamızdaki bulgularla, yalan söyleyen kişi için anlamlı

olan kritik bilgilerden nesne, kelime ve yüz görselleri arasında biz anlamlı fark bulmadık.

Sonuç itibariyle aldatma tespitinde elde ettiğimiz bilgiler ışığında, kullanılan yöntemlerin ve çalışma koşullarının standardize edildiği yeni çalışmalar sayesinde çok daha etkin bir metodolojinin geliştirilmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Meijer, E.H., B. Verschuere, ve H. Merckelbach, *Detecting Criminal Intent with the Concealed Information Test*. The Open Criminology Journal, 2010. **3**: sayfa 44-47.
2. *The Polygraph and Lie Detection. Committee to Review the Scientific Evidence on the Polygraph. Division of Behavioral and Social Sciences and Education., National Research Council'de*. 2003, The National Academies Press: Washington, DC.
3. Lykken, D.T., *A Tremor in the Blood: Uses and Abuses of the Lie Detector*. 2. baskı. 1998, New York: Plenum Press.
4. Ben-Shakhar, G. ve E. Elaad, *The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: a meta-analytic review*. J Appl Psychol, 2003. **88**(1): sayfa 131-51.
5. Rosenfeld, J.P., *Alternative views of Bashore and Rapp (1993) alternatives to traditional polygraphy – a critique*. Psychol. Bull., 1995. **117**: sayfa 159-166.
6. Rosenfeld, J.P., E. Shue, ve E. Singer, *Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information*. Biol Psychol, 2007. **74**(3): sayfa 396-404.
7. Nose, I., J. Murai, ve M. Taira, *Disclosing concealed information on the basis of cortical activations*. Neuroimage, 2009. **44**(4): sayfa 1380-6.
8. Ganis, G., ve ark., *Neural correlates of different types of deception: an fMRI investigation*. Cereb Cortex, 2003. **13**(8): sayfa 830-6.
9. Meixner, J.B. ve J.P. Rosenfeld, *Countermeasure mechanisms in a P300-based concealed information test*. Psychophysiology, 2010. **47**(1): sayfa 57-65.
10. Mertens, R. ve J.J. Allen, *The role of psychophysiology in forensic assessments: deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios*. Psychophysiology, 2008. **45**(2): sayfa 286-98.
11. Krapohl, D. ve S. Sturm, *Terminology Reference for the Science of Psychophysiological Detection of Deception*. Polygraph, 2002. **31**(3): sayfa 154-239.
12. DePaulo, B.M. ve D.A. Kashy, *Everyday lies in close and casual relationships*. J Pers Soc Psychol, 1998. **74**(1): sayfa 63-79.
13. Ben-Shakhar, G. ve J. Furedy, *Theories and applications in the detection of deception*. 1990: New York: Springer-Verlag.
14. Abootalebi, V., M.H. Moradi, ve M.A. Khalilzadeh, *A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT*. Int J Psychophysiol, 2006. **62**(2): sayfa 309-320.

15. Lubo, R. ve O. Fein, *Pupillary size in response to a visual guilty knowledge test: new technique for the detection of deception*. Journal of Experimental Psychology, 1996(2): sayfa 164–177.
16. Kircher, J. ve D. Raskin, *Computer methods for the psychophysiological detection of deception.*, *Handbook of polygraph testing*'de. 2002: San Diego, CA. sayfa 103–126.
17. Berntson, G.G., J.T. Cacioppo, ve K.S. Quigley, *Autonomic determinism: the modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint*. Psychol Rev, 1991. **98**(4): sayfa 459-87.
18. Cestaro, V.L., *A Comparison of Accuracy Rates Between Detection of Deception Examinations Using the Polygraph and the Computer Voice Stress Analyzer in a Mock Crime Scenario*. 1996, U.S. Department of Defense Polygraph Institute: Ft. McClellan, AL.
19. Honts, C.R. ve S. Amato, *The Automated Polygraph Examination: Final Report to the Central Intelligence Agency*. 1999, Applied Cognition Research Insititute: Boise, ID: Boise State University.
20. Aftergood, S., *ESSAYS ON SCIENCE AND SOCIETY: Polygraph Testing and the DOE National Laboratories*. Science, 2000. **290**(5493): sayfa 939-40.
21. Gati, I., G. Ben-Shakhar, ve C. Oren, *The relationship between similarity judgments and psychophysiological responsivity*. Acta Psychol (Amst), 1986. **62**(2): sayfa 123-39.
22. *Employee Polygraph Protection Act*, U.S.D.o. Labor, editör. 1988, U.S. Government. sayfa 646-653.
23. Kircher, J.C. ve D.C. Raskin, *Human versus computerized evaluations of polygraph data in a laboratory setting*. J Appl Psychol, 1988. **73**(2): sayfa 291-302.
24. Elaad, E., *The accuracy of human decisions and objective measurements in psychophysiological detection of knowledge*. J Psychol, 1994. **128**(3): sayfa 267-80.
25. Abrams, S., *A response to Honts on the issue of the discussion of questions between charts*. Polygraph, 1999. **28**: sayfa 223-228.
26. Dollins, A.B., D.J. Kraphol, ve D.W. Dutto, *A comparison of computer programs designed to evaluate psychophysiological detection of deception examinations: Bakeoff 1*. Polygraph, 2000. **29**(3): sayfa 237-257.
27. Swinford, J., *Manually scoring polygraph charts utilizing the seven-position numerical analysis scale at the Department of Defense Polygraph Institute*. Polygraph, 1999. **28**: sayfa 10-28.
28. Offe, H. ve S. Offe, *The comparison question test: Does it work and if so how?* Law and Human Behavior, 2007. **31**(3): sayfa 291-303.
29. Ingram, E.M., *Effects of Electrodermal Lability and Anxiety on the Electrodermal Detection of Deception with a Control Question Technique*. 1994, U.S. Department of Defense Polygraph Institute: Fort McClellan, AL.

30. Bradley, M.T. ve K.K. Klohn, *Machiavellianism, the Control Question Test and the detection of deception*. Perceptual and Motor Skills, 1987. **64**: sayfa 747-757.
31. *Handbook of polygraph testing*. Practical use of the concealed information test for criminal investigation in Japan, editör M. Kleiner. 2002, San Diego, CA: Academic Press. sayfa 49-86.
32. Ben-Shakhar, G., M. Bar-Hillel, ve M. Kremnitzer, *Trial by polygraph: reconsidering the use of the guilty knowledge technique in court*. Law Hum Behav, 2002. **26**(5): sayfa 527-41.
33. Ben-Shakhar, G. ve E. Elaad, *Effects of questions' repetition and variation on the efficiency of the guilty knowledge test: a reexamination*. J Appl Psychol, 2002. **87**(5): sayfa 972-7.
34. Webster, W.H., *Commission for Review of FBI Security Programs. A Review of FBI Security Programs.*, D.o. Justice, editör. 2002: Washington, DC: U.S.
35. Cacioppo, J.T., *Social neuroscience: autonomic, neuroendocrine, and immune responses to stress*. Psychophysiology, 1994. **31**(2): sayfa 113-28.
36. Cacioppo, J.T., ve ark., *The psychophysiology of emotion, The Handbook of Emotion'da*, R. Lewis ve J.M. Haviland-Jones, editörler. 2000, Guilford Press: New York. sayfa 173-191.
37. Correa, E.I. ve H.E. Adams, *The validity of the preemployment polygraph examination and the effects of motivation*. Polygraph, 1981. **10**(3): sayfa 143-155.
38. Raskin, D.A., ve ark., *A Study of the Validity of Polygraph Examinations in Criminal Investigation*. 1988, National Institute of Justice: Salt Lake City: University of Utah.
39. Patrick, C.J. ve W.G. Iacono, *A comparison of field and laboratory polygraphs in the detection of deception*. Psychophysiology, 1991. **28**(6): sayfa 632-8.
40. Honts, C.R. ve M.V. Perry, *Polygraph admissibility: Changes and challenges*. Law and Human Behavior, 1992. **16**(3): sayfa 357-379.
41. Podlesny, J. ve C. Truslow, *Validity of an expanded issue (modified general question) polygraph technique in a simulated distributed-crime-roles context*. Journal of Applied Psychology, 1993. **78**: sayfa 788-797.
42. Langleben, D.D., ve ark., *Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study*. Neuroimage, 2002. **15**(3): sayfa 727-32.
43. Berger, H., *Über das Elektrenkephalogramm des Menschen*. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1929. **87**(1): sayfa 527-570.
44. Adrian, E.D. ve B.H.C. Matthews, *The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man*. Brain, 1934. **57**(4): sayfa 355-358.
45. Jasper, H.H. ve L. Carmichael, *Electrical potentials from the intact human brain*. Science, 1935. **81**: sayfa 51-53.

46. Gibbs, F.A., H. Davis, ve W.G. Lennox, *The electro-encephalogram in epilepsy and in conditions of impaired consciousness*. Archives of Neurology and Psychiatry, 1935. **34**: sayfa 1133-1148.
47. Mansor, W., ve ark., *Integrating Neural Signal and Embedded System for Controlling Small Motor*, in *Engineering, "Advances in Mechatronics"*, H. Martínez-Alfaro, editör. 2011: Malaysia.
48. Niedermeyer, E. ve F.L. Silva, *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. 2004: Lippincot Williams & Wilkins.
49. Oberman, L.M., ve ark., *EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders*. Brain Res Cogn Brain Res, 2005. **24**(2): sayfa 190-8.
50. Panayiotopoulos, C.P., *Optimal Use of the EEG in the Diagnosis and Management of Epilepsies*, in *The Epilepsies: Seizures, Syndromes and Management*. 2005, Bladon Medical Publishing: Oxfordshire (UK).
51. Luck, S.J., *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cognitive neuroscience, 2005.
52. Dionisio, D.P., ve ark., *Differentiation of deception using pupillary responses as an index of cognitive processing*. Psychophysiology, 2001. **38**: sayfa 205-211.
53. Boaz, T.L., N.W. Perry, ve G. Raney, *Detection of guilty knowledge with event-related potentials*. Journal of Applied Psychology, 1991. **76**(6): sayfa 788-795.
54. Polich, J., *P300 in clinical applications*, in *Detection of Change: Event-Related Potential and fMRI Findings*, E. Niedermeyer and F. Lopes da Silva, editörler. 1999, Urban & Schwarzenberg: Baltimore-Munich. sayfa 1073-1091.
55. Brenner, M., H.H. Branscomb, ve G.E. Schwartz, *Psychological stress evaluator--two tests of a vocal measure*. Psychophysiology, 1979. **16**(4): sayfa 351-7.
56. Porter, S. ve L. ten Brinke, *Reading between the lies: identifying concealed and falsified emotions in universal facial expressions*. Psychol Sci, 2008. **19**(5): sayfa 508-14.
57. Blackwood, D.H. ve W.J. Muir, *Cognitive brain potentials and their application*. Br J Psychiatry Suppl, 1990(9): sayfa 96-101.
58. Ebmeier, K.P., ve ark., *Cognitive brain potentials and regional cerebral blood flow equivalents during two- and three-sound auditory "oddball tasks"*. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995. **95**(6): sayfa 434-43.
59. Sur, S. ve V.K. Sinha, *Event-related potential: An overview*. Ind Psychiatry J, 2009. **18**(1): sayfa 70-73.
60. Sutton, S., ve ark., *Information delivery and the sensory evoked potential*. Science, 1967. **155**(3768): sayfa 1436-9.

61. Ritter, W., H.G. Vaughan, Jr., ve L.D. Costa, *Orienting and habituation to auditory stimuli: a study of short term changes in average evoked responses*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1968. **25**(6): sayfa 550-6.
62. Vaughan, H.G., *The relationship of brain activity to scalp recordings of event-related potentials.*, in *Average Evoked Potentials: Methods, Results and Evaluations*, E. Donchin ve D.B. Lindsley, editörler. 1969, Government Printing Office: Washington, D.C.: U.S. sayfa 45-75.
63. Caton, R., *The electric currents of the brain*. *British Medical Journal*, 1875. **2**: sayfa 278.
64. Davis, H., ve ark., *Electrical reactions of the human brain to auditory stimulation during sleep*. *Journal of Neurophysiology*, 1939. **2**: sayfa 500-514.
65. Walter, W.G., ve ark., *Contingent negative variation: An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain*. *Nature*, 1964. **203**: sayfa 380-384.
66. Sutton, S., ve ark., *Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty*. *Science*, 1965. **150**(3700): sayfa 1187-8.
67. Vaughan, H.G., Jr., *The relationship of brain activity to scalp recordings of event-related potentials*, in *Average Evoked Potentials: Methods, Results and Evaluations*, E. Donchin ve D.B. Lindsley, editörler. 1969, U.S. Government Printing Office: Washington, D.C. sayfa 45-75.
68. Luck, S.J. ve S.A. Hillyard, *Spatial filtering during visual search: evidence from human electrophysiology*. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 1994. **20**(5): sayfa 1000-14.
69. Jeffreys, D.A. ve J.G. Axford, *Source locations of pattern-specific components of human visual evoked potentials. I. Component of striate cortical origin*. *Exp Brain Res*, 1972. **16**(1): sayfa 1-21.
70. Clark, V.P., S. Fan, ve S.A. Hillyard, *Identification of early visually evoked potential generators by retinotopic and topographic analyses*. *Human Brain Mapping*, 1995. **2**: sayfa 170-187.
71. Hillyard, S.A., E.K. Vogel, ve S.J. Luck, *Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 1998. **353**(1373): sayfa 1257-70.
72. Vogel, E.K. ve S.J. Luck, *The visual N1 component as an index of a discrimination process*. *Psychophysiology*, 2000. **37**(2): sayfa 190-203.
73. Mangun, G.R., *Neural mechanisms of visual selective attention*. *Psychophysiology*, 1995. **32**(1): sayfa 4-18.
74. Ritter, W., ve ark., *A brain event related to the making of a sensory discrimination*. *Science*, 1979. **203**(4387): sayfa 1358-61.
75. Hopf, J.M., ve ark., *Localizing visual discrimination processes in time and space*. *J Neurophysiol*, 2002. **88**(4): sayfa 2088-95.

76. Bentin, S., ve ark., *Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans*. J Cogn Neurosci, 1996. **8**(6): sayfa 551-565.
77. Rossion, B., ve ark., *Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study*. Biol Psychol, 1999. **50**(3): sayfa 173-89.
78. George, N., ve ark., *Brain events related to normal and moderately scrambled faces*. Brain Res Cogn Brain Res, 1996. **4**(2): sayfa 65-76.
79. Schendan, H.E., G. Ganis, ve M. Kutas, *Neurophysiological evidence for visual perceptual categorization of words and faces within 150 ms*. Psychophysiology, 1998. **35**(3): sayfa 240-51.
80. Bentin, S. ve D. Carmel, *Accounts for the N170 face-effect: a reply to Rossion, Curran, & Gauthier*. Cognition, 2002. **85**(2): sayfa 197-202.
81. Carmel, D. ve S. Bentin, *Domain specificity versus expertise: factors influencing distinct processing of faces*. Cognition, 2002. **83**(1): sayfa 1-29.
82. Rossion, B., T. Curran, ve I. Gauthier, *A defense of the subordinate-level expertise account for the N170 component*. Cognition, 2002. **85**(2): sayfa 189-96.
83. Linden, D.E., *The p300: where in the brain is it produced and what does it tell us?* Neuroscientist, 2005. **11**(6): sayfa 563-76.
84. Patrick, C.J., ve ark., *P300 amplitude as an indicator of externalizing in adolescent males*. Psychophysiology, 2006. **43**(1): sayfa 84-92.
85. Kutas, M. ve K.D. Federmeier, *Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension*. Trends Cogn Sci, 2000. **4**(12): sayfa 463-470.
86. Hillyard, S.A. ve T.W. Picton, *Electrophysiology of cognition, Handbook of Physiology'de*, F. Plum, editör. 1987, Waverly Press: Bethesda, MD. sayfa 519-584.
87. Coles, M.G.H. ve M.D. Rugg, *Event-related potentials: An introduction, Electrophysiology of Mind'da*. 1995, Oxford University Press: New York.
88. Picton, T.W. ve D.T. Stuss, *The component structure of the human event-related potentials*, in *Motivation, Motor and Sensory Processes of the Brain*, H.H. Kornhuber ve L. Deecke, editörler. 1980, Elsevier: North-Holland. sayfa 17-49.
89. Bressler, S.L., *Event-Related Potentials of the Cerebral Cortex*. 2011. **54**: sayfa 169-190.
90. Farwell, L.A. ve E. Donchin, *The truth will out: interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials*. Psychophysiology, 1991. **28**(5): sayfa 531-47.
91. Rosenfeld, J.P., ve ark., *An ERP-based, control-question lie detector analog: algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms*. Psychophysiology, 1991. **28**(3): sayfa 319-35.

92. Allen, J.J., W.G. Iacono, ve K.D. Danielson, *The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: a methodology for prediction in the face of individual differences*. *Psychophysiology*, 1992. **29**(5): sayfa 504-522.
93. Rosenfeld, J.P., ve ark., *Simple, effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information*. *Psychophysiology*, 2004. **41**(2): sayfa 205-219.
94. Fabiani, M., D. Karis, ve E. Donchin, *P300 and memory: individual differences in the von Restorff effect*. *Psychophysiology*, 1983: sayfa 558 (abstract).
95. Rosenfeld, J.P., ve ark., *Late vertex positivity in event-related potentials as a guilty knowledge indicator: a new method of life detection*. *Int J Neurosci*, 1987. **34**(1-2): sayfa 125-9.
96. Rosenfeld, J.P., ve ark., *A modified, event-related potential-based guilty knowledge test*. *Int J Neurosci*, 1988. **42**(1-2): sayfa 157-61.
97. Farwell, L.A. ve E. Donchin, *The brain detector: P300 in the detection of deception (abstract)*. *Psychophysiology*, 1986. **24**, **S34**.
98. Rosenfeld, J.P., ve ark., *The Complex Trial Protocol (CTP): a new, countermeasure-resistant, accurate, P300-based method for detection of concealed information*. *Psychophysiology*, 2008. **45**(6): sayfa 906-19.
99. Rosenfeld, J.P., *P300 in detecting concealed information*, in *Memory Detection, Theory and Application of the Concealed Information Test*, B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, ve E. Meijer, editörler. 2011. sayfa 63-90.
100. Johnson, M.M. ve J.P. Rosenfeld, *Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory. II: Utilization of non-selective activation of relevant knowledge*. *Int J Psychophysiol*, 1992. **12**(3): sayfa 289-306.
101. Lui, M. ve J.P. Rosenfeld, *Detection of deception about multiple, concealed, mock crime items, based on a spatial-temporal analysis of ERP amplitude and scalp distribution*. *Psychophysiology*, 2008. **45**(5): sayfa 721-30.
102. Rosenfeld, J.P., J.R. Biroshak, ve J.J. Furedy, *P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms*. *Int J Psychophysiol*, 2006. **60**(3): sayfa 251-9.
103. Allen, J.J., W.G. Iacono, ve K.D. Danielson, *The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: a methodology for prediction in the face of individual differences*. *Psychophysiology*, 1992. **29**(5): sayfa 504-22.
104. Allen, J.J. ve W.G. Iacono, *A comparison of methods for the analysis of event-related potentials in deception detection*. *Psychophysiology*, 1997. **34**(2): sayfa 234-40.
105. Meijer, E.H., ve ark., *The P300 is sensitive to concealed face recognition*. *Int J Psychophysiol*, 2007. **66**(3): sayfa 231-7.

106. Rosenfeld, J.P., ve ark., *P300 scalp amplitude distribution as an index of deception in a simulated cognitive deficit model*. Int J Psychophysiol, 1999. **33**(1): sayfa 3-19.
107. van Hooff, J.C., C.H. Brunia, ve J.J. Allen, *Event-related potentials as indirect measures of recognition memory*. Int J Psychophysiol, 1996. **21**(1): sayfa 15-31.
108. Van Hooff, J.C. ve S. Golden, *Validation of an event-related potential memory assessment procedure: intentional learning as opposed to simple repletion*. International Journal of Psychophysiology, 2002. **16**: sayfa 12-22.
109. van Hooff, J.C., ve ark., *Identifying deliberate attempts to fake memory impairment through the combined use of reaction time and event-related potential measures*. Int J Psychophysiol, 2009. **73**(3): sayfa 246-56.
110. Lefebvre, C.D., ve ark., *Determining eyewitness identification accuracy using event-related brain potentials (ERPs)*. Psychophysiology, 2007. **44**(6): sayfa 894-904.
111. Farwell, L.A., *Method and apparatus for multifaceted electroencephalographic response analysis (MERA)*. 1994: U.S.
112. Farwell, L.A., *Brain fingerprinting: a comprehensive tutorial review of detection of concealed information with event-related brain potentials*. Cogn Neurodyn, 2012. **6**(2): sayfa 115-54.
113. Rosenfeld, J.P., *Brain fingerprinting: a critical analysis*. The Scientific Review of Mental Health Practice, 2005. **4**(1): sayfa 20-37.
114. Soskins, M., J.P. Rosenfeld, ve T. Niendam, *Peak-to-peak measurement of P300 recorded at 0.3 Hz high pass filter settings in intraindividual diagnosis: complex vs. simple paradigms*. Int J Psychophysiol, 2001. **40**(2): sayfa 173-80.
115. Winograd, M.R. ve J.P. Rosenfeld, *Mock crime application of the complex trial protocol P300-based concealed information test. (abstract)*. Psychophysiology, 2008. **45**, S62.
116. Meixner, J.B. ve J.P. Rosenfeld, *Identifying terrorist information using the P300 ERP component., Poster olarak 49th Ann. Meeting, Society for Psychophysiological Research'de sunuldu*. 2009: Berlin.
117. Osugi, A., "Daily application of the concealed information test: Japan," *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test'de*, B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, ve E. Meijer, editörler. 2011, Cambridge University Press: Cambridge. sayfa 253-275.
118. Hira, S. ve I. Furumitsu, *Polygraphic examinations in Japan: application of the guilty knowledge test in forensic investigations*. Int. J. Police Sci. Manag., 2002. **4**: sayfa 16-27.
119. Nakayama, M., "Practical use of the concealed information test for criminal investigation in Japan", in *Handbook of Polygraph Testing*, M. Kleiner, editör. 2002, Academic Press: London. sayfa 49-86.

120. Rosenfeld, J.P. ve E. Labkovsky, *New P300-based protocol to detect concealed information: resistance to mental countermeasures against only half the irrelevant stimuli and a possible ERP indicator of countermeasures*. *Psychophysiology*, 2010. **47**(6): sayfa 1002-10.
121. Hamamoto, Y., S. Hira, ve I. Furumitsu, *Effects of refreshing memory on P300-based GKT administered one month after a mock crime for repeated offenders.*, Poster olarak 49th Ann. Meeting'de sunuldu, *Society for Psychophysiological Research*. 2009: Berlin.
122. Rosenfeld, J.P., *Event-related potentials in the detection of deception, malingering, and false memories*. *Handbook of Polygraph Testing*, editör. M. Kleiner. 2002, New York: Academic Press.
123. Polich, J., *P300 in clinical applications*, in *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*, E. Niedermeyer ve F. Lopes Da Silva, editörler. 2000, Lippincott Williams and Wilkins: Baltimore, Maryland, USA.
124. Ben-Shakhar, G., *Clinical judgment and decision-making in CQT-polygraphy. A comparison with other pseudoscientific applications in psychology*. *Integr Physiol Behav Sci*, 1991. **26**(3): sayfa 232-40.
125. Furedy, J.J. ve J. Liss, *Countering confessions induced by the polygraph: of confessionals and psychological rubber hoses*. *Crim. Law Q.*, 1986. **29**: sayfa 92-114.
126. Donchin, E. ve M. Coles, *Is the P300 component a manifestation of context updating?* *Behav. Brain Sci.*, 1988. **11**: sayfa 357-374.
127. Berlad, I. ve H. Pratt, *P300 in response to the subject's own name*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1995. **96**(5): sayfa 472-4.
128. Gray, H.M., ve ark., *P300 as an index of attention to self-relevant stimuli*. *J. Exsayfa Soc. Psychol.*, 2004. **40**(216-224).
129. Rosenfeld, J.P., J. Ellwanger, ve J. Sweet, *Detecting simulated amnesia with event-related brain potentials*. *Int J Psychophysiol*, 1995. **19**(1): sayfa 1-11.
130. Ellwanger, J., ve ark., *Detecting simulated amnesia for autobiographical and recently learned information using the P300 event-related potential*. *Int J Psychophysiol*, 1996. **23**(1-2): sayfa 9-23.
131. Meijer, E.H., ve ark., *Skin conductance, respiration, heart rate and P300 in the concealed information test: a meta analysis*, *Conference of the European Association for Psychology and Law'da*. 2012: Nicosia.
132. Elaad, E., *Detection of guilty knowledge in real-life criminal investigations*. *Journal of Applied Psychology*, 1990. **75**: sayfa 521-529.
133. Elaad, E., A. Ginton, ve N. Jungman, *Detection measures in real-life criminal guilty knowledge tests*. *J Appl Psychol*, 1992. **77**(5): sayfa 757-67.

134. Honts, C.R. ve S. Amato, *Countermeasures, Handbook of polygraph testing'de*, M. Kleiner, editör. 2002, Academic Press: New York. sayfa 251-264.
135. Sasaki, M., S. Hira, ve T. Matsuda, [*Effects of a mental countermeasure on the physiological detection of deception using the event-related brain potentials*]. *Shinrigaku Kenkyu*, 2001. **72**(4): sayfa 322-328.
136. Rosenfeld, J.P., ve ark., *Simple, effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information*. *Psychophysiology*, 2004. **41**(2): sayfa 205-19.
137. Xiaoqing Hu, D.H., Elizabeth Landry ve J. Peter Rosenfeld, *Increasing the number of irrelevant stimuli increases ability to detect countermeasures to the P300-based Complex Trial Protocol for concealed information detection*. *Psychophysiology*, 2012. **49**: sayfa 85-95.
138. Meijer, E.H., F.T. Smulders, ve A. Wolf, *The contribution of mere recognition to the p300 effect in a concealed information test*. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2009. **34**(3): sayfa 221-6.
139. Ambach, W., ve ark., *A Concealed Information Test with multimodal measurement*. *Int J Psychophysiol*, 2010. **75**(3): sayfa 258-67.
140. Kubo, K. ve H. Nittono, *The role of intention to conceal in the P300-based concealed information test*. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2009. **34**(3): sayfa 227-35.
141. Verschuere, B., ve ark., *The role of deception in P300 memory detection*. *Legal and Criminological Psychology*, 2009. **14**: sayfa 253-262.
142. Matsuda, I., ve ark., *Within-individual discrimination on the Concealed Information Test using dynamic mixture modeling*. *Psychophysiology*, 2009. **46**(2): sayfa 439-49.
143. Polich, J., *Probability and inter-stimulus interval effects on the P300 from auditory stimuli*. *Int J Psychophysiol*, 1990. **10**(2): sayfa 163-70.
144. Polich, J. ve T. Bondurant, *P300 sequence effects, probability, and interstimulus interval*. *Physiol Behav*, 1997. **61**(6): sayfa 843-9.
145. Polich, J., *Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b*. *Clin Neurophysiol*, 2007. **118**(10): sayfa 2128-48.
146. Zhao, M., C. Zheng, ve C. Zhao, *A new approach for concealed information identification based on ERP assessment*. *J Med Syst*, 2012. **36**(4): sayfa 2401-9.
147. Iacono, W.G., *Detection of deception, Handbook of Psychophysiology'de*, J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary, ve G.G. Berntson, editörler. 2007, Cambridge University Press: New York. sayfa 688-703.
148. Elaad, E. ve G. Ben-Shakhar, *Effects of motivation and verbal-response type on psychophysiological detection of information*. *Psychophysiology*, 1989. **26**(4): sayfa 442-51.

149. Johnson, R., Jr. ve E. Donchin, *P300 and stimulus categorization: two plus one is not so different from one plus one*. *Psychophysiology*, 1980. **17**(2): sayfa 167-78.
150. Rosenfeld, J.P., ve ark., *Subjective and objective probability effects on P300 amplitude revisited*. *Psychophysiology*, 2005. **42**(3): sayfa 356-9.
151. Katayama, J. ve J. Polich, *Stimulus context determines P3a and P3b*. *Psychophysiology*, 1998. **35**(1): sayfa 23-33.
152. Seymour, T.L., ve ark., *Using response time measures to assess "guilty knowledge"*. *J Appl Psychol*, 2000. **85**(1): sayfa 30-7.
153. Gronau, N., G. Ben-Shakhar, ve A. Cohen, *Behavioral and physiological measures in the detection of concealed information*. *J Appl Psychol*, 2005. **90**(1): sayfa 147-58.
154. Verschuere, B., ve ark., *Detecting concealed information with reaction times: validity and comparison with the polygraph*. *Appl. Cogn. Psychol.*, 2009. **23**: sayfa 1-11.
155. Gamer, M., ve ark., *Covariations among fMRI, skin conductance, and behavioral data during processing of concealed information*. *Hum Brain Mapp*, 2007. **28**(12): sayfa 1287-301.
156. Verschuere, B., ve ark., *Autonomic and behavioral responding to concealed information: differentiating orienting and defensive responses*. *Psychophysiology*, 2004. **41**(3): sayfa 461-6.
157. Matsuda, I., ve ark., *Event-related brain potentials during the standard autonomic-based concealed information test*. *Int J Psychophysiol*, 2009. **74**(1): sayfa 58-68.
158. Osugi, A., *Daily application of the concealed information test: Japan*, in *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test*, B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, ve E. Meijer, editörler. 2011, Cambridge University Press. sayfa 253-275.
159. Furedy, J.J., C. Davis, ve M. Gurevich, *Differentiation of deception as a psychological process: a psychophysiological approach*. *Psychophysiology*, 1988. **25**(6): sayfa 683-8.
160. Rosenfeld, J.P., G. Ben-Shakhar, ve G. Ganis, *Detection of concealed stored memories with psychophysiological and neuroimaging methods*, *Memory and Law'da*, L. Nadel ve W. Sinnott-Armstrong, editörler. 2012, Oxford University Press.
161. Gamer, M., ve ark., *Combining physiological measures in the detection of concealed information*. *Physiol Behav*, 2008. **95**(3): sayfa 333-40.
162. Oken, B.S., *Endogenous Event-Related Potentials*, in *Evoked Potentials in Clinical Medicine*, K.H. Chiappa, editör. 1997, Lippincott-Raven: Philadelphia. sayfa 529-564.