



T.C. İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YÜRÜTÜCÜ FONKSİYONLAR VE SÖZEL ÖĞRENME  
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN  
FNIRS VE EEG İLE İNCELENMESİ**

HİLAL BOSTANCI

BİLİŞSEL REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üye. MİRAY BUDAK

İSTANBUL - 2022

## TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi

Programın Seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ( )

Anabilim Dalı : Bilişsel Rehabilitasyon

Tez Sahibi : Hilal BOSTANCI

Tez Başlığı :Yürütücü Fonksiyonlar Ve Sözel Öğrenme Arasındaki İlişkinin  
Fnrırs Ve Eeg Ile İncelenmesi

Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Yerleşkesi

Sınav Tarihi : 01.07.2022

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

**Danışman**

**Kurumu**

**İmza**

Dr. Öğr. Üye Miray BUDAK İstanbul Medipol Üniversitesi

**Sınav Jüri Üyeleri**

Prof.Dr. Lütfü HANOĞLU İstanbul Medipol Üniversitesi

Prof.Dr. Burak YULUĞ Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

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

Prof.Dr. Neslin EMEKLİ

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdür V.**

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

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

Hilal BOSTANCI

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans ve lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, tezimin oluşturulmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle tezimi oluşturmamı sağlayan, akademik duruşunu ve meslek etiğini örnek aldığım, sabırlı, anlayışlı ve hoşgörülü yaklaşımıyla beni cesaretlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üye. Miray BUDAK'a,

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgisinden, ilminden ve engin tecrübelerinden faydalandığım, her zaman sorularımızı cevaplayan ve sorularıyla düşündüren, bizlere bu yolda ışık tutan değerli hocam sayın Prof. Dr. Lütfü HANOĞLU'na,

Eğitimim ve çalışma hayatım süresince mesleğime olan inancımı artıran, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sadece akademik değil hayata dair bakış açısını da örnek aldığım, tezimin yürütülmesinde benden destek ve yardımlarını esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim Sayın Doç Dr. Devrim TARAKCI'ya,

Tez sürecini birlikte yürüttüğüm, gerektiği yerde beni durduran gerektiğinde de aksiyon aldırın, stresli zamanlarımda beni cesaretlendiren, tezin her aşamasında destek aldığım canım çalışma arkadaşım ve dostum Arş. Gör. Başak Tuncel'e,

Tez çekimlerinin alınmasında, dataların analiz edilmesinde bize hep destek veren, vaktini ayıran ve yılmadan sorularımızı cevaplayan Öğr. Gör. Dr. Mevhibe Sarıcioğlu'na,

Deney paradigmasının oluşturulmasında bizimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan, her sorumuza cevap veren Öğr. Gör. Tuba Aktürk'e,

Tez sürecinde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli Medipol Ergoterapi ailesine, Öğr. Gör. Kübra Şahadet Sezer ve Öğr. Gör. Ahmet EMİR'e

Tez sürecim boyunca sabır ve sevgisi ile zorluklarımı kolaylaştıran, hayatımı güzelleştiren, kendisinden azimle çalışma konusunda ilham aldığım Efecan SEÇKİN'e,

Yaşamım boyunca sevgi ve desteklerini hissettiğim, her kararında yanımda olan, beni, bugünlere getiren anneme, babama ve kız kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| TEZ ONAY FORMU .....                            | i    |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI .....    | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....                               | iv   |
| KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....            | vii  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                           | viii |
| TABLolar LİSTESİ.....                           | x    |
| 1. ÖZET.....                                    | 1    |
| 2. ABSTRACT .....                               | 2    |
| 3. GİRİŞ VE AMAÇ .....                          | 3    |
| 4. GENEL BİLGİLER.....                          | 6    |
| 4.1. Öğrenme.....                               | 6    |
| 4.1.1 Öğrenme aşamaları.....                    | 6    |
| 4.1.1.1 Kodlama .....                           | 6    |
| 4.1.1.2. Depolama .....                         | 7    |
| 4.1.1.3 Geri alma.....                          | 8    |
| 4.1.2 Bellek .....                              | 8    |
| 4.1.2.1 Kısa süreli belleğin formları.....      | 9    |
| 4.1.2.1.1 Kısa süreli bellek.....               | 9    |
| 4.1.2.1.2 Duyusal bellek.....                   | 10   |
| 4.1.2.1.3 Çalışma belleği.....                  | 10   |
| 4.1.2.1 Uzun süreli bellek .....                | 11   |
| 4.1.2.1.1. Dekleratif bellek.....               | 12   |
| 4.1.2.1.1.1. İşlemsel (prosedüral) bellek ..... | 12   |
| 4.1.2.1.1.2. Klasik koşullanma .....            | 13   |
| 4.1.2.1.1.3. Algısal temsil sistemi .....       | 13   |
| 4.1.2.1.1.3. İlişkisel olmayan öğrenme .....    | 13   |
| 4.1.2.1.1.1. Semantik bellek.....               | 14   |
| 4.1.2.1.1.2. Epizodik bellek.....               | 14   |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2. Yürütücü İşlevler.....   | 15        |
| 4.3 Eşleştirilmiş-İlişkili Öğrenme .....  | 16        |
| 4.4. Öğrenme ve Yürütücü Fonksiyonların İlişkileri .....  | 18        |
| 4.5. Öğrenme ve Sinirbilim.....   | 19        |
| 4.6. Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopisi.....   | 20        |
| 4.7. Elektroensefalografi .....   | 21        |
| <b>5. MATERYAL METOD .....</b>  | <b>22</b> |
| 5.1. Çalışmanın Amacı.....  | 22        |
| 5.2. Çalışmanın Süresi ve Yapıldığı Yer.....  | 22        |
| 5.3. Çalışmanın Katılımcıları .....   | 22        |
| 5.3.1. Dahil edilme kriterleri .....  | 22        |
| 5.3.2. Hariç tutulma kriterleri.....  | 22        |
| 5.4. Çalışma Dizaynı.....   | 23        |
| 5.4.1 Deney dizaynı.....  | 23        |
| 5.4.1.1 Stroop deneyi .....   | 23        |
| 5.4.1.2. Eşleştirilmiş öğrenme deneyi .....   | 24        |
| 5.4.2 Veri Toplama Araçları .....   | 25        |
| 5.4.2.1. Montreal bilişsel değerlendirme ölçeği.....  | 26        |
| 5.4.2.2. Fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS) veri toplama .....                                       | 26        |
| 5.4.2.3. EEG veri toplama.....  | 29        |
| 5.5. Verilerin Analizi.....   | 30        |
| 5.5.1. Güç Analizi .....  | 30        |
| 5.5.2. fNIRS verilerinin analizi .....  | 30        |
| 5.3.2. EEG verilerinin analizi.....   | 30        |
| 5.3.3. İstatistiksel Analiz.....  | 31        |
| <b>6. BULGULAR.....</b>   | <b>32</b> |
| 6.1. Sosyodemografik Bilgiler .....   | 32        |
| 6.2. FNIRS Sonuçları .....  | 32        |
| 6.2.1. Sözel öğrenme aşamaları sırasında beyinde ortaya çıkan oksihemoglobinin konsantrasyonundaki değişiklikler..... | 32        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2.2. Sözel öğrenme aşamaları sırasında beyinde ortaya çıkan deoksihemoglobin konsantrasyonundaki değişiklikler..... | 40         |
| 6.3. EEG Sonuçları.....   | 43         |
| 6.3.1 Sözel öğrenme sırasındaki delta, teta ve alfa aktivasyonları.....   | 43         |
| 6.3.2 Sözel öğrenme ve yürütücü işlevler arasındaki delta, teta ve alfa korelasyonları .....                          | 49         |
| 6.3.3. Hafıza performansı ve sözel öğrenme arasındaki alfa ve teta korelasyonları .                                   | 60         |
| 6.3.4. Hafıza performansı ve yürütücü işlevler arasındaki alfa, delta, teta, aktivasyonları .....                     | 63         |
| <b>7.TARTIŞMA .....</b>   | <b>66</b>  |
| <b>8. SONUÇ.....</b>  | <b>80</b>  |
| <b>9. KAYNAKLAR .....</b>   | <b>83</b>  |
| <b>10. EKLER.....</b>   | <b>103</b> |
| <b>11. ETİK KURUL ONAY.....</b>   | <b>105</b> |
| <b>12. ÖZGEÇMİŞ.....</b>  | <b>108</b> |

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

|               |   |
|---------------|---|
| <b>AH</b>     | : Alzheimer                                 |
| <b>ANOVA</b>  | : Tek Yönlü Varyans Analizi                 |
| <b>BA</b>     | : Broadmann Bölgesi                         |
| <b>EEG</b>    | : Elektroensefalogram                       |
| <b>fMRI</b>   | : İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme    |
| <b>fNIRS</b>  | : İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi    |
| <b>HBB</b>    | : Hafif Bilişsel Bozukluk                   |
| <b>HbO</b>    | : Oksijenlenmiş Hemoglobin                  |
| <b>HbR</b>    | : Deoksijenlenmiş Hemoglobin                |
| <b>HRF</b>    | : Hemoglobin Yanıt Fonksiyonu               |
| <b>Hz</b>     | : Hertz                                     |
| <b>mA</b>     | : Miliamper                                 |
| <b>MANOVA</b> | : Çok Değişkenli Varyans Analizi            |
| <b>MATLAB</b> | : Matrix Laboratory                         |
| <b>MRI</b>    | : Manyetik Rezonans Görüntüleme             |
| <b>fNIRS</b>  | : Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi |
| <b>Ort</b>    | : Ortalama                                  |
| <b>PET</b>    | : Pozitron Emisyon Tomografi                |
| <b>PFC</b>    | : Prefrontal Korteks                        |
| <b>PIVC</b>   | : Parieto-İnsular Vestibüler Korteks        |
| <b>rTPJ</b>   | : Sağ Temporo-Parietal Bileşke              |
| <b>SPSS</b>   | : Statistical Package for Social Sciences   |
| <b>SS</b>     | : Standart Sapma                            |
| <b>TPJ</b>    | : Temporo-Parietal Bileşke                  |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.1.2.1 Bellek türleri .....   | 9  |
| Şekil 5.4.1. Çalışma akış diyagramı.....   | 23 |
| Şekil 5.4.1.1.1. Stroop deney dizaynı .....  | 24 |
| Şekil 5.4.1.2.1. Eşleştirilmiş (sözel) öğrenme deneyi kodlama görevi deney dizaynı .....   | 25 |
| Şekil 5.4.1.2.2. Eşleştirilmiş öğrenme deneyi geri çağırma ve uzun süreli bellek görevi deney dizaynı .....  | 25 |
| Şekil 5.4.2.2.1. fNIRS’de optodların yerleşimi .....   | 27 |
| Şekil 6.2.1.1. Kodlama görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü .....                       | 33 |
| Şekil 6.2.1.2. Kodlama görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin önden ve üstten görüntüsü.....                              | 34 |
| Şekil 6.2.1. 3. Geri çağırma görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü .....                 | 34 |
| Şekil 6.2.1.4. Geri çağırma görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin üstten ve önden görüntüsü .....                        | 35 |
| Şekil 6.2.1.5. Uzun süreli bellek görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü .....            | 35 |
| Şekil 6.2.1.6. Uzun süreli bellek görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin üstten ve önden görüntüsü.....                   | 35 |
| Şekil 6.2.1.7. Kanal 5, 9, 17 ve 21’de kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki oksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması .....   | 38 |
| Şekil 6.2.1.8. Kanal 28, 35, 36 ve 43’de kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki oksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması ..... | 39 |
| Şekil 6.2.2.1. Kanal 2, 21, 33 ve 35’de kodlama geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki deoksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması.....  | 43 |
| Şekil 6.3.1.1. Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında alfa aktivasyonları .....   | 44 |
| Şekil 6.3.1.2. Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında delta aktivasyonları .....  | 45 |

**Şekil 6.3.1.3.** Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında teta aktivasyonları ..... 46



## TABLolar LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 6.1. 1.</b> Katılımcıların sosyodemografik bilgileri .....   | 32 |
| <b>Tablo 6.2.1.1.</b> Kanalların oksihemoglobin konsantrasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması.....          | 36 |
| <b>Tablo 6.2.2.1.</b> Kanalların deoksihemoglobin (OHb) konsantrasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması ..... | 41 |
| <b>Tablo 6.3.1.1.</b> Kanalların delta aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması .....                     | 47 |
| <b>Tablo 6.3.1.2.</b> Kanalların teta aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması .....                      | 48 |
| <b>Tablo 6.3.1.3.</b> Kanalların alfa aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması .....                      | 49 |
| <b>Tablo 6.3.2.1.</b> Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu.....   | 51 |
| <b>Tablo 6.3.2.2.</b> Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu .....   | 52 |
| <b>Tablo 6.3.2.3.</b> Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu .....   | 53 |
| <b>Tablo 6.3.2.4.</b> Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu.....  | 54 |
| <b>Tablo 6.3.2.5.</b> Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu .....  | 55 |
| <b>Tablo 6.3.2.6.</b> Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu  | 56 |
| <b>Tablo 6.3.2.7.</b> Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu .....   | 57 |
| <b>Tablo 6.3.2.8.</b> Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu .....  | 58 |
| <b>Tablo 6.3.2.9.</b> Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu  | 59 |
| <b>Tablo 6.3.3.1.</b> Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları.....  | 60 |
| <b>Tablo 6.3.3. 2.</b> Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları .....  | 61 |
| <b>Tablo 6.3.3.3.</b> Hafıza performansı ve uzun süreli bellek görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları .....                                  | 62 |
| <b>Tablo 6.3.4.1.</b> Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları .....  | 63 |
| <b>Tablo 6.3.4.2.</b> Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan delta korelasyonları .....   | 64 |

**Tablo 6.3.4.3.** Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları ..... 65



## 1. ÖZET

### YÜRÜTÜCÜ FONKSİYONLAR VE SÖZEL ÖĞRENME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN FNIRS VE EEG İLE İNCELENMESİ

Kasıtlı akıl yürütme, kasıtlı eylem, duygu düzenleme ve karmaşık sosyal işlevsellik için gerekli olan, öğrenmeye ve değişen koşullara uyum sağlamaya izin veren yürütücü işlevler, düşünce, eylem ve duygunun bilinçli, yukarıdan aşağıya kontrolünü destekleyen bir dizi nörobilişsel beceridir. Çalışmalarda yürütücü işlevlerin ve öğrenmenin işlevsel olarak birbiriyle ilişkili olabileceğini öne süren hem davranışsal hem de anatomik temeller vardır. Bu çalışmanın amacı, yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkinin fNIRS ve EEG ile araştırılmasıdır. fNIRS’da sözel öğrenme deneyinde hemodinamik yanıtlarda artış bulundu ( $p<0,05$ ). Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerinde kortikal bölgelerde oksihemoglobin miktarının anlamlı derecede arttığı görüldü ( $p<0,05$ ). Kodlama görevinde delta aktivasyonun yürütücü işlevler ve öğrenme deneyleri arasında frontal, temporal ve parietal bölgelerde anlamlı ilişki bulundu ( $p<0,05$ ). Sonuç olarak çalışmamızda sözel öğrenme ve yürütücü işlevler arasındaki anlamlı ilişki anatomik ve davranışsal verilerle ispatlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** bellek, EEG, fNIRS, sözel öğrenme, yürütücü işlevler

## **2. ABSTRACT**

### **EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN EXECUTIVE FUNCTIONS AND VERBAL LEARNING WITH FNIRS AND EEG**

Neurocognitive skills support that conscious, top-down control of executive functions, thought, action, and emotion that allow learning and adapting to changing circumstances, necessary for deliberate reasoning, deliberate action, emotion regulation, and complex social functioning. There are both behavioral and anatomical bases in studies suggesting that executive functions and learning may be functionally interrelated. The aim of this study is to investigate the relationship between executive functions and verbal learning with fNIRS and EEG. An increase in hemodynamic responses was found in the verbal learning experiment in fNIRS ( $p < 0.05$ ). It was observed that the amount of oxyhemoglobin in the cortical regions increased significantly in encoding, recall and long-term memory tasks ( $p < 0.05$ ). In the coding task, a significant relationship was found between delta activation, executive functions and learning experiments in frontal, temporal and parietal regions ( $p < 0.05$ ). In conclusion, in our study, the significant relationship between verbal learning and executive functions has been proven by anatomical and behavioral data.

**Keywords:** EEG, executive functions, FNIRS, memory, verbal learning

### 3. GİRİŞ VE AMAÇ

Beynin kontrol mekanizmaları olan yürütücü fonksiyonlar, daha otomatik olan alt düzey fonksiyonlara yön veren ve onların kontrolünü sağlayan üst düzey fonksiyonlar olarak adlandırılmakta; planlama, başlatma, organizasyon, inhibisyon, problem çözme, kendini izleme ve hata düzeltme süreçlerini içermektedir. Frontal lobun kortikal ve subkortikal yapılarla çift taraflı bağlantıları, çeşitli bilişsel süreçleri izlemek ve manipule etmek için etkin bir görev almaktadır. Demans, kapalı kafa travması, şizofreni, dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu, multipl skleroz ve talamik enfarktüs gibi bir dizi nörolojik ve psikiyatrik popülasyonda yürütücü işlevlerdeki bozukluklar tespit edilmiştir. Prefrontal korteksin alanları bu tür bozulmalarla ilişkilendirilmiş olsa da, yürütücü işlevlerin bir “koltuğu” tanımlanmamıştır. Ek olarak, yürütücü işlevlerin diğer bilişsel alanlar üzerindeki etkisini incelemeye daha fazla vurgu yapılmıştır.

Son zamanlarda, yürütücü işlevlerin öğrenme ve bellek üzerindeki rolünü araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Öğrenme, dünya hakkında yeni bilgi edinmenin biyolojik sürecidir ve kazanım, kodlama, bilgi ya da davranış karşılığı kullanılan yeni bilginin edinildiğini gösteren potansiyel bir davranış değişikliğinin varlığını göstermektedir. Hillner (1987) öğrenmeyi, organizmanın hem içsel, hem de dışsal fizyolojik tepkileri ile ilgili olma, edinilmiş bir bilginin aradan zaman geçse bile hatırlanması (bellek) ve organizmada daha önce var olmayan yeni tepkilerin kazanılması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olan süreç olarak tanımlamaktadır. Bellek bilgilerin depolanması ve geri çağırılması ile ilgili özel bir bilişsel fonksiyondur. Bu bağlamda bellek, öğrenmenin birinci koşuludur. Öğrenilenlerin uzun süreli bellek haline getirilmesi, serebral korteks ve özellikle prefrontal heteromodal korteksin görevidir. Nörobilim alanında yapılan çalışmalar ve elde edilen bulgular, öğrenmenin diğer kuramlardan farklı bir şekilde tanımlanması sonucunu doğurmuştur. Buna göre öğrenme, yeni bağlantılar ya da yeni beyin yapısı oluşturmaktır (1).

Öğrenme fonksiyonlarının nöroanatomi ve nörofizyolojisi henüz tam olarak belirlenememiştir. Anatomik bağlardan ve kimyasal yollardan oluşan kompleks bir sistem tarafından düzenlendiği düşünülmektedir. Bazal ön beyin (septal çekirdekler), amigdala, hipotalamus, hipokampus, talamus ve korteksin (orbitofrontal,

temporopolar, insula, singuler ve parahipokampal giruslar) birbirleriyle bağlantılarından oluşan anatomik yolların, hemisferin bir bölgesinden diğerine bilginin taşınmasını sağladığı varsayılmaktadır (2). Epizodik materyal için yeni öğrenme ve bellek (epizodik bildirimsel bellek) bilişsel alt bileşenlere bölünebilir (3). Bunlar, anlık veya çalışan bellek, uzun süreli bellek ve kayıt, depolama, geri getirme ve alıkoyma (veya unutma) gibi işleme aşamalarını içermektedir. Bellek kodlama ve geri alma süreçleri posterior parietal alanları, hipokampusu ve prefrontal korteksi (PFC) içeren geniş bir beyin ağı tarafından desteklenmektedir (4,5). Nörogörüntüleme çalışmalarında özellikle bellek kodlama süreçlerinin araştırıldığı çalışmalarda bellekle sıklıkla ilişkilendirilen ventrolateral prefrontal korteks (VLPFC – BA 44-45-47) olmasına rağmen, dorsolateral-prefrontal korteks (DLPFC – BA9 ve 46) son zamanlarda spesifik olarak önem kazanmıştır. Özellikle sol yarıkürede bulunan DLPFC'nin örgütsel, ilişkisel ve anlamsal bellek kodlaması için çok önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (6,7). Blumenfeld ve Ranganath (2007) tarafından tartışıldığı gibi, DLPFC aktivasyonu, organizasyonel işleme taleplerine daha spesifik olarak duyarlı görünmektedir ve bellekte aktif olan öğeler arasında ilişkiler kurarak uzun süreli belleği desteklemektedir (8).

Fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS), bilişsel, motor ve duyuşal stimülasyon sırasında kortikal doku oksijenasyonunu (oksijenli (O<sub>2</sub>) hemoglobin (Hb) ve oksijensiz-Hb konsantrasyonu değişiklikleri) invaziv olmayan bir şekilde izleyebilen bir optik nörogörüntüleme tekniğidir. Son 20 yılda bilişsel sinirbilimde fNIRS' ın kullanımı sürekli artmıştır. Özellikle bellek araştırmaları alanında, fNIRS çalışmaları, sağlıklı ve klinik popülasyonlarda çalışan bellek ve dikkat görevleri sırasında PFC oksijenasyon modellerinde bir artış (yani, O<sub>2</sub>Hb'de bir artış ve buna eşlik eden Hb konsantrasyonlarında bir azalma) ortaya çıkarmıştır (9). Bununla birlikte, mevcut literatür, öğrenme süreçlerini araştıran sınırlı sayıda fNIRS çalışmasına sahiptir (9).

Epizodik belleğin kullanılmasını gerektiren eşleştirilmiş “ilişkili öğrenme görevi” (İÖG) özel adları hatırlama, yaşlılar arasında en yaygın sorundur (10). Birkaç çalışma, Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme görevinin bellek bozukluğunun erken tespitinde yararlı olabileceğini öne sürmüştür (11,12). Bu görevde, bir çiftin bir öğesi, diğer



öğenin hatırlanması için kullanılmakta ve deneğin, eşleştirilmiş öğeler arasında bir ilişki kurma yeteneği değerlendirilmektedir. Görevdeki her bir öğe farklı alanlardan gelebilirken, öğrenme sırasında alanlar arasında biçimlendirici bir ilişki kurulmaya çalışılmaktadır. Eşleştirilmiş İÖG, genç ve yaşlı popülasyonun yanı sıra Hafif Bilişsel Bozukluğu (HBB) ve Alzheimer Hastalığı (AH) olan hastalarda bellek performansını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (13–15). Hipokampusun ve prefrontal kortekslerin belirli bölgeleri, hem genç hem de sağlıklı yaşlı deneklerde, bir Eşleştirilmiş İÖG sırasında bellek kodlamasının başarısı için kritik olarak tanımlanmıştır. Özellikle, DLPFC ve VLPFC'nin, Eşleştirilmiş İÖG'nin kodlama ve hatırlama aşaması ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (16).

Sözel öğrenme bozukluklarının ve yürütücü işlev bozukluğunun birlikteliği ve ayrışması, birçok klinik popülasyonda bildirilmiştir. Fossati ve ark. (1999), şizofreni hastalarında yürütücü işlev bozukluğu ile sözel bellek açıkları arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmiş, ancak depresyon tanısı konan bireylerde bu ilişki bulunmamıştır (17). Vanderploeg ve ark. (1994), sözel bellek ile yürütücü işlevler arasındaki ilişkiyi araştırmış ve yürütücü işlevlerin dikkat ve zihinsel izleme bileşenlerinin, sözel öğrenme ve bellekle ilişkili olduğunu bildirmiştir (18).

Giderek artan sayıda araştırmacı, bellek ve öğrenme deneylerinde beyin salınımlarını araştırmış, salınımları invaziv olmayan şekilde EEG/MEG ile veya invaziv olarak insanlarda hatıraların kodlanması sırasında intrakraniyal EEG ile ölçmüştür(19). Frontoparietal bölgenin alfa aktivitesi, zeka ve bellek performansı ile yüksek oranda ilişkilidir (20). Çoğunlukla kasıtlı öğrenme üzerine yapılan önceki çalışmalar, teta ve gama salınımlarındaki güç artışlarının, alfa ve beta salınımlarındaki güç düşüşlerinin hatırlama ile olumlu bir şekilde ilişkili olduğunu öne sürmektedir (21).

Bu çalışmanın amacı, yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkinin fNIRS ve EEG ile araştırılmasıdır.

Hipotezlerimiz:

**H1:** Öğrenme ve yürütücü fonksiyonlar arasında bir ilişki vardır.

**H1-0:** Öğrenme ve yürütücü fonksiyonlar arasında bir ilişki yoktur.

## 4. GENEL BİLGİLER

### 4.1. Öğrenme

Bilişsel psikolojide, öğrenme ve bellek birbiriyle yakından ilişkili iki kavramdır, ancak bunlar üniter süreçler değildir (22). Öğrenme ve hafıza, zihnimizin en büyüğü yeteneklerinden ikisidir. Öğrenme, dünya hakkında yeni bilgi edinmenin biyolojik sürecidir. Öğrenilen bilgiler zaman geçtikçe, bellekteki temsiller şeklinde hipokampusta bağımsız hale gelmektedir. (1).

Beyinde bulunan geniş bilgi depolarına rağmen, sürekli olarak yeni bilgiler edinilebilmektedir. Öğrenme, bu yeni bilgiyi edinme sürecine denir ve öğrenmenin neticesi hafızadır. Yani bir şey öğrenildiğinde bir hafıza oluşturulur ve bu öğrenme; maruz kalma ile ya da bilgilerin, deneyimlerin veya eylemlerin tekrarı ile gerçekleşebilmektedir (22). Bazı bilgiler yalnızca kısa bir süre için saklanmakta bazıları ise ömür boyu kalmaktadır. Araştırmacılar, insanların ve hayvanların farklı sistemlerin aracılık ettiği çeşitli bellek türlerine sahip olduğuna inanmaktadır (23). Öğrenme ve hafıza kodlama, depolama ve geri alma olmak üzere üç ana işlem aşamasına ayrılmaktadır. Çağrışımsal öğrenmenin yanı sıra, deklaratif bellek oluşumu, öğrenmeyi (kodlama), ardından konsolidasyon işlemlerini içermekte ve daha sonra erişilebilen (alma) kalıcı bir bellek izi ile sonuçlanmaktadır. Durum mevcut bilgiyle ilişkilendirilebilirse, genelleme gerçekleşebilir, bu sayede örneğin algısal, bağlamsal veya anlamsal olarak benzer öğelere bağlanmaktadır.

#### 4.1.1 Öğrenme aşamaları

##### 4.1.1.1 Kodlama

Geleneksel olarak sinaptik güç ve nöronal bağlantıların sayısındaki değişiklikler olduğu düşünülen, bellek izlerini yaratan, gelen bilgi ve deneyimlerin işlenmesi olan kodlama, bir olayın daha sonra uyarlanabilir bir şekilde davranışa rehberlik etmek için kullanılacak bir sinirsel temsile dönüştürüldüğü bilişsel ve sinirsel süreçleri ifade etmektedir (23). Bilişsel bir perspektiften, kodlamanın tekil bir süreç olmadığını, daha ziyade gözlemcilerin iç ve dış olayları algılama, bunlara katılma ve bunlarla çalışma gibi çeşitli işlemlerle meşgul oldukları bir aşama olduğunu

belirtmek önemlidir (24). Sinirsel bir perspektiften başarılı kodlama, yukarıda bahsedilen bilişsel işlemleri destekleyen beyin mekanizmalarından kaynaklanan bir engram veya anımsatıcı iz oluşumunu sağlar (25). Kodlamanın iki ayrı adımı vardır, bunlardan ilki edinmedir. Duyusal sistemler sürekli olarak tonlarca uyaran tarafından bombardımana tutulur ve çoğu, kısa süreli belleğe hiç ulaşmadan hızla (sunudan yaklaşık 1000 ms sonra) kaybolan yalnızca çok kısa bir geçici duyusal tepki üretmektedir. Ancak bu süre boyunca, uyaranlar işlenmeye hazırdır ve bu durum duyusal tampon olarak bilinmektedir (26). Bu uyaranların sadece bir kısmı sürdürülmekte ve kısa süreli bellek tarafından edinilmektedir. Her bellek izi, beyindeki değişikliklerin zaman içinde bir belleği stabilize ettiği ve uzun süreli bir belleğe yol açtığı ikinci adımı, konsolidasyonu geçmiyor gibi görünebilmektedir. Bellek tasarımları, işlevsel görüntülemeyi kullanarak, bellek oluşumunun ilk kodlama aşaması sırasında nöral aktiviteyi sistematik olarak gözlemlemekte ve bu aktiviteyi daha sonraki farklı hafıza testleri sırasında başarı veya başarısızlıkla ilişkilendirmektedir. Çünkü ilk kodlama etkinliği ile sonraki bellek sonuçları arasındaki ilişki kilit öneme sahiptir (26). Bu tasarımlar tarafından ele alınan temel bir soru, bellek oluşumunun altında çoklu, işlevsel olarak farklı kodlama süreçlerinin olup olmadığıdır (25) .

İnsanların yeni bilgileri başarılı bir şekilde kodlamaları için belleğe özgü birkaç kortikal alanın dahil edilmesi gerekmektedir. Bu kortikal ve subkortikal bölgeler, bilateral lingual ve fusiform girus, bilateral hipokampus ve parahipokampal girus ve ağırlıklı olarak sol ve medial parietal korteksleri ve ek olarak sol insula, prefrontal korteks, talamus, anterior singulat korteks (dikkat), inferior frontal girus ve premotoru korteksi içermektedir (27–29). Nörogörüntüleme verileri aynı zamanda anlamsal, "daha derin" işlemenin (algısal, "sığ" işlemeye göre) daha iyi bellek performansına yol açtığı davranış kalıbıyla da tutarlıdır. Bu daha derin işleme, bir ön ve orta zamansal kodlama ağı ile ilişkilendirilebilmektedir (30).

#### ***4.1.1.2. Depolama***

Depolama bellek izlerinin saklanmasıdır. Edinme ve konsolidasyonun sonucudur ve bilgilerin kalıcı kaydını temsil etmektedir (23). Bellek yoluyla öğrenmenin sağlanması, kritik olarak geçmiş deneyimlerin etkin bir şekilde 'depolanarak' ve bellekte kodlanarak 'var olmaya devam etmesini' gerektirmektedir

(31). Unutma örnekleri de dahil olmak üzere hafızanın birçok zayıflığı, bu ilk öğrenme aşamasındaki başarısızlıklardan kaynaklanmaktadır (32).

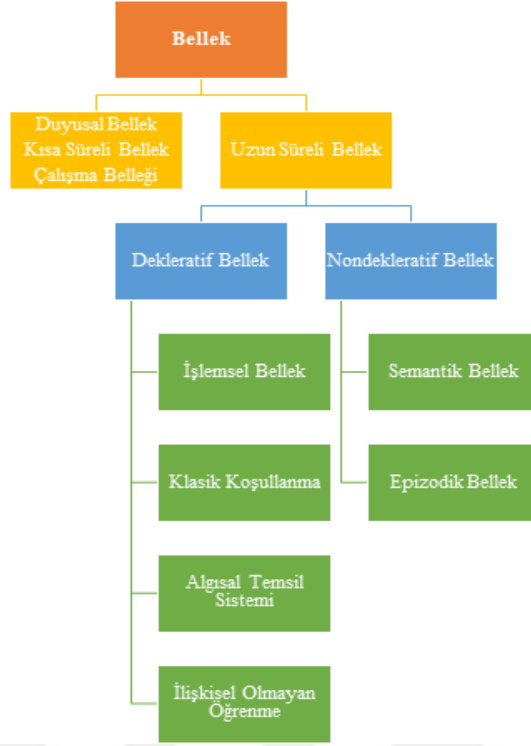
#### **4.1.1.3 Geri alma**

Geri alma süreci, karar verme ve davranışı değiştirmeye yardımcı olabilecek depolanmış bellek izlerine erişmeyi içermektedir. Hafızada depolanan bilgilerin tamamına değil, bazılarını bilinçli erişimimiz bulunmaktadır (23). Kodlama ve geri alma ile ilgili etkilerin meta-analizlerinin her biri, precuneus (PCU), orta singulat korteks (MCC) ve posterior inferior parietal lobül/dorsal angular girus ile ilişkilendirilmiştir. Bu üç bölge, alma başarısı ile en tutarlı şekilde ilişkilendirilen bölgeler arasındadır (33).

Bellek kodlama ve geri alma süreçleri, medio-temporal ve arka parietal alanları, hipokampusu ve PFC'yi içeren geniş bir beyin ağı tarafından desteklenmektedir; ikincisi, epizodik bellek için özellikle önemlidir (5,34). Hemisferik kodlama/alma asimetrisi (HERA) modeline göre (Tulving ve diğerleri, 1994), kodlama sırasındaki sol PFC aktivasyonu geri almadan daha yüksekken, geri alma sırasında ise sağ PFC aktivasyonu, daha büyüktür (35).

#### **4.1.2 Bellek**

Bellek oluşumu, belirli bir deneyimin uzun süreli bir iz haline dönüştürülmesini içermektedir. Bu nedenle bellek, kısmen kodlama süreçleri tarafından belirlenmektedir. Bellek, bireyin bilgiyi kodladığı, depoladığı ve aldığı karmaşık süreçleri ifade etmektedir (22). Kodlama ise, saklanacak bilgilerin işlenmesini ifade ederken, konsolidasyon, temsillerin depolanırken güçlendirilmesini ifade etmektedir. Ancak bir hafızanın faydalı olması için onu geri çağırabilmek gerekmektedir (36). Sağlıklı bireyler ve amnezi hastaları üzerinde yapılan araştırmalar, belleğin tek parça olmadığını, daha ziyade her biri farklı nöral mekanizmalar tarafından desteklenen farklı bileşen süreçlerin aracılık ettiği farklı biçimlerden oluştuğunu ortaya koymuştur (37). Bu süreçleri açıklamak için birçok model önerilmiş olsa da, mevcut modellerdeki ana bileşenlerle ilgili bir miktar tutarlılık vardır ve bunlar Şekil 4.1.2.1'de gösterilmektedir (38).



**Şekil 4.1.2.1 Bellek Türleri**

#### **4.1.2.1 Kısa süreli belleğin formları**

Kısa süreli bellek formları duyuşsal bellek, kısa süreli bellek ve çalışma belleği olmak üzere üçe ayrılmıştır.

##### **4.1.2.1.1 Kısa süreli bellek**

Duyusal belleğin aksine, kısa süreli belleğin daha uzun bir zamansal süreci bulunmaktadır ve aynı zamanda daha sınırlı bir kapasiteye sahiptir (23). William James (1890), kısa süreli (“birincil”) belleğin, uzun süreli (“ikincil”) bellekten niteliksel olarak farklı olduğu görüşünü dile getirmiştir (39).

Kısa süreli belleğe ilişkin ilk veriler, öğrenme ve bellek sırasında bilgi işleminin ayrı aşamalarını öneren bazı etkili modellerin geliştirilmesine yol açmıştır (23). Richard Atkinson ve Richard Shiffr tarafından 1968’de “Modal” isimli bir model geliştirilmiştir. Bu model, bilginin önce duyuşsal bellekte saklandığını öne sürmektedir. Oradan, özel işlemlerle seçilen bilgiler kısa süreli belleğe geçebilmektedir. Kısa süreli belleğe alındıktan sonra, öge tekrar edilirse uzun süreli belleğe taşınabilmektedir. “Modal” model, her aşamada bilginin bozulma (bilgi bozulur ve zamanla kaybolur),

girişim (yeni bilgi eski bilginin yerini alır) veya ikisinin bir kombinasyonu ile kaybolabileceğini öne sürmektedir (40).

#### **4.1.2.1.2 Duyusal bellek**

İnsan belleğinin klasik çoklu-depolama (veya modal) modeli bilginin üç bellek sisteminde kodlandığını ve saklandığını öne sürmektedir. Büyük kapasiteli fakat hızla bozulan bir duyusal bellek, bilgiyi birkaç 100 ms için depolamaktadır (40). Duyusal bellek içeriğinin bir alt kümesi, öğeleri birkaç saniyeliğine depolayabilen daha dayanıklı bir kısa süreli belleğe aktarılmaktadır. Ancak kısa süreli belleğin kapasitesi ciddi şekilde sınırlıdır. Son olarak, kısa süreli bellekteki bazı öğeler, içerikleri ömür boyu sürebilen uzun süreli belleğe aktarılmaktadır (41).

Günlük hayat zengin bilgilerle doludur. Bilginin görsel sistem tarafından etkin bir şekilde işlenmesi, insan ve çevre arasındaki etkileşim için önemli bir temeldir. Son derece sınırlı insan görsel işleme kaynakları olduğundan insan görme sistemi genellikle bilgi için seçici işlemeye sahiptir (42–45). Bununla birlikte, bilgi sunumu sırasında bilgiyi seçmek genellikle zordur, bu nedenle görme sisteminin büyük miktarda bilgiyi duyusal bellekte geçici olarak saklaması gerekmektedir (46–48). Görme sisteminin seçme mekanizması sayesinde duyusal bellekteki az miktarda bilgi konsolide edilerek kısa süreli bellekte depolanmaktadır (49,50).

#### **4.1.2.1.3 Çalışma belleği**

Çalışma belleği düşüncelerin tutulduğu ve manipüle edildiği platformdur ve hedefe yönelik davranışın organizasyonunun temelini oluşturmaktadır (51,52). Çalışma belleği (bilgiyi akılda tutmak ve onu manipüle etmek), kısa süreli bellekten (sadece bilgiyi akılda tutmak) farklıdır (53). “Çalışma Belleği” terimi ilk kez Miller ve diğerleri (1960) tarafından tanıtılmasına rağmen, Baddeley ve Hitch (1974), belleğin kısa veya uzun süreli olduğu konusundaki katı ve ikili görüşte devrim yaratan bir çalışma belleği modeli önermişlerdir (54). Çalışma belleği modeli, kısa süreli belleğin bilgiyi depolamasını sağlamadaki basit işlevlerinin aksine, çalışma belleğinin bilgi depolamayı yöneten çok bileşenli bir sistem olduğunu öne sürmüştür (54–56). İlgili üç alt bileşenden oluşmaktadır; fonolojik döngü (veya sözel çalışma belleği),

görsel-uzaysal eskiz defteri (görsel-uzaysal çalışma belleği) ve dikkat kontrol sistemini içeren merkezi yöneticidir (54,56). 2000 yılına kadar bu çalışma belleği modeline “epizodik tampon” olarak adlandırılan başka bir bileşen dahil edilmemiştir. Epizodik tampon, farklı duyuşsal bilgileri modüle eden ve bütünleştiren geçici bir depolama sistemi olarak kabul edilmiştir. Kısacası, merkezi yürütme, karar verme ve problem çözmeye gibi anlamlı işlevler için bilgilerin manipülasyonunu, geri çağırılmasını ve işlenmesini (sözlü veya sözlü olmayan) gören “kontrol merkezi” olarak işlev görmektedir. Baddeley ve Hitch'in (1974) makalesinde, çalışma belleğinin devreye girmesi sırasında alınan bilgilerin de uzun süreli belleğe aktarılabileceği belirtilmiştir (54).

Çalışma belleği, öğrenme ve belleğin temeli olan ve beyindeki diğer bilişsel davranışlarla yakından ilişkili olan bilişsel işlevin önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir ve aynı zamanda geçici depolama, manipülasyon ve hatırlamadan sorumludur (57,58). Baddeley'e (1992) göre, sözlü ve görsel uzaysal çalışma belleği, iki farklı kortikal ağda uygulanan iki farklı, bağımsız depolama sistemini içermektedir (59). Çalışma belleğinin kırk yıldan fazla bir süre önce geliştirilen bu tür bilişsel kavramsallaştırmasının ardından, çok sayıda çalışma, nöronal düzeyde varlığının kodunu çözmek ve/veya nöronal aktivite veya beyin açısından farklı teorik modeller önermek gibi çeşitli araçlar kullanarak çalışma belleğini tanımlamaya çalışmıştır. Araştırmalarda farklı çalışma belleği sistemleriyle (fonolojik döngüler ve görsel-uzaysal eskiz defteri gibi) ilişkilendirmeler veya ayrışmalar yapılmıştır. Sözel ve akustik bilginin Broca ve Wernicke alanlarını aktive ettiği, görsel-uzaysal bilginin ise sağ yarıkürede temsil edildiği tespit edilmiştir (56). Birçok destekleyici araştırma çalışması, çalışma belleği sinir ağı olarak dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC), anterior singulat korteks (ACC) ve parietal korteksi içeren fronto-parietal ağa işaret etmiştir (60–63).

#### **4.1.2.1 Uzun süreli bellek**

Önemli bir süre (günler, aylar veya yıllar) için tutulan bilgilere uzun süreli bellek denilmektedir.

#### **4.1.2.1.1. Dekleratif bellek**

Dekleratif bellek ("bunu bilmek") olaylar ve gerçekler için bilinçli belleğe atıfta bulunmaktadır, açık hatırlama ve tanıma testleri ile değerlendirilir ve medial temporal lob ve diensefalik beyin yapılarına bağlıdır (64).

Bellek, mevcut bilginin çağrışımsal iskelesi üzerine inşa edilen açık uçlu bir süreç olarak görülmektedir (65). Yeni hatıralar genellikle geçmiş deneyimlerin mevcut temsillerine dahil edilir, böylece hafıza konsolidasyonu ve geri çağırma aynı zamanda hafıza ağlarını yeniden etkinleştirmeye ve güncellemeye hizmet etmektedir (66,67). Sonuç olarak, dekleratif bellek temsilleri, birden çok duyusal ve anlamsal boyutta bilgiyi bütünleştirerek daha soyut hale gelebilmektedir.

Dekleratif bellek, epizodik ve semantik bellek olarak ikiye ayrılır, geçmiş deneyimleri, gerçekleri ve kavramları bilinçli olarak hatırlama kapasitesine atıfta bulunur ve insanlarda sözlü rapor yoluyla doğrulanabilmektedir (68). Dekleratif bellek oluşumu, konsolidasyonu ve geri alınması için medial temporal lob (MTL) yolağının gerekli olduğu uzun zamandır bilinmektedir (69–72). Dekleratif bellek çalışmaları genellikle bağımsız gerçeklerin öğrenilmesine odaklansa da, MTL sistemi ayrıca, ayrı epizodik öğelerin entegre bir bellek izine bağlı olduğu ilişkisel kodlamaya da dahil olmaktadır. MTL, daha önce öğrenilmiş bilgilerin yeni kombinasyonları için doğru çıkarımlar yapmak gibi öğrenilen kuralların aktarımı için de gereklidir.

Dekleratif bellek, gerçeklerin ve olayların bilinçli olarak hatırlanmasını desteklemekte ve bu tür bilgileri yıllarca saklayabilmektedir. Öğrenme, öncelikle bu sistem aracılığıyla açık bir şekilde gerçekleşmekte ve tek bir maruziyetin ardından elde edilebilmekte, ancak çoklu maruziyetlerle güçlendirilmektedir (73). Dekleratif bellek, anlamsal bilgiyi kodlayarak, depolayarak ve geri alarak sözcük bilgisini desteklemektedir (70).

#### **4.1.2.1.1.1. İşlemsel (prosedüral) bellek**

Prosedüral bellek ("nasıl olduğunu bilmek") bilinçdışı belleğe atıfta bulunur, becerili performansın deneyime bağlı olarak öğrenilmesiyle değerlendirilir ve bazal gangliyon, beyincik ve neokorteksteki yapılara bağlıdır (64). Prosedürel bellek, bilinçli farkındalık için daha az erişilebilirdir ve becerilerin kademeli olarak



öğrenilmesini sağlar (73,74). Kanıtlar, çalışma belleğinin deklaratif bellekle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir; deklaratif bellekten bilgi almayı besleyen prefrontal yapılar da prosedüral belleği desteklemektedir (73,75–77). Bu sistem örtük bilginin edinilmesini, depolanmasını ve kullanılmasını içerir ve çeşitli algısal, motor ve bilişsel becerinin temelini oluşturmaktadır. Prosedüral belleğin özelliklerinden biri tekrarlanan uygulama ihtiyacıdır. Prosedürel öğrenme bir dizi karmaşık süreci içerir. Erken aşamada, prosedürel öğrenme, uyarıların tekrarı ve becerilerin uygulanmasıyla kademeli olarak ilerler (78). Geleneksel olarak, prosedürel ve deklaratif bellek sistemi, sinirsel ve işlevsel olarak ayrılmış olarak görülmüştür (78). Prosedüral bellek sistemi, ön motor korteks ve Broca bölgesinin arka kısımları (örn. BA 44) dahil olmak üzere bazal gangliyon, beyincik ve ön korteksin kısımlarını içeren ağ benzeri bir beyin yapısı tarafından desteklenmektedir (78–81).

#### ***4.1.2.1.1.2. Klasik koşullanma***

Klasik koşullanmada, koşullu bir uyarıcı, koşulsuz bir uyarıcı ile eşleştirilmektedir. Koşullu uyarıcı, koşulsuz uyarıcı ile ilişkilendirildikten sonra, koşullu uyarıcı, tipik olarak koşulsuz uyarıcıdan uyandırılan cevaba benzer bir koşullu tepki uyandıracaktır (82).

#### ***4.1.2.1.1.3. Algısal temsil sistemi***

Tulving, belleği, dış dünyadan gelen bilgileri seri bir şekilde işleyen paralel, bağımsız modüller halinde sınıflandırmıştır. Başka bir deyişle, epizodik bellekler, anlamsal bellekte temsil edilen mevcut bilgi temelinde oluşturulur, bu da algısal temsil sistemindeki duyuşal sistemler aracılığıyla dış dünyadan bilgiyi almaktadır (83).

#### ***4.1.2.1.1.3. İlişkisel olmayan öğrenme***

İlişkisel olmayan öğrenme, alışma ve duyarlılaşmayı içermektedir. Alışkanlık, değişmeyen bir uyarana verilen yanıtın zamanla azalması ve duyarlılık, bir uyarana verilen yanıtın o uyarının tekrar tekrar sunulmasıyla zamanla artmasını ifade etmektedir (82).

#### ***4.1.2.1.1. Non-Deklaratif bellek***

Örtük bellek olarak da bilinen non-deklaratif bellek, deneyim nedeniyle performanstaki değişikliklerle ifade edilen bilginin edinilmesini, saklanmasını ve geri çağrılmasını içermektedir (82).

#### **4.1.2.1.1.1. Semantik bellek**

Semantik bellek, “dilin kullanımı için gerekli olan bellek” olarak tanımlanmıştır. Bir kişinin kelimeler ve diğer sözlü semboller, anlamları ve referansları, aralarındaki ilişkiler ve bu sembollerin, kavramların ve ilişkilerin manipülasyonu için kurallar, formüller ve algoritmalar hakkında sahip olduğu zihinsel bir eş anlamlılar sözlüğü, organize bilgi olarak tanımlanmaktadır (84). Yaklaşık yarım yüzyıl önce, 1972'de Endel Tulving, insan uzun süreli bellek sistemini iki farklı depoya ayırmayı önermiştir: belirli bir zaman ve yerle bağlantılı anıları içeren epizodik bir depo (örneğin, bu sabah bisikletinizi nereye park ettiğiniz) ve dünya hakkında daha genel bilgiler içeren anlamsal bir depo (örneğin, bir bisikletin neye benzediği veya ne için kullanıldığı). Tulving'in önerisi geniş çapta benimsenmiştir ve şimdi birçok psikolog ve bilişsel sinirbilimci, olaysal ve anlamsal belleğin, uzun süreli bellek sisteminin bildirimsel (veya açık) dalının bileşenleri olduğunu düşünmektedir. Bu sistem, bilinçli erişimimizin olmadığı, ancak yine de davranışlarımızı etkileyen bilgileri kapsamaktadır (85).

#### **4.1.2.1.1.2. Epizodik bellek**

Epizodik bellek, daha önce karşılaşılan nesnelere, insanları ve olayları hatırlama ve tanıma ve bunları deneyimlenmemiş olanlardan ayırt etme yeteneğidir. İnsan epizodik hafızasının temel sorusu, epizodik hafızanın nöral sinyallerine yol açan bilişsel ve nöral temsiller ve süreçleriyle ilgilidir (86). Epizodik bellek, hayal gücü, rüya görme, yön bulma, karşı-olgusal düşünme ve gelecek planlaması gibi diğer kapasitelerle birçok özelliği paylaşmaktadır. Tüm bu farklı kapasitelerin ortak paydası, depolanmış içeriğin temelinde zengin bağlamsallaştırılmış senaryoları esnek bir şekilde oluşturan bir sistem tarafından yönetiliyor olmasıdır. Bu "senaryo oluşturma sisteminin" sinirsel alt tabakası, özellikle hipokampusta ve medial temporal loblarda lokalizedir. Oluşturulan senaryoların, zaman ve mekana yayılmış olayların simülasyonlarından oluştuğu düşünülmektedir ve belirli bir senaryonun inşasının, o senaryonun algılanması sırasında duyuşsal korteksi aktive ettiği gösterilmiştir. Senaryo

oluşturma, yalnızca epizodik belleğe değil, hayal g¼c¼, r¼ya g¼rme, gezinme, planlama gibi bir dizi farklı kapasiteye hizmet etmektedir. T¼m bu kapasiteler, geçmişte belirli durumlarda ¼ęrenilen bilgileri depolama ve geri alma yeteneğimizle desteklenmektedir (87). Epizodik belleğin ¼nemli bir y¼n¼, yeni çağrışımlar oluşturma yeteneğidir. Çok sayıda çalışma, yeni ilişkilerin oluşumunda prefrontal katılımı g¼stermiřtir (6,88,89). Bununla birlikte, bulgular tutarlı bir şekilde prefrontal korteksin bir alt b¼lgesine lokalize edilmemiştir. Bazı alışmalar, ilişkisel kodlama için DLPFC aktivitesinin arttığını, diğer çalışmalar ise Venrolateral prefrontal korteks (VLPFC) aktivasyonunun arttığını bildirmiştir (6,90).

#### 4.2. Y¼r¼t¼c¼ İşlevler

PFC'nin ana işlevlerinden biri olan y¼r¼t¼c¼ işlev, uygun davranışı bağlamsal olarak y¼nlendirmemizi sağlamaktadır (91). Kasıtlı akıl y¼r¼tme, kasıtlı eylem, duygu d¼zenleme ve karmaşık sosyal işlevsellik için gerekli olan, ¼ęrenmeye ve değişen koşullara uyum sağlamaya izin veren y¼r¼t¼c¼ işlevler, d¼ř¼nce, eylem ve duygunun bilinçli, yukarıdan aşağıya kontrol¼n¼ destekleyen bir dizi n¼robiliřsel beceridir(92,93) .

Tarihsel olarak y¼r¼t¼c¼ işlevlerin yapısı, PFC hasarının sonuçlarının n¼ropsikolojik g¼zlemlerinden t¼retilmiřtir (94). PFC hasarı olan hastalar genellikle sağlam temel bilişsel beceriler ile birlikte bu temel becerileri amaca y¼nelik, bağlamsal olarak uygun bir şekilde d¼zenlemede zorluk g¼sterirler. ¼rneęin, n¼rolog Lhermitte (1983), PFC lezyonları olan hastaların uyarana bağlı hale gelebileceğini ve nesnelere otomatik olarak stereotipik bir şekilde yanıt verebileceğini, kullanım davranışı sergilediklerini belirtmiştir (95).

Y¼r¼t¼c¼ işlevler hakkındaki mevcut d¼ř¼nce ¼zerinde ¼nemli bir tarihsel etki, 20. y¼zyılın ilk yarısında Vygotsky ve Luria'nın çalışmalarından gelmektedir. Davranışı kontrol etmede dilin ¼z-d¼zenleyici rol¼ ¼zerine yaptıkları araştırma, y¼r¼t¼c¼ işlevler için kural kullanımının (kendi kendini y¼neten konuşma) ¼nemi ¼zerine daha sonraki çalışmalar için bir temel sağlamıştır (96). Luria (1966) ayrıca beyin fonksiyonunun hiyerarşik yapısını da tanımlamıştır. Onun modelinde, PFC hiyerarşide en ¼st seviyededir, diğer beyin b¼lgeleri ¼zerinde yukarıdan aşağıya kontrol uygulamaktadır, ancak aynı zamanda bu diğer b¼lgelerden karşılıklı, çift y¼nl¼

bir şekilde etkilenmektedir. Sonraki araştırmalar Luria'nın hiyerarşık kavramsallaştırmasını desteklemiştir ve onu PFC içindeki hiyerarşık yapının bir karakterizasyonunu içerecek şekilde genişletmişlerdir. Birkaç tamamlayıcı açıklamaya göre, PFC bölgelerinin hiyerarşısındaki daha yüksek seviyeler daha soyut temsilleri, daha karmaşık kuralları veya her ikisini de içermektedir (94,97–100)

Yürütücü işlevler, bireyin çevresinden gelen uyarınları algılamasına, uyarlanabilir bir şekilde yanıt vermesine, esnek bir şekilde yn değiştirmesine, gelecekteki hedefleri tahmin etmesine, sonuçları düşünmesine ve bütün bu kapasiteleri kullanarak bütünleşik veya sağduyulu bir şekilde yanıt vermesine izin veren st bilişsel kapasitelerdir (101). Çeşitli şekillerde tanımlansa da, çoğu araştırmacı, yürütme süreçlerinin, beyin işlemenin genel hiyerarşısında denetleyici bir kapasitede hareket eden bir sistemin parçası olduğuna ve amaca yönelik davranış için gerekli becerileri kapsadığına inanmaktadır (94,102–104). Yürütücü işlevlerin rutin, iyi öğrenilmiş davranışların yürütülmesi için maksimum kullanımda olmadığını, daha çok önceden belirlenmiş rutinlerin olmadığı yeni, tanidik olmayan bağlamalarda özellikle çağrıldığını ne sürerek kavramı daha da hassaslaştırmıştır. Yani, yeni veya karmaşık durumlarla karşılaştığında, birey yeni stratejiler geliştirmeli ve bunların etkinliğini izlemelidir. Bu nedenle, yürütücü işlev bozuklukları, günlük yaşamdaki bir dizi sorunda kendini gösterebilmektedir. Uygunsuz sosyal davranışlar, karar verme ve iyi muhakeme gösterme ile ilgili sorunlar, planları tasarlama, takip etme ve değiştirme ile ilgili zorluklar, organizasyonla ilgili sorunlar, dikkat dağınlığı ve hafızanın çeşitli yönlerini içeren durumlardaki zorluklar meydana gelebilmektedir (38).

### **4.3 Eşleştirilmiş-İlişkili ğrenme**

Özel isimleri hatırlamak gibi epizodik bellek kullanımını gerektiren eşleştirilmiş-ilişkili öğrenme görevi, yaşlılar arasında en yaygın problemlerden biri olarak gösterilmektedir (10,105). Birçok alışma, eşleştirilmiş ilişkili öğrenme görevinin bellek bozukluğunun erken tespitinde faydalı olabileceğini öne sürmüştür (11,12,105). Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme görevinde, bir çiftin bir ögesi, diğer ögenin hatırlanması için kullanılır ve deneğin, eşleştirilmiş öğeler arasında bir ilişki kurma yeteneği değerlendirilir (106). Görevdeki her bir öğe farklı alanlardan gelebilirken, öğrenme sırasında alanlar arasında biçimlendirici bir ilişki kurulmaya çalışılmaktadır.

Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme görevi, genç ve yaşlı popülasyonun yanı sıra HBB ve AH olan hastalarda bellek performansını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (10,13,15,90,105,107,108).

Bellek kaybının ayırt edici özelliği olan yeni öğrenme eksikliği, gecikmiş hatırlama testleri veya eşleştirilmiş ilişkili öğrenme testleri ile kolayca gösterilebilmektedir. Sunulan bilginin miktarı, eşleştirilmiş ilişkili öğrenme testlerinde olduğu gibi, anlık bellekte tutulamayacak kadar büyükse, amnezik hastalar kısa süreli hatırlama testinde bile başarısız olurlar. Eşleştirilmiş-ilişkili öğrenmeyi test etmek için, katılımcılardan 8 çift alakasız kelimeyi öğrenmeleri istenir (örneğin, ordu-açık). Çalışma için sunulan kelime çiftlerinin sayısı, basitçe prova edilebilecek ve anlık bellekte tutulabilecek olandan daha fazla olmalıdır. Çiftlerin çalışma için sunulmasından sonra, her bir çiftin ilk kelimesi sunulmakta ve hastalar ikinci kelimeyi hatırlamaya davet edilmektedir. Amnezik hastalar bu görevi son derece zor bulmaktadır ve genellikle aynı kelime çiftlerinin birkaç kez tekrarlanmasından sonra bile bir veya ikiden fazla doğru yanıt vermedikleri bulunmuştur(72).

Eşleştirilmiş sözel kelimelerin kodlanması ve geri çağırılmasına özel olarak, çalışmalar hem kodlamada hem de geri almada parahipokampal bölgelerin, görsel entegrasyon alanlarının, iki taraflı PFC'nin ve singulat girusun katılımını bulmuştur (30,109,110).

Son yirmi yılda, eşleştirilmiş ilişkili öğrenme paradigması, epizodik bellek performansını değerlendirmek için en yaygın kullanılan paradigmalardan biri haline gelmiştir. Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme paradigması genellikle uyaranlar (örneğin yüzler ve isimler) arasındaki bir dizi ilişkiyi öğrendikten sonra nesnelerin hatırlanmasını içermektedir. Paradigmanın zorluğu ve yeniliğinin, madde-madde ilişkileri aracılığıyla kolayca manipüle edilebileceği göz önüne alındığında, hedeflenen klinik popülasyonların işlevsel seviyelerine uyarlanabilir. Ek olarak, paradigma karmaşık dil gereksinimlerini içermez ve hem sağlıklı katılımcılarda hem de belirgin bellek bozukluğu olan bireylerde epizodik bellek performanslarını incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (111).

#### 4.4. Öğrenme ve Yürütücü Fonksiyonların İlişkileri

İnsan beyninin uyarınları öğrenme ve tanıma biçimi, devam eden bir araştırma konusudur (33). Yürütücü işlevler ve bellek arasında bir ilişki daha önce önerilmiş olsa da, yalnızca sınırlı deneysel veriler mevcuttur. Genel olarak, öğrenme/kodlama güçlüklerinin, konfabulasyonun ve çalışma belleğindeki eksikliklerin, yürütücü ve ilişkili frontal sistem işlev bozukluğunun bazı unsurlarını içerdiği ileri sürülmektedir. Pek çok farklı nörolojik ve psikiyatrik durumun frontal sistemlerin bozulmasını içerdiği göz önüne alındığında yürütücü işlev bozukluğunun yaygın olarak kullanılan nöropsikolojik testler üzerindeki etkisi önemli bir konudur (112).

Olayların başarılı bir şekilde öğrenilmesi (epizodik kodlama), Posterior Medial korteks'deki aktivitenin azalmasıyla ilişkilendirilirken, olayların başarılı bir şekilde alınması (epizodik geri alma) aynı bölgede artan aktivite ile ilişkilendirilmiştir (113–115). Davranışsal kanıtlar, dikkat, yenilik ve duygusal uyarılma, gibi faktörlerin öğrenmeyi şekillendirdiğini göstermektedir aynı zamanda tümü bellek performansını modüle etmektedir (116).

Yürütücü işlev, akıcı akıl yürütme yeteneği, engelleme ve planlama dahil olmak üzere geniş bir üst düzey bilişsel yetenekler yelpazesini kapsamaktadır (117). Ek olarak, işleyen bellek ve diğer karmaşık dikkat görevleri de yürütücü işlevler olarak kabul edilmektedir (118). Yürütücü işlev genellikle bellek işlevinden bağımsız olarak kavramsallaştırılır. Bununla birlikte, araştırmalar yürütücü=inhibitör süreçlerin bellek işleyişinin yönlerine aracılık ettiğini göstermiştir (119). Ayrıca, bilginin konsolidasyonu zamansal yapılara bağlı olsa da, yürütücü işlevlerle ilişkili PFC'nin, kodlama ve geri alma süreçlerinin altında yatan kortikal substrat olduğuna inanılmaktadır ve PFC, hafıza hatırlama görevleri sırasında yüksek oranda aktivasyon göstermektedir. Ayrıca yürütücü işlevlerin demansın özelliği olan bellek ve işlevsel bozulma arasındaki geleneksel ilişkiye aracılık ettiğine dair kanıtlar vardır. Bu nedenle, bellek işleyişi ölçümlerine yönetici katkılarının daha tam olarak anlaşılması, bellek önlemlerinin klinik yorumlanmasına bilgi vermeye ve nöropsikolojik değerlendirmeye dayalı önerilerin ekolojik geçerliliğini geliştirmeye yardımcı olabilir (120).

#### 4.5. Öğrenme ve Sinirbilim

Öğrenmenin gerçekleşmesi ve hafıza oluşumu, sinaptik bağlantıların değiştirilmesine dayanmaktadır. Bu değişiklik veya plastisite, nöral popülasyonların koordineli aktivitesi zamanlarında daha olasıdır (121). Bu koordineli aktivite tipik olarak elektroensefalografi (EEG) kullanılarak kaydedilen verilerde gözlemlenebilmekte salınımların gücünü arttırabilmektedir. Teta bandında (3-8 Hz) artan salınımlar, bellek işleme sırasında güçlü bir şekilde rapor edilmiştir. Frontal orta hat teta salınımları ile uzamsal öğrenme, uzamsal gezinme, sözel ve uzamsal çalışma belleği ve öge tanımadaki bilişsel yük arasında gözlemlenen ilişkiler, teta salınımlarının bellek işlemede genelleştirilmiş bir rol oynadığını düşündürür (122–125).

Parietal korteks, bellek işlemeye çeşitli şekillerde katkıda bulunmaktadır (33). Fonksiyonel nörogörüntülemenin ilk günlerinden bu yana, araştırmacılar beynin anıları nasıl oluşturduğunu ve daha sonra bunlara nasıl eriştiğini keşfetmeye çalışmışlardır (126,127). Başarılı kodlamanın sinirsel bağıntıları, ilk çalışmanın veya sonraki geri alma görevinin bir işlevi olarak değişirken, başarılı geri almanın bağıntıları, kişinin belleğinin nasıl test edildiğinin bir işlevi olarak farklılık gösterir ve tipik olarak, kodlamada yer alan bölgelerden farklı bölgelerde görünmektedir (128,129).

Erken beyin görüntüleme çalışmaları medial, temporal ve frontal loblara odaklanmış olsa da, parietal korteks sürekli olarak insan hafızası işleme ile bağlantılı olmuştur (130,131). Kodlama ve geri alma ile ilgili meta-analizlerin her biri precuneus, orta singulat korteks ve posterior inferior parietal lob/dorsal angular gyrus ile ilişkilendirilmiştir. Üç bölge, öğrenme sırasında geri alma başarısı ile en tutarlı şekilde ilişkilendirilenler arasındadır (132–134). Ayrıca negatif müteakip bellek (nSM) etkileri de sergilerler. Özetle, bu üç bölge hem ilk kodlama hem de geri alma sırasında anımsatıcı işlemeyi yansıtmaktadır (135,136). Bellek literatürünün meta-analizleri, bu üç bölgenin bellek kodlama ve geri çağırmadaki katkısına işaret etmektedir ve “resting-state functional connectivity(rs-FC)” analizleri, bölgelerin işlevsel bir ağ oluşturduğunu göstermektedir (33). Öğrenme ilgili teta etkinliği, en tutarlı biçimde epizodik uzun süreli ve çalışma belleği ile ilgili olarak rapor edilmektedir (137).

Epizodik uzun süreli bellek, belirli bir öğrenme bağlamı ve kişisel deneyime bağlı bilgilerin depolandığı ve kontrol edildiği bir sistemi tanımlar (138). Bilginin epizodik uzun süreli belleğe kodlanması sırasında ve ayrıca epizodik bellekten bilginin alınması sırasında kortikal teta aktivitesinin arttığı bildirilmiştir (137,139–141).

#### **4.6. Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopisi**

Fonksiyonel yakın-kızılötesi spektroskopisi (fNIRS), kortikal kan akışını ölçen, gelişmekte olan, düşük maliyetli, noninvaziv bir nörogörüntüleme yöntemidir. Yöntem, kafa derisine yakın kızılötesi ışığı yansıtır ve beyindeki metabolik değişikliklerden kaynaklanan optik yoğunluk dalgalanmalarını kaydetmeye olanak sağlamaktadır (142).

Kafa derisine yerleştirilen fNIRS, kaynaktan dedektör problarına iletilen yakın kızılötesi ışıkları kullanarak ölçülebilen kanın içsel optik absorpsiyonuna dayanmaktadır. Absorbe edilen ışığın miktarına bağlı olarak, oksijenli ve oksijensiz hemoglobinin konsantrasyon değişiklikleri çıkarılabilmektedir (143). Kan hemoglobininin optik absorpsiyon özelliklerine dayanarak, fNIRS, kortikal aktivasyonun göstergeleri olan oksijenli hemoglobin (HbO) ve oksijensiz hemoglobindeki (HHb) konsantrasyon değişikliklerinin hesaplanmasını sağlamaktadır (144). fNIRS, ışığın kafa derisinin yalnızca birkaç santimetre altından geçebilmesi ve dolayısıyla kandaki oksijenlenme değişikliklerini yalnızca kortikal düzeyde ölçmesi bakımından uzaysal çözünürlükte sınırlamalara sahiptir. fMRI ile karşılaştırıldığında, fNIRS daha iyi zamansal çözünürlük sağlar, hareket artefaktlarına nispeten duyarsızdır, kullanıcı dostudur ve potansiyel olarak taşınabilmektedir (144).

fNIRS, çalışma belleği, yürütücü işlevler ve dikkat dahil olmak üzere farklı bilişsel paradigmaları araştırmak için tek başına veya diğer nörogörüntüleme teknolojileriyle birlikte çeşitli bilişsel sinirbilim çalışmalarında halihazırda kullanılmıştır. Son zamanlarda, fNIRS kayıtları ile davranışsal değerlendirmenin kombinasyonu, bilişsel performansların ve ilişkili beyin bağlantılarının araştırılmasında geniş ve verimli bir şekilde uygulanmıştır (145–149).



#### **4.7. Elektroensefalografi**

Taşınabilirlik, düşük maliyet ve yüksek zamansal çözünürlük avantajlarıyla övülen EEG, farklı beyin durumlarını ölçmek için kullanılabilen, invaziv olmayan bir beyin görüntüleme yöntemidir. Noninvazivlik, taşınabilirlik, düşük maliyet ve yüksek zamansal çözünürlük, EEG'yi en çok tercih edilen beyin görüntüleme yöntemi yapmaktadır. Tipik olarak birkaç mikrovolt düzeyinde bir genliğe sahip bir nöron popülasyonunun ortak elektriksel aktivitesini ölçmektedir (150).

EEG, neokortikal dinamik fonksiyonun büyük ölçekli, sağlam bir ölçüsünü sağlamaktadır. EEG analizi, yüksek zamansal çözünürlükle beyin nöronal aktivitesinin doğrudan ölçümü nedeniyle kafa derisi yüzeyindeki beynin elektrik alanının kapsamlı bir analizidir. Farklı beyin durumları ile ilişkili birkaç frekans bandından oluşmaktadır (22,151).

## **5. MATERYAL METOD**

### **5.1. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkinin fNIRS ve EEG ile araştırılmasıdır.

### **5.2. Çalışmanın Süresi ve Yapıldığı Yer**

Bu çalışma, Kasım 2021- Mayıs 2022 tarihleri arasında İstanbul Medipol MEGA Hastaneler Kompleksi fNIRS Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 18.03.2021 tarihinde E-10840098-772.02-1244 sayı no ile Etik Kurul onayı alındı.

### **5.3. Çalışmanın Katılımcıları**

Çalışmaya, gönüllü onam formunu imzalayarak çalışmaya katılmayı kabul eden ve dahil edilme kriterlerini sağlayan, İstanbul ilindeki 18-40 yaş arası 17 birey dahil edildi.

#### **5.3.1. Dahil edilme kriterleri**

- 18-45 yaş aralığında olmak ·
- Nörolojik ve fiziksel olarak sağlıklı olmak ·
- Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği'nden (MoCA) 21 ve üzeri puan almak

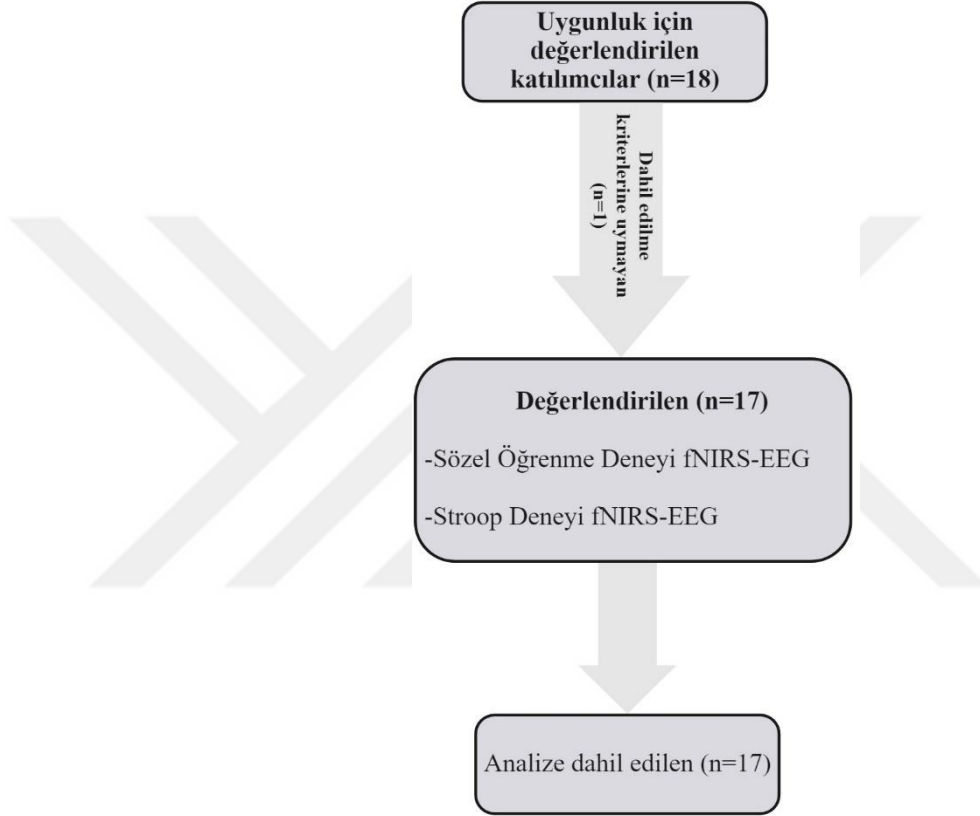
#### **5.3.2. Hariç tutulma kriterleri**

- Herhangi bir nörolojik bozukluk tanısı almış olmak ·
- Majör bir psikiyatrik/nörolojik hastalığının olması (şizofreni, ağır depresyon, bipolar bozukluk, demans, zekâ gerilikleri, yaygın gelişimsel bozukluklar, obsesif-kompulsif bozukluk, dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu, dürtü kontrol bozukluğu, tik bozuklukları, alkol ve/veya madde kullanım bozukluğu, multiple skleroz, kas hastalıkları, epilepsi, serebrovasküler hastalıklar, Parkinson hastalığı vb.) ·
- Renk görme eksikliği olmak ·

- Değerlendirmeye engel olacak nitelikte duyu kaybının olması,
- Değerlendirmeye engel olacak nitelikte ortopedik sorunlarının olması
- Alkol ve/veya madde bağımlılığının olması

#### 5.4. Çalışma Dizaynı

Çalışma akış diyagramı Şekil 5.4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4.1. Çalışma akış diyagramı

#### 5.4.1 Deney dizaynı

##### 5.4.1.1 Stroop deneyi

Stroop Deneyi Yürütücü fonksiyonları incelemek için bilgisayar ortamında E-prime yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Stroop deneyinde hemodinamik yanıtlar fNIRS ile elektrofizyolojik yanıtlar EEG ile kaydedilmiştir. Deney protokolünde Stroop enterferansı nötr ve uyumsuz durumlar kullanılarak izlenmiştir. Seçilen renkler

kırmızı, yeşil ve mavidir. Katılımcılardan iki satır halinde renk isimleri bulunan siyah zeminli ekranda, üstteki satırda yazan kelimeyi ihmal edip kelimenin yazıldığı rengi ikinci satırda siyah renkli yazılmış kelimeyle karşılaştırması istenmiştir. Eğer üstteki kelimenin rengi alttaki kelimenin kendisi ise klavyede 1'e, değilse 2'ye basması istenmiştir. Üstteki kelimenin rengi ve kelimenin kendisinin aynı olduğu uyarılar kullanılmamıştır. Bu sayede uyumsuz durumdaki beyin aktivasyonu izlenebilmiştir. Rastgele verilen 15 nötr ve 15 uyumsuz uyarandan oluşan paradigmada her uyarın ekranda 2 saniye görünüp kaybolacak ve uyarılar arasında 12 saniye boyunca boş ekranla ara verilmiş (baseline) beyin aktivasyonunun uyarın öncesindeki düzeyine inmesi sağlanmıştır.



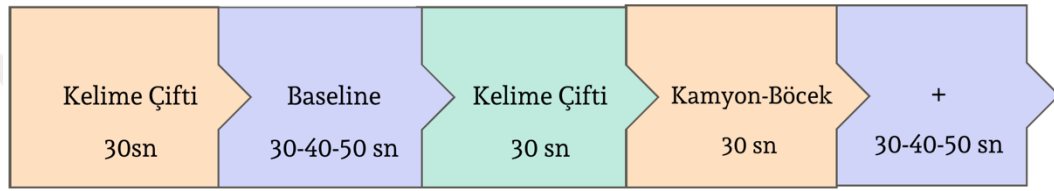
**Şekil 5.4.1.1.1.** Stroop deney dizaynı

#### **5.4.1.2. Eşleştirilmiş öğrenme deneyi**

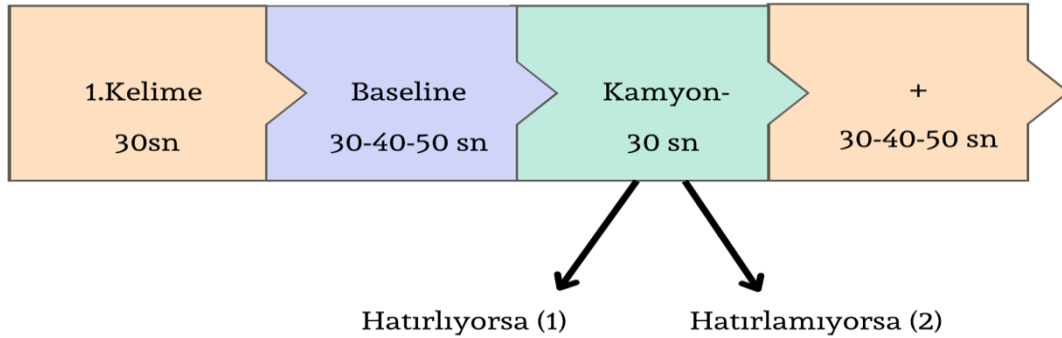
Bir epizodik bellek görevi olan kelime çifti görevi iki aşamayı, yani öğrenme ve hatırlamayı içeriyordu (152). Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme deneyi sırasında denekler, E-prime (2.0) programı kullanarak kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek bölümlerinden oluşan üç görevi iki ayrı oturum şeklinde tamamladılar. İlk oturumda program üzerinde hazırlanmış olan on iki ilişkisiz kelime çiftini kodladılar. Bu testte denekler, beş ayrı dönem boyunca on iki ilişkisiz (ör. kamyon ve böcek) kelimeyi gördü ve her biri 30-40-50 saniyelik "dinlenme" dönemleri izleyen "kodlama" bloklarını tamamladı. Kelime çiftlerinin sırası randomize olarak değişmiştir. Kodlama görevinin deney dizaynı Şekil 5.2.1.3.1'de gösterilmiştir.

Geri çağırma blokları sırasında, katılımcılar her bir kelime çiftinin, ilk kelimesini gördüler ve ikinci kelimeyi hatırlamaya çalıştılar. Deneklerden ikinci kelimeyi hatırlıyorlarsa 1'e basıp kelimeyi söylemeleri ve hatırlamıyorlarsa 2'ye basmaları istenmiştir. Geri çağırma bloklar her kodlama bloğundan hemen sonra yapıldı. Geri çağırma görevinin deney dizaynı Şekil 5.2.1.3.2'de gösterilmiştir.

İkinci oturum otuz dakika sonra gerçekleştirilmiş ve kelime çiftlerinden ilki gösterilmiş ve ikinci kelimeyi hatırlaması istenmiştir. Kelime çiftler için Wechsler Bellek Ölçeği Sözel Çağırma Çifti kelimeleri kullanılmıştır.



Şekil 5.4.1.2.1. Eşleştirilmiş (sözel) öğrenme deneyi kodlama görevi deney dizaynı



Şekil 5.4.1.2.2. Eşleştirilmiş öğrenme deneyi geri çağırma ve uzun süreli bellek görevi deney dizaynı

## 5.4.2 Veri Toplama Araçları

Katılımcılar ilk olarak MoCA ile değerlendirilmiştir. Yürütücü fonksiyonları incelemek için bilgisayar ortamında E-prime yazılımı kullanılarak oluşturulan Stroop deneyi ve öğrenmeyi değerlendirmek için aynı yazılım üzerinde oluşturulmuş Eşleştirilmiş Öğrenme deneyi (sözel öğrenme deneyi) sırasında hemodinamik yanıtları fNIRS ve elektrofizyolojik yanıtları EEG ile kaydedilmiştir. Eş zamanlı olarak data

toplamaya imkanı veren EEG kepi (actiCAP 128, Brain Products GmbH, Germany) fNIRS ve EEG kayıtları almak için kullanılmıştır.

#### **5.4.2.1. Montreal bilişsel değerlendirme ölçeği**

Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği hafif bilişsel bozukluk için hızlı bir tarama testi olarak geliştirilmiştir. Türkiye için uyarlaması Hacettepe Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı tarafından yapılmıştır. Ölçekte değerlendirilen bilişsel işlevler dikkat ve konsantrasyon, yürütücü işlevler, bellek, lisan, görsel yapılandırma becerileri, soyut düşünce, hesaplama ve yönelimdir. Testin uygulaması yaklaşık 10 dakika sürer. Alınabilecek en yüksek puan 30 olup 21 ve üstü puanlar normal bilişsel durumu ifade eder (153).

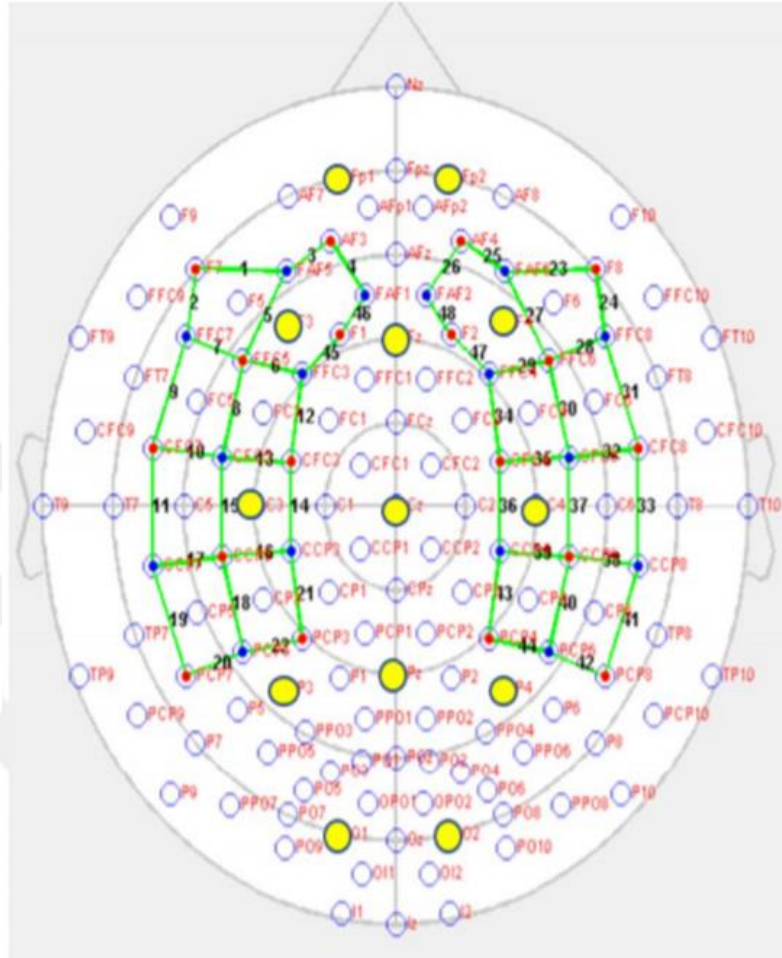
#### **5.4.2.2. Fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS) veri toplama**

fNIRS, taban çizgisine göre oksijenli (O<sub>2</sub>Hb) ve oksijensizleştirilmiş (HHb) hemoglobindeki değişiklikleri kaydetmekte, lokal O<sub>2</sub>Hb miktarı, hemodinamik birleştirme işlemiyle lokal beyin aktivasyon miktarını etkilemekte ve kortikal aktivasyon artışları O<sub>2</sub>Hb’de artışa ve HHb’de azalmaya neden olmaktadır. Optod montajı uluslararası 10-20 EEG sisteminin (Jasper, 1958) F3 (sol yarımküre) ve F4 (sağ yarımküre) üzerine yerleştirilmiş her bir dizinin ön sırasının en iç kanalıyla merkezlenmiş iki 3 × 3 optode dizisine sahiptir. Kaynak-dedektör mesafeleri maksimum 3 cm’de tutulmuştur. fNIRS sisteminde (Medical Technologies LLC, Berlin, Germany) 34 optod (18 kaynak 16 dedektör) ile toplamda 48 kanaldan data kaydedilmiştir. fNIRSS kayıtlarını almak ve kaynak ve dedektörlerden gelen sinyal kalitesini kontrol etmek için NIRStar yazılımı (NIRx Medizintechnik GmbH, Germany) kullanılmıştır.

fNIRS, son zamanlarda, hikayenin kodlanması ve geri çağırılması, epizodik kodlama ve geri alınması gibi belleğin çeşitli yönlerini araştırmak için kullanılmıştır (34,154,155). Bununla birlikte, bildiğimiz kadarıyla, eşleştirilmiş ilişkili öğrenme sırasında prefrontal kortekste beyin aktivasyonu, kelime çiftlerini kullanan sadece bir araştırma grubu tarafından araştırılmıştır (90).

fNIRS ölçümü için, ışık kaynağı olarak  $695 \pm 20$  ve  $830 \pm 20$  nm dalga boylarını uygulayarak sürekli dalga ETG-4000 Optik Topografi Sistemini (Hitachi

Medical Corporation, Tokyo, Japonya) kullandık. Birleşik fNIRS–EEG başlığı kullanılmıştır.



Şekil 5.4.2.2.1. fNIRS’de optodların yerleşimi

**Tablo 5.4.2.2.1. Kanalların karşılık geldiği optod konumları**

| Kanallar | Optodların konumu (Kaynak – Alıcı) | Broadmann Alanı | Kortikal Bölgeler   |  |
|----------|------------------------------------|-----------------|---|--|
| Kanal 1  | C6 – CP6                           | BA42 – BA40     | Transverse Temporal Girus   | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 2  | C6 – C4                            | BA42 – BA01     | Transverse Temporal Girus   | Primer Somatosensoriyel Korteks (Postcentral Girus)        |
| Kanal 3  | CP4 – CP6                          | BA40 – BA40     | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 4  | CP4 – C4                           | BA40 – BA1      | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Primer Somatosensoriyel Korteks (Postcentral Girus)        |
| Kanal 5  | CP4 – P4                           | BA40 – BA39     | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Inferior Parietal Lob (Angular gyrus)                      |
| Kanal 6  | P6 – CP6                           | BA39 – BA40     | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                             | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 7  | P6 – P4                            | BA39 – BA39     | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                             | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                      |
| Kanal 8  | P2 – P4                            | BA07 – BA39     | Superior Parietal Lob (Sekonder Assosiasyon Sensorimotor Korteks) | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                      |
| Kanal 9  | P2 - Pz                            | BA07 – BA23     | Superior Parietal Lob (Sekonder Assosiasyon Sensorimotor Korteks) | Posteromedial Korteks (Ventral Posterior Singulat Korteks) |
| Kanal 10 | P1 – Pz                            | BA07 – BA23     | Superior Parietal Lob (Sekonder Assosiasyon Sensorimotor Korteks) | Posteromedial Korteks (Ventral Posterior Singulat Korteks) |
| Kanal 11 | P1 – P3                            | BA07 – BA39     | Superior Parietal Lob (Sekonder Assosiasyon Sensorimotor Korteks) | Inferior Parietal Lob (Angular gyrus)                      |
| Kanal 12 | P5 – P3                            | BA39 – BA39     | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                             | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                      |
| Kanal 13 | P5 – CP5                           | BA39 – BA40     | Inferior Parietal Lob (Angular Girus)                             | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 14 | CP3 – P3                           | BA40 – BA39     | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Inferior parietal lob (Angular gyrus)                      |
| Kanal 15 | CP3 – CP5                          | BA40 – BA40     | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 16 | CP3 – C3                           | BA40 – BA02     | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                       | Primer Somatosensoriyel Korteks (Postcentral Girus)        |
| Kanal 17 | C5 – CP5                           | BA41 – BA40     | Transverse Temporal Girus   | Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)                |
| Kanal 18 | C5 – C3                            | BA41 – BA02     | Transverse Temporal Girus   | Primer Somatosensoriyel Korteks (Postcentral Girus)        |



### 5.4.2.3. EEG veri toplama

EEG, zaman içinde çizilen iki farklı beyin konumu arasındaki voltaj farkının grafik bir temsilidir. Beyin nöronları tarafından üretilen kafa derisi EEG sinyali, elektrik kaynağı ile kafa derisi üzerindeki kayıt elektrotu arasındaki dokuların elektriksel iletken özellikleri, elektrotun kendisinin iletken özellikleri ve ayrıca kortikal jeneratörün kayıt elektrotuna yönelimi tarafından değiştirilmektedir (156).

EEG elektrodu olarak aktif elektrot kullanılmıştır (actiCap Active Electrodes, Brain Products, Germany). EEG Kep yerleşimi uluslararası 10/20 sistemine göre yapılmıştır. EEG kanalları Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, TP7, TP8, T7, T8, O1 ve O2 şeklindedir. Toprak ve referans elektrotları kulağa yerleştirilmiştir. Göz hareketlerini kaydedebilmek için tüm deneklerde sağ göz dikey EOGV ve sol göz yatay EOGH elektrotları kullanılmıştır. Toprak ve referans elektrotlarının dirençleri  $5k\Omega$ , yüzey elektrotlarının direnci ise  $10k\Omega$  altında olacak şekilde çekime hazır hale getirilmiştir.

Elektrot empedansları  $<50k\Omega$ 'a getirildi ve elektrotlar arası empedanslar  $20k\Omega$  içindeydi; cilt empedansları (toprak ve referans)  $10k\Omega$ 'un altında tutulmuştur. Tüm EEG sinyalleri, sağ mastoid (veya sağ kulak memesi) kullanılarak referans olarak kaydedilmiştir. EEG sinyalleri, tüm elektriksel olarak sağlam elektrotlardan kaydedilen ortalama EEG sinyaline dijital olarak yeniden referanslandı. Yeniden referanslandırmaya yalnızca düşük empedanslı ( $<50k\Omega$ ) ve elektriksel olarak sağlam elektrotlardan kaydedilen sinyaller dahil edilmiştir.

EEG kaydı sırasında, deneklere sessiz kalmaları ve tüm vücut ve göz hareketlerini (özellikle göz kırpması) en aza indirmeleri talimatı verilmiştir. Tüm çalışma boyunca, bir deneyci, oturumu test odasının arkasından sessizce izlemiştir. Odadaki aydınlatma her zaman sabit bir seviyede tutulmuştur.

## **5.5. Verilerin Analizi**

### **5.5.1. Güç Analizi**

Sonuç ölçümlerinden Montreal Bilişsel Değerlendirme (MoCA) Ölçeği skorunun küçük algılanabilir fark (Smallest Detectable Difference, SDD) 0.5, minimal klinik anlamlı değişimi (Minimal Clinically Important Difference, MCID) 3 göz önüne alınarak %95 güven aralığında, 20000 popülasyon düşünülerek örneklem büyüklüğü “Raosoft Sample Size Calculator” ile hesaplanmış hesaplamada “<http://www.raosoft.com/samplesize.html>” sitesi kullanılmıştır. Alınması gereken olgu sayısı minimum 15 kişi, maksimum 37 kişi olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda gönüllü onam formunu imzalayarak çalışmaya katılmayı kabul eden ve dahil edilme kriterine uyan 17 birey çalışmaya dahil edilecektir.

### **5.5.2. fNIRS verilerinin analizi**

Katılımcılardan elde ettiğimiz verileri MATLAB tabanlı bir grafik kullanıcı arayüzü programı olan HOMER-2’de analiz edilmiştir. Hareket artefaktları ve gürültüyü temizlemek için düşük kesme 0 Hz ve yüksek kesme değeri 0.5 Hz arasında band pass filtre uygulanmıştır. Ham veriler, “nPruneChannels” kullanılarak 80 dB ile 130 dB arasındaki sinyallere sahip kanalları içerecek şekilde budanmıştır (kanalları sinyal-gürültü oranına göre budayan fonksiyon). Daha sonra, bu veriler hmrIntensity2OD işlevi kullanılarak optik yoğunluk birimlerine dönüştürülmüştür. Hareket artefaktları, “motion artifact correction” ve “motion correct wavelet” işlemleri kullanılarak yapılmıştır. AMP eşik değeri 5 olarak belirlenmiştir. Analizden geçirilen fNIRS verileri IBM SPSS Statistics 25.0 programı aracılığıyla istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur.

### **5.3.2. EEG verilerinin analizi**

EEG verileri Brain Vision Analyzer (Sürüm 2.0. Brain Products, Münih, Almanya) kullanılarak işlenmiştir. Gürültülerin temizlenmesi için düşük frekans bandı 0.01 Hz aşağısına ve büyük frekanslı gürültüleri çıkartmak için 50 Hz. Üzerinde bir filtre uygulanmıştır. Bağımsız bileşenler (IC’ler) elde etmek için, göz hareketleri belirlenmiş ve datadan temizlenmiştir. Frekans bantları şu şekilde tanımlanmıştır: delta (0,5–3,5 Hz), teta (4–7 Hz), alfa-1 (7,5–9,5 Hz). Data segmentlere ayrılmış ve

uyarının geldiği an sıfır noktası olarak belirlenmiştir. Göz kırpması, motor hareket gibi gürültülerden veri uyarandan önce ve sonra 1'er sn aralıklarla temizlenmiştir.

Dalgacık Dönüşümü analizi verilerin zaman frekans analizini yapmak için kullanılmıştır. Her katılımcı için ortalamalar alınmıştır. Birey analizlerinden sonra tüm katılımcıların uyarı tipine yönelik dalgacık dönüşümü ortalaması alınmıştır. Analizden geçirilen EEG verileri IBM SPSS Statistics 25.0 programı aracılığıyla istatistiksel analizlere tabi tutuldu.

### **5.3.3. İstatistiksel Analiz**

EEG ve fNIRS'den elde edilen verilerin analizi için SPSS (Statistical Package for Social Science) 25.0 versiyonu kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma ve yüzde cinsinden sunuldu. Değişkenlerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov Testi ile test edildi. Varyansların homojenliğine bakılmaksızın, tekrarlayan deney protokolünde zamana bağlı farklılıklar, farklı deneyler arasındaki zaman \* deney etkileşimleri ve Post-Hoc veriler İki Yönlü Tekrarlanan Ölçüm ANOVA ile analiz edildi. Anlamlılık değeri  $p < 0,05$  olarak kabul edildi.

## 6. BULGULAR

Yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkinin fNIRS ve EEG ile incelenmesini amaçladığımız çalışmamızda, dahil edilme kriterlerini sağlayan ve bilgilendirilmiş onam formunu imzalayan 20-40 yaş aralığında 17 birey dahil edildi.

### 6.1. Sosyodemografik Bilgiler

Katılımcıların sosyodemografik bilgileri Tablo 6.1.1'de gösterilmiştir. Katılımcıların 6'sı erkek, 11'i kadındı. Katılımcıların yaş ortalaması  $25\pm 3$ 'tü. Katılımcıların 8'i lisans, 7'si lisansüstü ve 2'si önlisans mezunuydu. Katılımcıların MOCA skorları ortalaması  $28.9\pm 1.75$ 'ti.

**Tablo 6.1. 1.** Katılımcıların sosyodemografik bilgileri

|                                |                   | (n=17)    |
|--------------------------------|-------------------|-----------|
| <b>Yaş (Ort±SS)</b>            |                   | 25±3      |
| <b>Cinsiyet (n / %)</b>        | <b>Kadın</b>      | 11        |
|                                | <b>Erkek</b>      | 6         |
| <b>El Tercihi (n / %)</b>      | <b>Sağ</b>        | 16        |
|                                | <b>Sol</b>        | 1         |
| <b>Eğitim Seviyesi (n / %)</b> | <b>Lisans</b>     | 8         |
|                                | <b>Lisansüstü</b> | 7         |
|                                | <b>Önlisans</b>   | 2         |
| <b>MOCA Skoru (Ort±SS)</b>     |                   | 28.9±1.75 |

(Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma, \*:  $p<0,05$ )

### 6.2. FNIRS Sonuçları

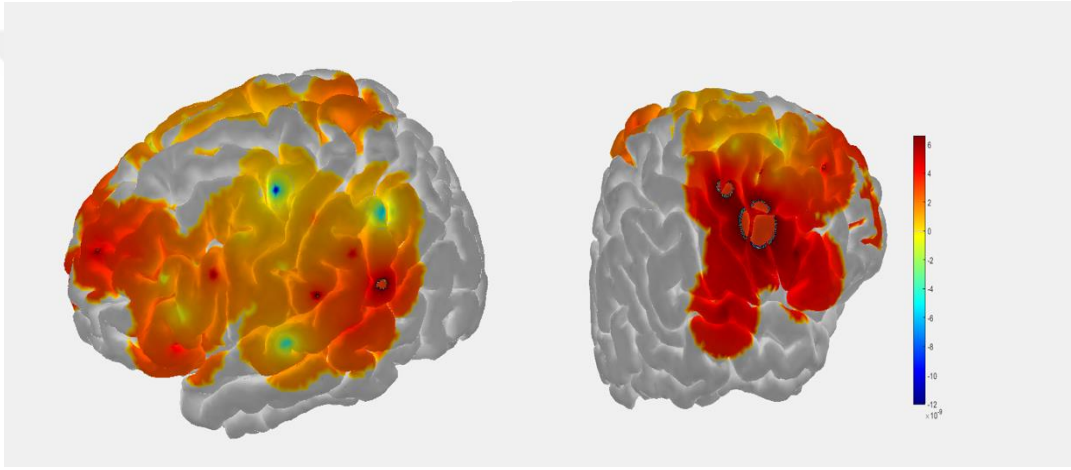
#### 6.2.1. Sözel öğrenme aşamaları sırasında beyinde ortaya çıkan oksihemoglobin konsantrasyonundaki değişiklikler

Katılımcıların kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri sırasındaki oksihemoglobin konsantrasyonları Tablo 6.2.1.1'de gösterilmiştir.

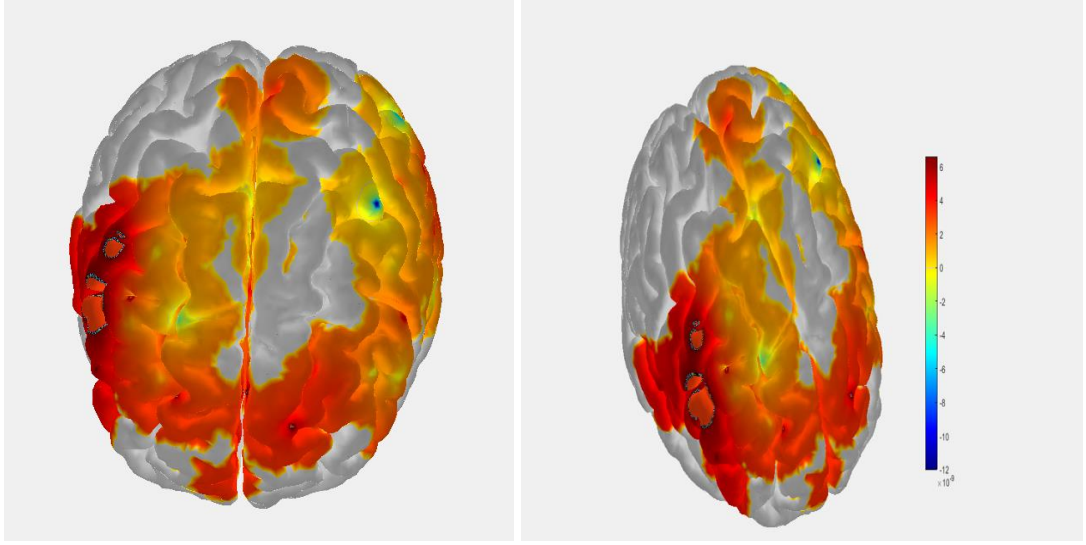
Kanal 5, 35, 36 ve 43'de sırasıyla en fazla oksihemoglobin konsantrasyonu kodlama görevi sırasında, sonra uzun süreli bellek ve geri çağırma sırasında ortaya çıktı.

Kanal 9,17 ve 28'de sırasıyla en fazla oksihemoglobin konsantrasyonu geri çağırma görevi sırasında, sonra kodlama ve uzun süreli bellek görevleri sırasında ortaya çıktı.

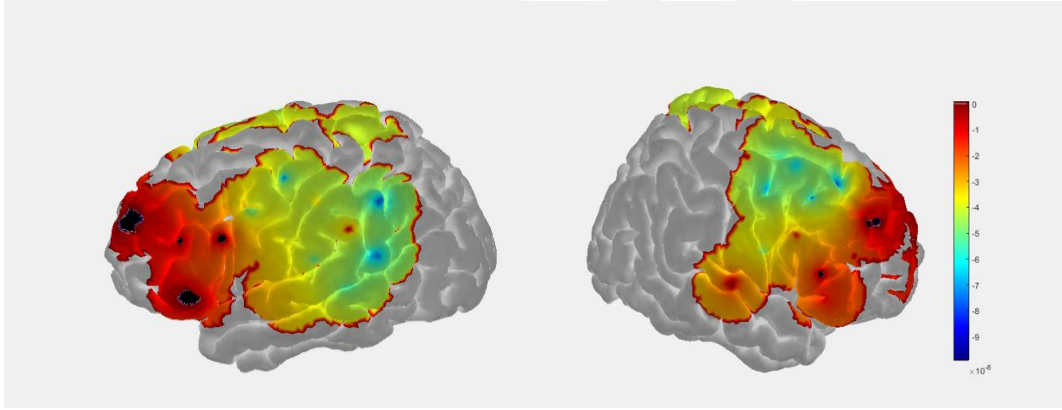
Kanal 21'de sırasıyla en fazla oksihemoglobin konsantrasyonu uzun süreli bellek görevi sırasında, sonra kodlama ve geri çağırma sırasında ortaya çıktı. Bu kanallara denk gelen bölgeler, Premotor/Presuplementer alan, Temporal girus, Wernicke Bölgesi, Broka alanı, Dorsolateral Prefrontal korteks'tir ( Şekil 6.3.1.1 ve Şekil 6.3.1.2).



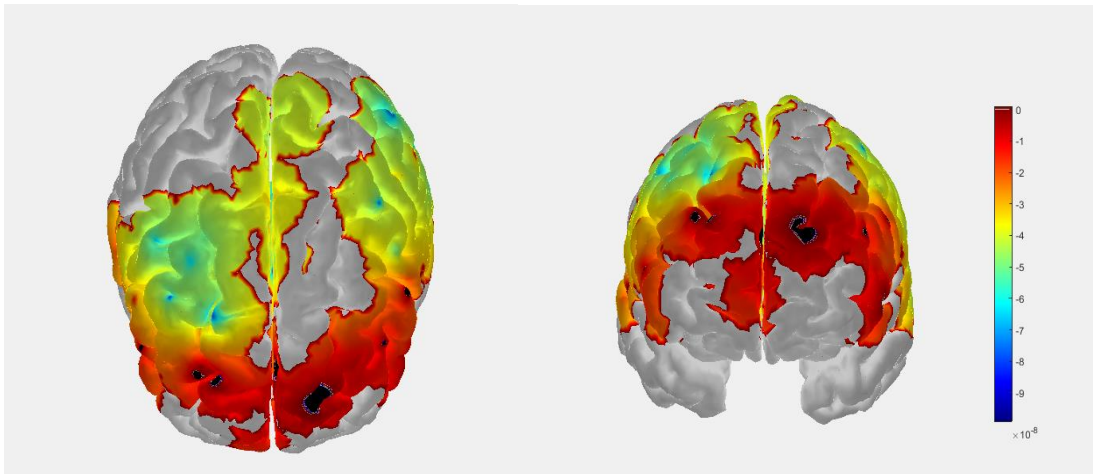
**Şekil 6.2.1.1.** Kodlama görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü



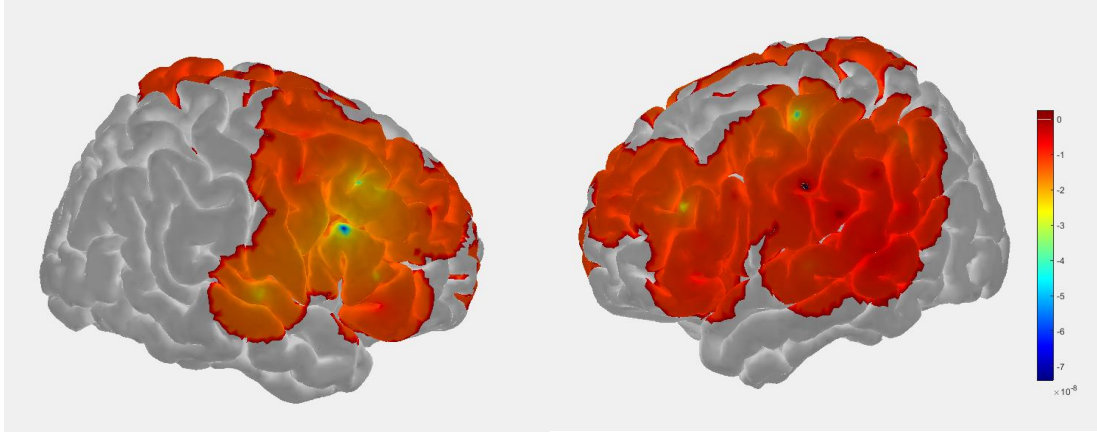
Şekil 6.2.1.2. Kodlama görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin önden ve üstten görüntüsü



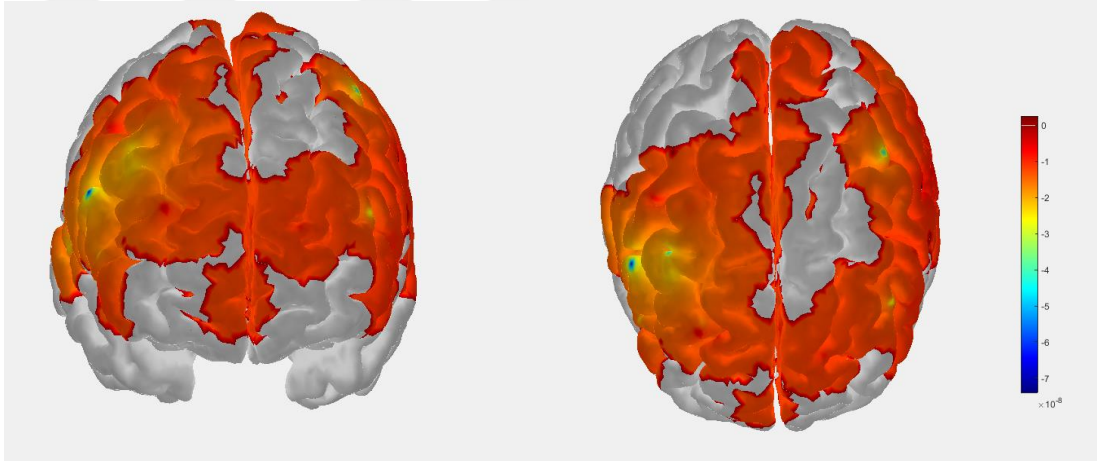
Şekil 6.2.1. 3. Geri çağırma görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü



**Şekil 6.2.1.4.** Geri çağırma görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin üstten ve önden görüntüsü



**Şekil 6.2.1.5.** Uzun süreli bellek görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin sağ ve sol hemisferde görüntüsü



**Şekil 6.2.1.6.** Uzun süreli bellek görevi sırasında ortaya çıkan ortalama oksihemoglobin konsantrasyon değişiminin üstten ve önden görüntüsü

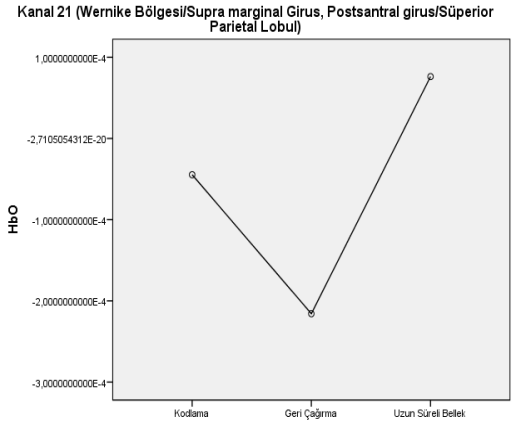
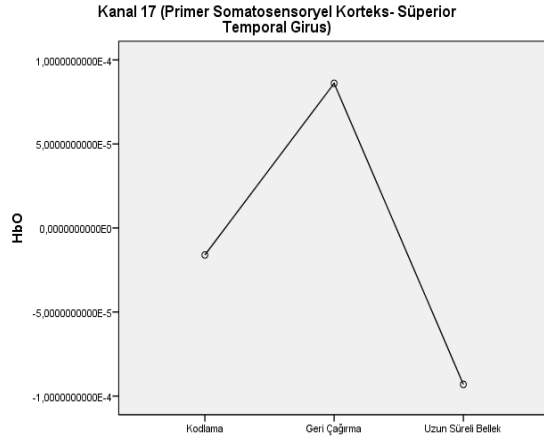
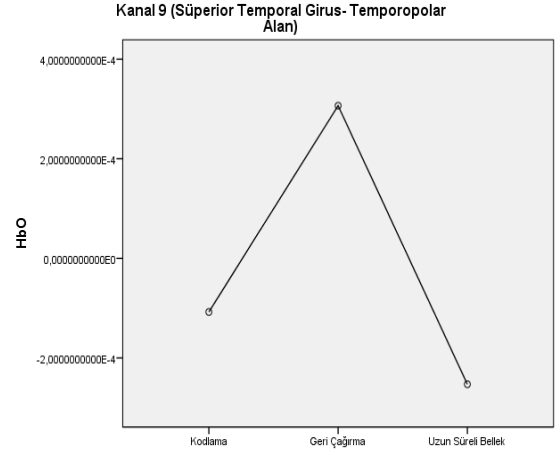
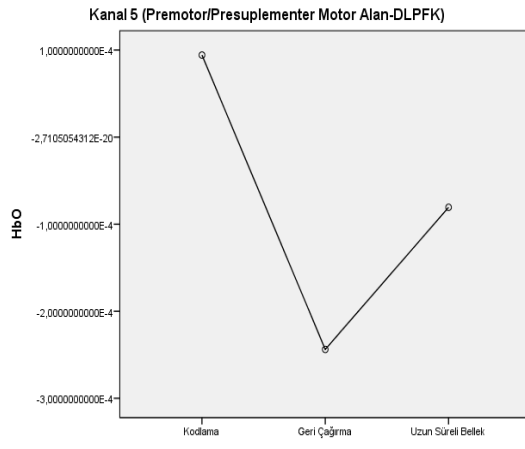
**Tablo 6.2.1.1.** Kanalların oksihemoglobin konsantrasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması

| KANALLAR | Kodlama   |          | Geri Çağırma |          | Uzun Süreli Bellek |          | Fark |                |              |
|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------------|----------|------|----------------|--------------|
|          | Ort.      | SS.      | Ort.         | SS.      | Ort.               | SS.      | F    | Etki Büyüklüğü | p            |
| Kanal 1  | 8,16E-05  | 3,43E-04 | -6,60E-05    | 2,43E-04 | -4,80E-05          | 2,40E-04 | 1,38 | 0,08           | 0,27         |
| Kanal 2  | -1,40E-05 | 4,65E-04 | 1,42E-04     | 4,82E-04 | -2,10E-04          | 5,56E-04 | 2,17 | 0,12           | 0,14         |
| Kanal 3  | -1,06E-04 | 3,58E-04 | -9,27E-05    | 4,38E-04 | 6,18E-06           | 5,21E-04 | 0,34 | 0,02           | 0,70         |
| Kanal 4  | 3,30E-05  | 3,29E-04 | -1,76E-04    | 2,50E-04 | -3,40E-05          | 2,26E-04 | 2,18 | 0,12           | 0,13         |
| Kanal 5  | 9,43E-05  | 4,34E-04 | -2,44E-04    | 3,56E-04 | -8,10E-05          | 3,71E-04 | 2,90 | 0,15           | <b>0,07*</b> |
| Kanal 6  | -4,40E-05 | 3,17E-04 | -1,74E-04    | 3,04E-04 | -1,58E-05          | 2,55E-04 | 1,27 | 0,07           | 0,29         |
| Kanal 7  | 5,16E-05  | 3,92E-04 | -1,28E-04    | 4,82E-04 | -8,50E-06          | 3,01E-04 | 0,73 | 0,04           | 0,48         |
| Kanal 8  | -1,91E-05 | 2,82E-04 | -5,49E-05    | 2,90E-04 | 8,65E-05           | 3,02E-04 | 0,90 | 0,05           | 0,41         |
| Kanal 9  | -1,08E-04 | 6,42E-04 | 3,07E-04     | 6,65E-04 | -2,53E-04          | 6,56E-04 | 3,43 | 0,18           | <b>0,05*</b> |
| Kanal 10 | -1,30E-04 | 3,46E-04 | -1,50E-05    | 2,22E-04 | -1,35E-04          | 3,66E-04 | 0,97 | 0,06           | 0,39         |
| Kanal 11 | -9,91E-05 | 3,66E-04 | -2,10E-05    | 1,88E-04 | -3,07E-04          | 5,61E-04 | 3,01 | 0,16           | 0,08         |
| Kanal 12 | -1,11E-04 | 4,31E-04 | -1,63E-04    | 5,51E-04 | -6,51E-05          | 3,52E-04 | 0,21 | 0,01           | 0,79         |
| Kanal 13 | 1,42E-04  | 4,54E-04 | -8,81E-05    | 2,33E-04 | 3,60E-06           | 3,07E-04 | 1,62 | 0,09           | 0,22         |
| Kanal 14 | 7,17E-05  | 4,47E-04 | -9,71E-05    | 3,11E-04 | 4,99E-05           | 2,91E-04 | 0,88 | 0,05           | 0,42         |
| Kanal 15 | 3,35E-05  | 2,89E-04 | -2,07E-05    | 2,54E-04 | -1,18E-05          | 2,28E-04 | 0,19 | 0,01           | 0,82         |
| Kanal 16 | 6,84E-05  | 3,39E-04 | -1,46E-04    | 3,40E-04 | 6,10E-06           | 2,01E-04 | 2,21 | 0,12           | 0,13         |
| Kanal 17 | -1,61E-05 | 2,95E-04 | 8,61E-05     | 2,15E-04 | -9,31E-05          | 1,86E-04 | 2,79 | 0,15           | <b>0,08*</b> |
| Kanal 18 | 1,02E-04  | 3,97E-04 | -8,06E-05    | 3,16E-04 | -1,83E-05          | 2,16E-04 | 1,36 | 0,08           | 0,27         |
| Kanal 19 | -2,21E-05 | 3,68E-04 | -1,42E-05    | 2,87E-04 | -8,48E-05          | 1,91E-04 | 0,31 | 0,02           | 0,66         |
| Kanal 20 | 7,31E-05  | 3,47E-04 | -7,21E-06    | 3,29E-04 | -6,98E-05          | 1,98E-04 | 0,85 | 0,05           | 0,43         |
| Kanal 21 | -4,47E-05 | 4,76E-04 | -2,16E-04    | 3,52E-04 | 7,61E-05           | 4,10E-04 | 3,06 | 0,16           | <b>0,06*</b> |
| Kanal 22 | -4,89E-06 | 3,02E-04 | -1,75E-05    | 3,07E-04 | -2,54E-05          | 2,62E-04 | 0,02 | 0,00           | 0,97         |
| Kanal 23 | 7,19E-05  | 7,76E-04 | 2,49E-05     | 3,25E-04 | -3,37E-04          | 1,07E-03 | 1,07 | 0,06           | 0,33         |
| Kanal 24 | -5,39E-05 | 4,28E-03 | -5,50E-05    | 2,63E-03 | -8,46E-04          | 4,38E-03 | 1,89 | 0,11           | 0,17         |
| Kanal 25 | 2,60E-06  | 3,51E-04 | -2,67E-04    | 4,81E-04 | -1,01E-04          | 2,79E-04 | 2,12 | 0,12           | 0,15         |
| Kanal 26 | 8,18E-05  | 2,25E-04 | -8,00E-05    | 2,91E-04 | -4,90E-05          | 1,64E-04 | 2,43 | 0,13           | 0,12         |

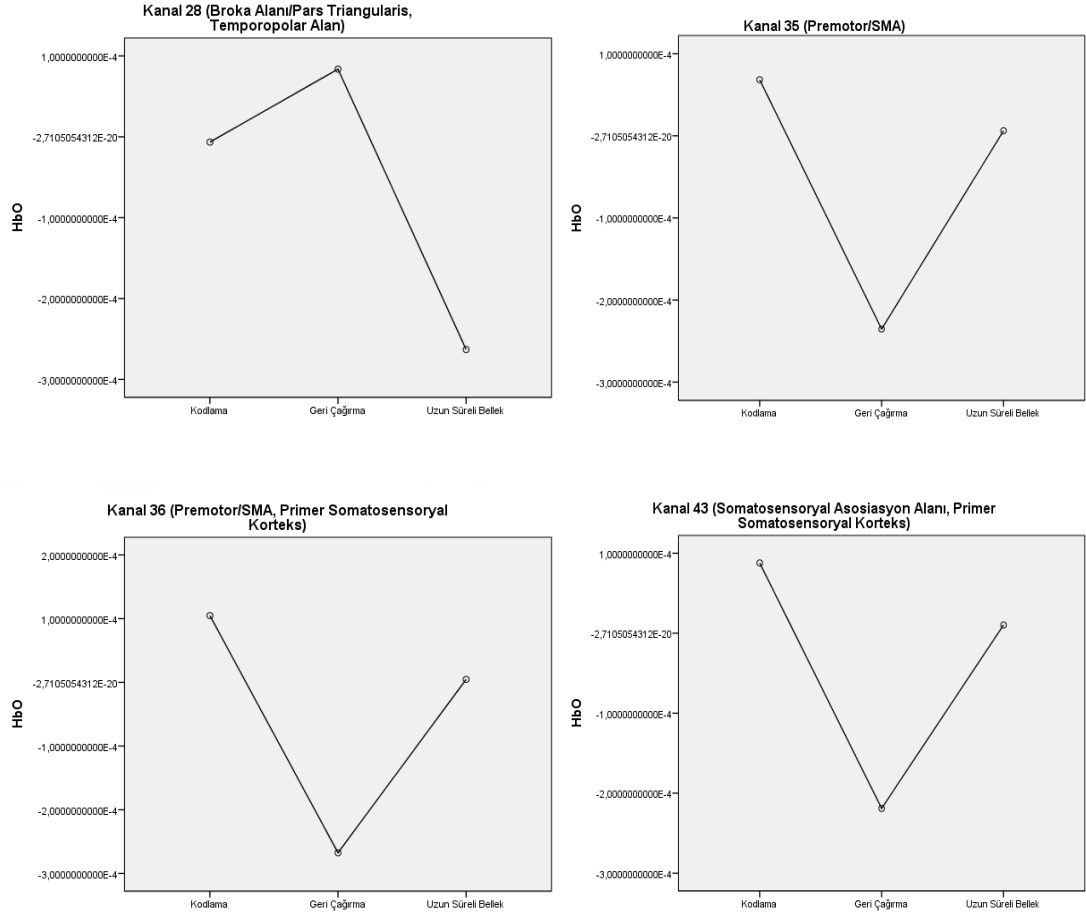


|                 |           |          |           |          |           |          |      |      |              |
|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|------|------|--------------|
| <b>Kanal 27</b> | -8,74E-05 | 4,28E-04 | -1,95E-04 | 2,96E-04 | -1,18E-04 | 2,71E-04 | 0,42 | 0,03 | 0,66         |
| <b>Kanal 28</b> | -6,49E-06 | 4,35E-04 | 8,37E-05  | 5,11E-04 | -2,63E-04 | 4,00E-04 | 3,06 | 0,16 | <b>0,06*</b> |
| <b>Kanal 29</b> | 9,62E-05  | 2,99E-04 | -8,30E-05 | 2,49E-04 | -2,42E-06 | 2,13E-04 | 2,21 | 0,12 | 0,13         |
| <b>Kanal 30</b> | 1,62E-04  | 4,74E-04 | -1,19E-04 | 2,77E-04 | -2,97E-05 | 3,03E-04 | 2,84 | 0,15 | 0,08         |
| <b>Kanal 31</b> | 4,30E-05  | 7,99E-04 | 1,53E-04  | 4,27E-04 | -1,16E-04 | 6,55E-04 | 0,82 | 0,05 | 0,41         |
| <b>Kanal 32</b> | 2,34E-05  | 4,69E-04 | 5,80E-05  | 3,67E-04 | -1,76E-04 | 3,56E-04 | 1,51 | 0,09 | 0,24         |
| <b>Kanal 33</b> | 3,73E-05  | 8,38E-04 | 1,62E-04  | 4,41E-04 | -1,68E-04 | 6,28E-04 | 1,55 | 0,09 | 0,23         |
| <b>Kanal 34</b> | 1,61E-05  | 4,64E-04 | -1,76E-04 | 4,03E-04 | 3,40E-05  | 3,02E-04 | 1,35 | 0,08 | 0,27         |
| <b>Kanal 35</b> | 6,84E-05  | 5,23E-04 | -2,35E-04 | 3,22E-04 | 6,20E-06  | 2,09E-04 | 3,03 | 0,16 | <b>0,07*</b> |
| <b>Kanal 36</b> | 1,05E-04  | 4,46E-04 | -2,68E-04 | 3,64E-04 | 4,67E-06  | 3,07E-04 | 4,87 | 0,23 | <b>0,02*</b> |
| <b>Kanal 37</b> | -8,94E-05 | 3,85E-04 | -3,12E-05 | 2,89E-04 | -9,00E-05 | 2,86E-04 | 0,20 | 0,01 | 0,79         |
| <b>Kanal 38</b> | -8,55E-05 | 3,66E-04 | 2,04E-05  | 2,99E-04 | -1,48E-04 | 3,36E-04 | 1,17 | 0,07 | 0,32         |
| <b>Kanal 39</b> | -4,60E-05 | 3,72E-04 | -1,43E-04 | 2,89E-04 | -8,06E-05 | 3,18E-04 | 0,47 | 0,03 | 0,61         |
| <b>Kanal 40</b> | -5,91E-05 | 3,73E-04 | 2,21E-05  | 3,26E-04 | -1,58E-04 | 2,67E-04 | 1,38 | 0,08 | 0,27         |
| <b>Kanal 41</b> | -8,05E-05 | 3,76E-04 | 4,69E-05  | 2,81E-04 | -2,11E-04 | 3,05E-04 | 2,63 | 0,14 | 0,10         |
| <b>Kanal 42</b> | -4,49E-05 | 3,10E-04 | 4,17E-06  | 2,62E-04 | -6,61E-05 | 1,97E-04 | 0,29 | 0,02 | 0,74         |
| <b>Kanal 43</b> | 8,78E-05  | 3,96E-04 | -2,19E-04 | 2,31E-04 | 1,03E-05  | 3,30E-04 | 4,54 | 0,22 | <b>0,02*</b> |
| <b>Kanal 44</b> | -2,75E-05 | 2,54E-04 | -8,20E-05 | 1,92E-04 | -7,85E-05 | 3,16E-04 | 0,27 | 0,02 | 0,75         |
| <b>Kanal 45</b> | 6,08E-05  | 5,13E-04 | -1,44E-04 | 3,38E-04 | 2,47E-05  | 4,25E-04 | 1,04 | 0,06 | 0,37         |
| <b>Kanal 46</b> | 9,61E-05  | 6,37E-04 | -2,83E-04 | 5,03E-04 | -4,26E-05 | 4,01E-04 | 2,01 | 0,11 | 0,15         |
| <b>Kanal 47</b> | 3,48E-05  | 4,39E-04 | -1,48E-04 | 2,71E-04 | 1,06E-04  | 3,92E-04 | 2,37 | 0,13 | 0,11         |
| <b>Kanal 48</b> | 6,44E-05  | 4,28E-04 | -2,07E-04 | 4,22E-04 | -8,58E-05 | 3,91E-04 | 1,82 | 0,10 | 0,18         |

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; \*: p<0.005



**Şekil 6.2.1.7.** Kanal 5, 9, 17 ve 21’de Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki oksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması



**Şekil 6.2.1.8.** Kanal 28, 35, 36 ve 43’de Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki oksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması

### **6.2.2. Sözel öğrenme aşamaları sırasında beyinde ortaya çıkan deoksihemoglobinin konsantrasyonundaki değişiklikler**

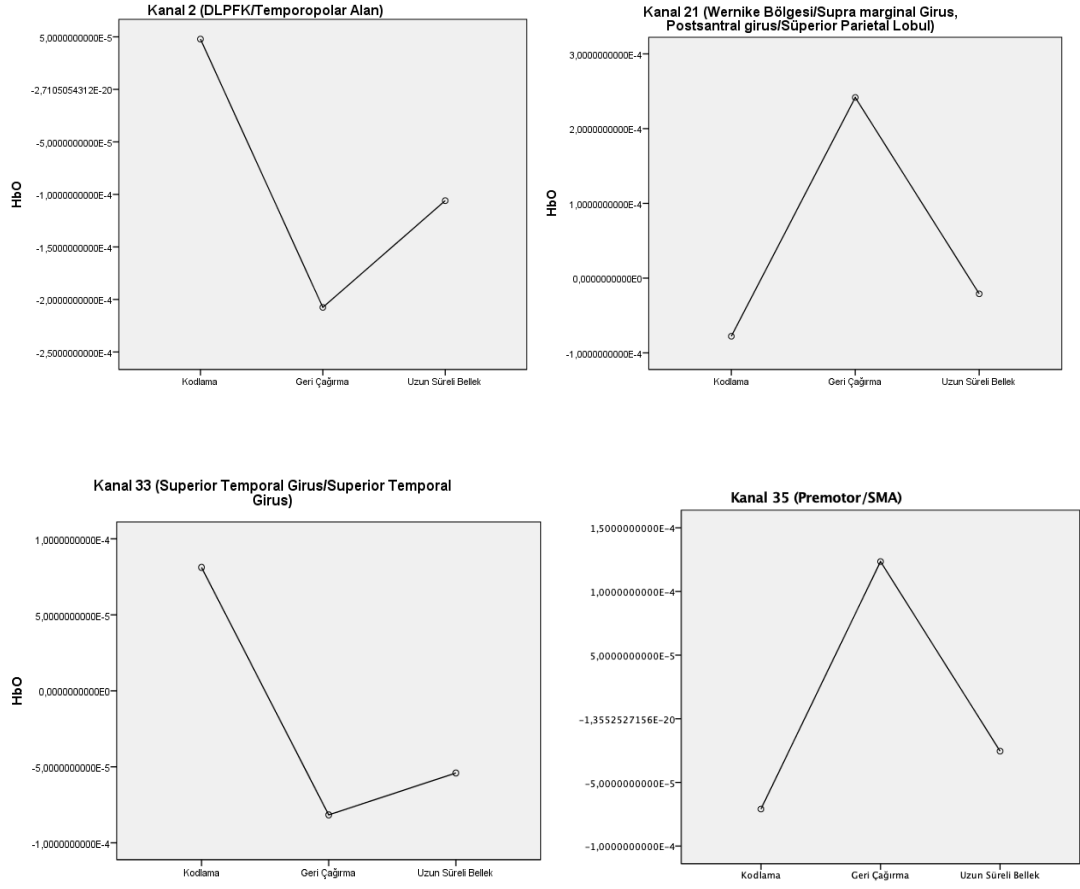
Katılımcıların (n=17) sözel öğrenme aşamaları öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması Tablo 6.2.2.1’de gösterilmiştir.

Kanal 2 ve 33’de sırasıyla en fazla deoksihemoglobinin konsantrasyonu kodlama görevi sırasında, sonra uzun süreli bellek ve geri çağırma sırasında ortaya çıktı. Kanal 21 ve 35’de sırasıyla en fazla deoksihemoglobinin konsantrasyonu geri çağırma görevi sırasında, sonra uzun süreli bellek ve kodlama görevleri sırasında ortaya çıktı. Bu kanallara denk gelen bölgeler, Dorsolateral Prefrontal korteks, Premotor/Presuplementer alan, Superior Temporal girus, Wernicke Bölgesi’dir (Şekil Şekil 6.2.2.1).

**Tablo 6.2.2.1.** Kanalların deoksihemoglobin (OHb) konsantrasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması

| KANALLAR | Kodlama   |           | Geri Çağırma |          | Uzun Süreli Bellek |          | Fark |                |              |
|----------|-----------|-----------|--------------|----------|--------------------|----------|------|----------------|--------------|
|          | Ort.      | SS.       | Ort.         | SS.      | Ort.               | SS.      | F    | Etki Büyüklüğü | p            |
| Kanal 1  | -5,97E-05 | 1,29E-04  | 2,39E-06     | 1,70E-04 | 3,73E-05           | 7,15E-05 | 2,21 | 0,12           | 0,14         |
| Kanal 2  | 4,79E-05  | 1,43E-04  | -2,08E-04    | 3,91E-04 | -1,06E-04          | 1,87E-04 | 4,29 | 0,21           | <b>0,04*</b> |
| Kanal 3  | 2,25E-05  | 1,85E-04  | 8,70E-05     | 1,29E-04 | 2,30E-05           | 8,76E-05 | 1,23 | 0,07           | 0,30         |
| Kanal 4  | -2,12E-05 | 1,05E-04  | 5,19E-05     | 1,24E-04 | 1,24E-04           | 8,04E-05 | 1,93 | 0,11           | 0,17         |
| Kanal 5  | -2,72E-06 | 1,93E-04  | 3,66E-05     | 2,11E-04 | 4,36E-05           | 1,08E-04 | 0,30 | 0,02           | 0,71         |
| Kanal 6  | 2,46E-05  | 1,55E-04  | 3,22E-05     | 1,61E-04 | 4,00E-06           | 1,05E-04 | 0,19 | 0,01           | 0,78         |
| Kanal 7  | 9,01E-06  | 1,37E-04  | 5,15E-05     | 1,64E-04 | 1,19E-05           | 1,60E-04 | 0,42 | 0,03           | 0,63         |
| Kanal 8  | 1,44E-05  | 1,94E-04  | 7,31E-05     | 1,86E-04 | -2,42E-05          | 1,10E-04 | 1,43 | 0,08           | 0,26         |
| Kanal 9  | -3,88E-05 | 3,29E-04  | -1,66E-04    | 4,54E-04 | -1,38E-04          | 3,79E-04 | 0,51 | 0,03           | 0,59         |
| Kanal 10 | 3,57E-05  | 1,54E-04  | -1,31E-06    | 1,86E-04 | -9,00E-06          | 1,33E-04 | 0,44 | 0,03           | 0,58         |
| Kanal 11 | 1,35E-05  | 2,52E-04  | 1,80E-05     | 1,90E-04 | -7,82E-05          | 1,44E-04 | 0,98 | 0,06           | 0,36         |
| Kanal 12 | -1,72E-06 | 2,74E-04  | 6,33E-05     | 3,56E-04 | 3,65E-05           | 2,05E-04 | 0,19 | 0,01           | 0,78         |
| Kanal 13 | -7,10E-05 | 3,38E-04  | 4,84E-06     | 2,34E-04 | 7,80E-05           | 2,94E-04 | 0,89 | 0,05           | 0,39         |
| Kanal 14 | -4,33E-05 | 1,49E-04  | 4,06E-05     | 1,71E-04 | 3,92E-05           | 1,00E-04 | 1,45 | 0,08           | 0,25         |
| Kanal 15 | 4,86E-05  | 1,20E-04  | 9,91E-06     | 1,47E-04 | 4,60E-05           | 8,16E-05 | 0,46 | 0,03           | 0,62         |
| Kanal 16 | -4,02E-05 | -4,02E-05 | 6,04E-05     | 1,63E-04 | 3,29E-05           | 1,18E-04 | 1,78 | 0,10           | 0,19         |
| Kanal 17 | 7,26E-06  | 1,43E-04  | -4,84E-05    | 1,22E-04 | 1,78E-05           | 7,96E-05 | 1,61 | 0,09           | 0,22         |
| Kanal 18 | -2,55E-05 | 1,91E-04  | 5,09E-05     | 1,68E-04 | 1,45E-05           | 1,27E-04 | 0,84 | 0,05           | 0,43         |
| Kanal 19 | -1,23E-05 | 1,11E-04  | 1,67E-05     | 1,04E-04 | -4,99E-06          | 7,01E-05 | 0,41 | 0,03           | 0,61         |
| Kanal 20 | -8,75E-06 | 1,27E-04  | -1,96E-06    | 1,62E-04 | 1,60E-05           | 9,35E-05 | 0,14 | 0,01           | 0,81         |
| Kanal 21 | -7,78E-05 | 3,05E-04  | 2,42E-04     | 6,79E-04 | -2,10E-05          | 3,96E-04 | 2,85 | 0,15           | <b>0,09*</b> |

|          |           |          |           |          |           |          |      |      |              |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|------|------|--------------|
| Kanal 22 | -1,50E-05 | 1,14E-04 | -1,05E-05 | 1,68E-04 | 1,12E-05  | 7,20E-05 | 0,19 | 0,01 | 0,74         |
| Kanal 23 | 8,30E-05  | 3,40E-04 | -1,38E-05 | 1,30E-04 | -1,23E-05 | 3,10E-04 | 0,60 | 0,04 | 0,48         |
| Kanal 24 | 2,32E-04  | 9,61E-04 | -5,09E-04 | 9,71E-04 | 2,29E-04  | 3,05E-03 | 0,87 | 0,05 | 0,40         |
| Kanal 25 | -9,73E-05 | 3,76E-04 | -5,51E-05 | 5,30E-04 | 1,43E-04  | 5,63E-04 | 0,81 | 0,05 | 0,38         |
| Kanal 26 | -1,83E-05 | 1,02E-04 | -5,46E-05 | 3,46E-04 | 3,47E-05  | 6,56E-05 | 0,75 | 0,04 | 0,41         |
| Kanal 27 | -1,25E-05 | 2,14E-04 | 6,03E-05  | 2,37E-04 | 8,58E-06  | 1,77E-04 | 0,47 | 0,03 | 0,61         |
| Kanal 28 | 3,19E-07  | 1,61E-04 | 3,19E-07  | 1,61E-04 | 1,04E-05  | 1,14E-04 | 2,61 | 0,14 | 0,10         |
| Kanal 29 | -1,27E-05 | 1,26E-04 | 2,54E-05  | 1,38E-04 | -1,53E-05 | 6,86E-05 | 0,85 | 0,05 | 0,42         |
| Kanal 30 | -2,30E-05 | 2,01E-04 | -2,63E-05 | 2,00E-04 | -6,02E-05 | 9,24E-05 | 0,24 | 0,02 | 0,76         |
| Kanal 31 | -6,47E-06 | 4,66E-04 | -1,67E-04 | 3,32E-04 | 1,97E-05  | 2,33E-04 | 1,28 | 0,07 | 0,29         |
| Kanal 32 | -5,67E-05 | 2,60E-04 | -9,37E-05 | 2,41E-04 | -5,00E-05 | 1,50E-04 | 0,25 | 0,02 | 0,75         |
| Kanal 33 | 8,12E-05  | 2,94E-04 | -8,16E-05 | 1,74E-04 | -5,41E-05 | 1,98E-04 | 2,79 | 0,15 | <b>0,09*</b> |
| Kanal 34 | -7,34E-05 | 2,17E-04 | 1,88E-05  | 4,39E-04 | -8,69E-05 | 2,95E-04 | 0,56 | 0,03 | 0,57         |
| Kanal 35 | -7,09E-05 | 2,21E-04 | 1,24E-04  | 1,80E-04 | -2,54E-05 | 1,52E-04 | 4,38 | 0,21 | <b>0,02*</b> |
| Kanal 36 | -1,17E-04 | 2,60E-04 | 1,10E-04  | 2,57E-04 | 5,36E-06  | 1,29E-04 | 4,55 | 0,22 | <b>0,03*</b> |
| Kanal 37 | 4,48E-05  | 1,85E-04 | -7,61E-05 | 1,48E-04 | -1,35E-05 | 1,00E-04 | 2,60 | 0,14 | 0,10         |
| Kanal 38 | 2,96E-05  | 1,44E-04 | 1,79E-06  | 2,25E-04 | -5,42E-05 | 1,09E-04 | 1,68 | 0,09 | 0,21         |
| Kanal 39 | 1,03E-04  | 2,49E-04 | 1,99E-05  | 1,75E-04 | 2,54E-05  | 1,58E-04 | 1,27 | 0,07 | 0,29         |
| Kanal 40 | 4,70E-05  | 1,67E-04 | -8,92E-05 | 1,38E-04 | -2,27E-05 | 1,42E-04 | 3,17 | 0,17 | 0,07         |
| Kanal 41 | 2,13E-05  | 1,94E-04 | 2,02E-05  | 2,24E-04 | -5,93E-05 | 1,20E-04 | 1,17 | 0,07 | 0,32         |
| Kanal 42 | 3,68E-05  | 9,24E-05 | -2,14E-05 | 1,15E-04 | -2,72E-05 | 1,58E-04 | 1,24 | 0,07 | 0,30         |
| Kanal 43 | -1,99E-05 | 1,81E-04 | 8,46E-05  | 2,45E-04 | -2,34E-05 | 1,26E-04 | 1,69 | 0,10 | 0,20         |
| Kanal 44 | -1,07E-05 | 1,15E-04 | 6,43E-06  | 1,21E-04 | -4,97E-05 | 1,13E-04 | 0,92 | 0,05 | 0,39         |
| Kanal 45 | -7,45E-06 | 1,78E-04 | 1,49E-05  | 1,17E-04 | 3,97E-05  | 9,56E-05 | 0,66 | 0,04 | 0,52         |
| Kanal 46 | -7,48E-05 | 2,61E-04 | 1,45E-04  | 1,98E-04 | 2,03E-05  | 1,98E-04 | 4,40 | 0,22 | 0,03         |
| Kanal 47 | -4,68E-05 | 1,37E-04 | -1,23E-05 | 1,28E-04 | -1,96E-05 | 8,14E-05 | 0,40 | 0,02 | 0,64         |
| Kanal 48 | 7,54E-06  | 2,02E-04 | 4,28E-05  | 1,52E-04 | -8,36E-06 | 8,81E-05 | 0,54 | 0,03 | 0,54         |

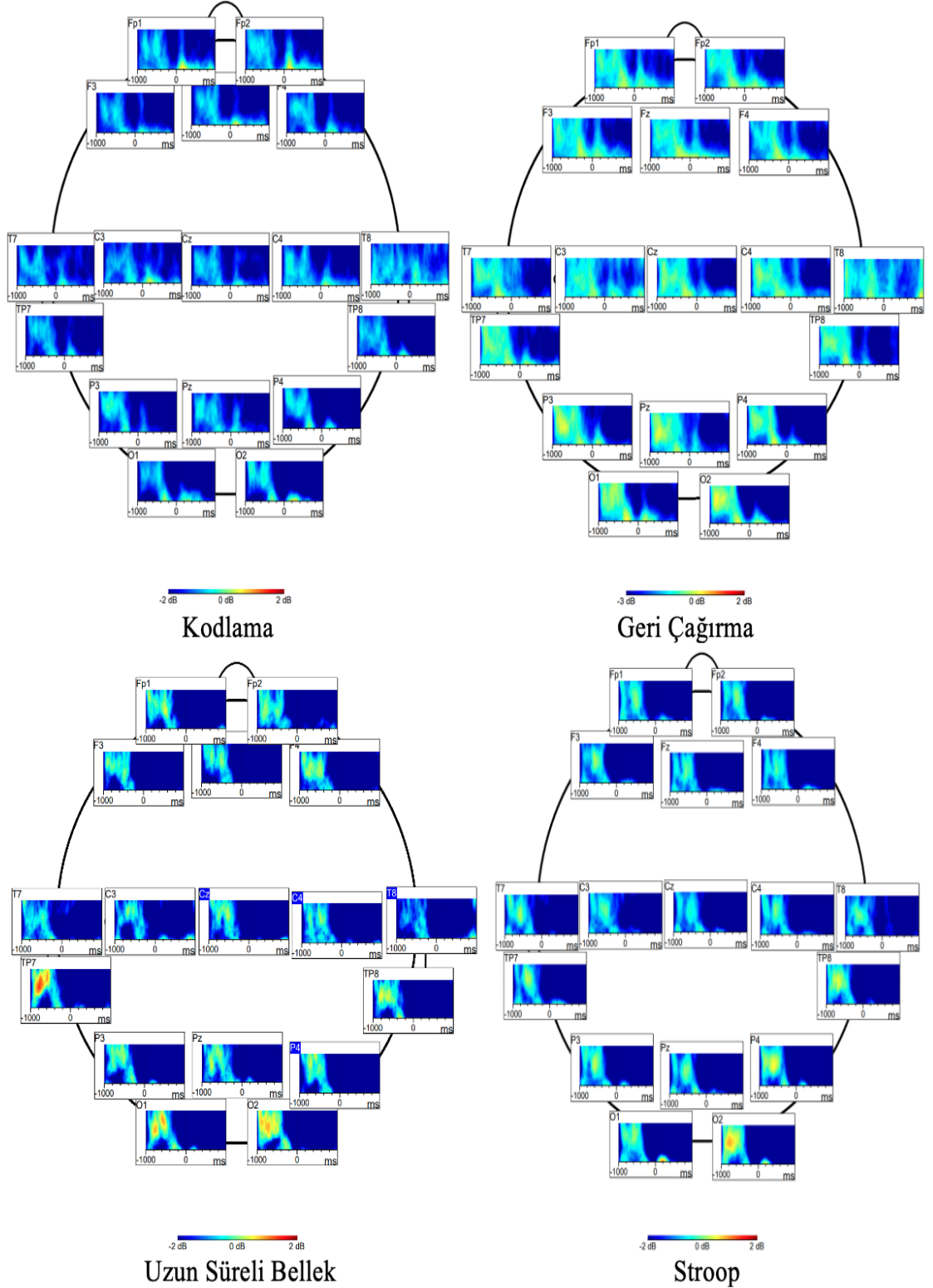


**Şekil 6.2.2.1.** Kanal 2, 21, 33 ve 35’de Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri arasındaki deoksihemoglobin konsantrasyonunun karşılaştırılması

### 6.3. EEG Sonuçları

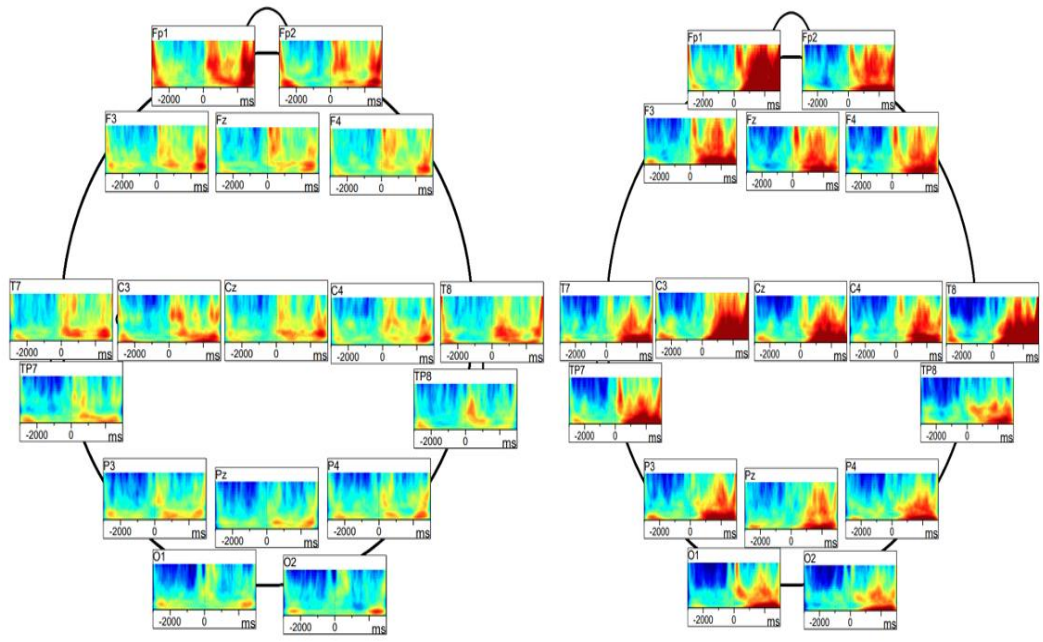
#### 6.3.1 Sözel öğrenme sırasındaki delta, teta ve alfa aktivasyonları

Sözel öğrenme deneyinde kodlama geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerindeki delta aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması Tablo 6.3.1.1’ de gösterilmiştir. Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerinin öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı delta aktivasyonu karşılaştırmalarında C3, C4, Cz, F3, O1, O2, P3, P4, TP7 ve TP8 bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p < 0,05$ ).



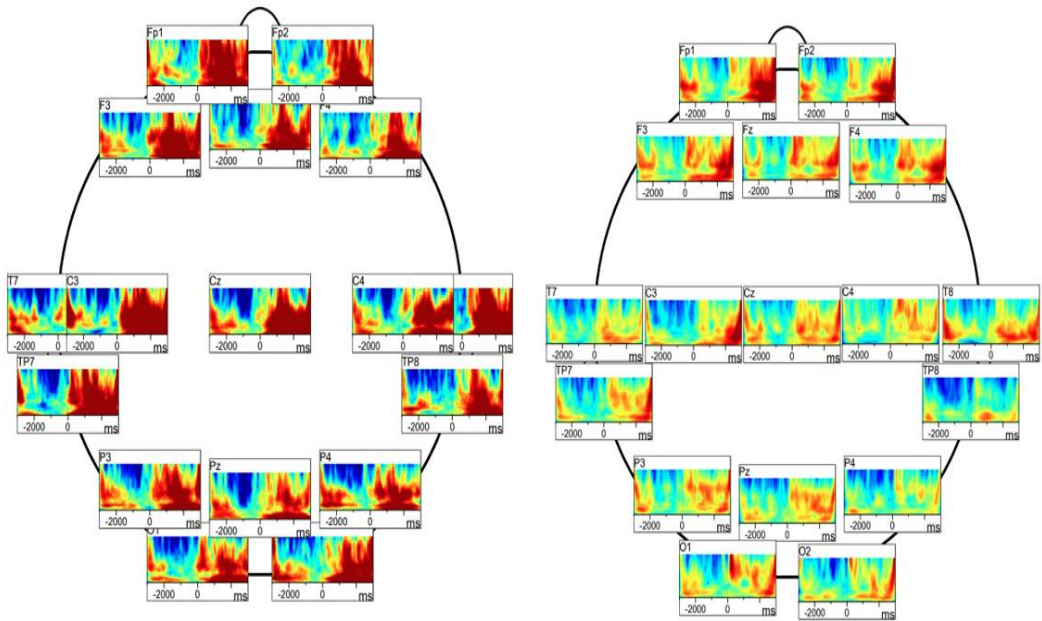
Şekil 6.3.1.1. Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında alfa aktivasyonları





Kodlama

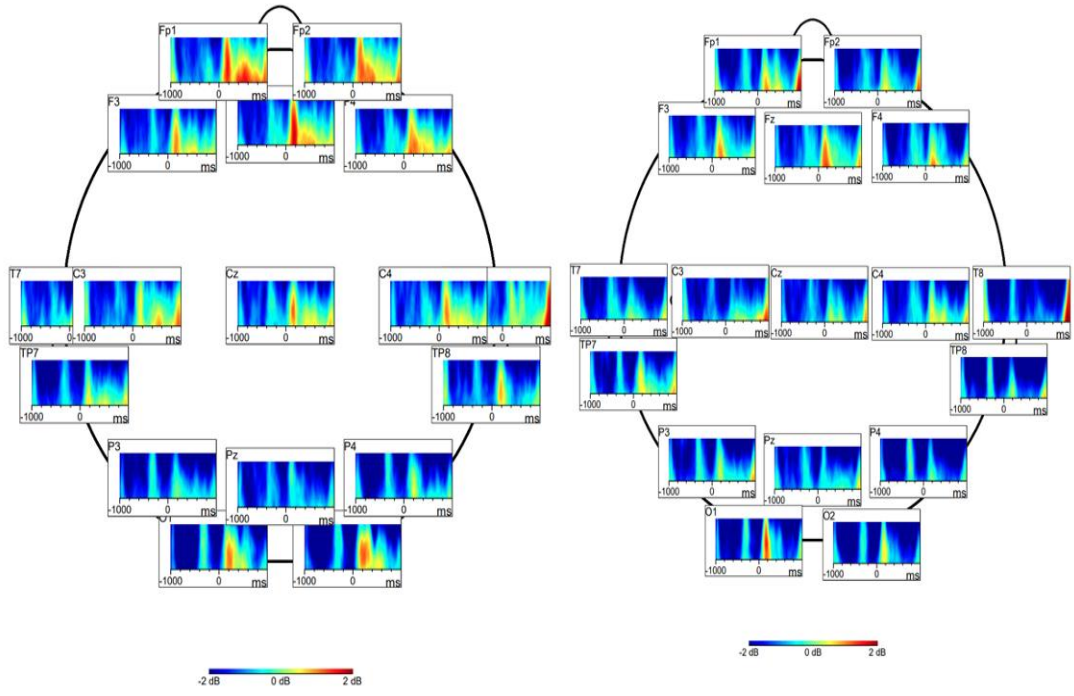
Geri Çağırma



Uzun Süreli Bellek

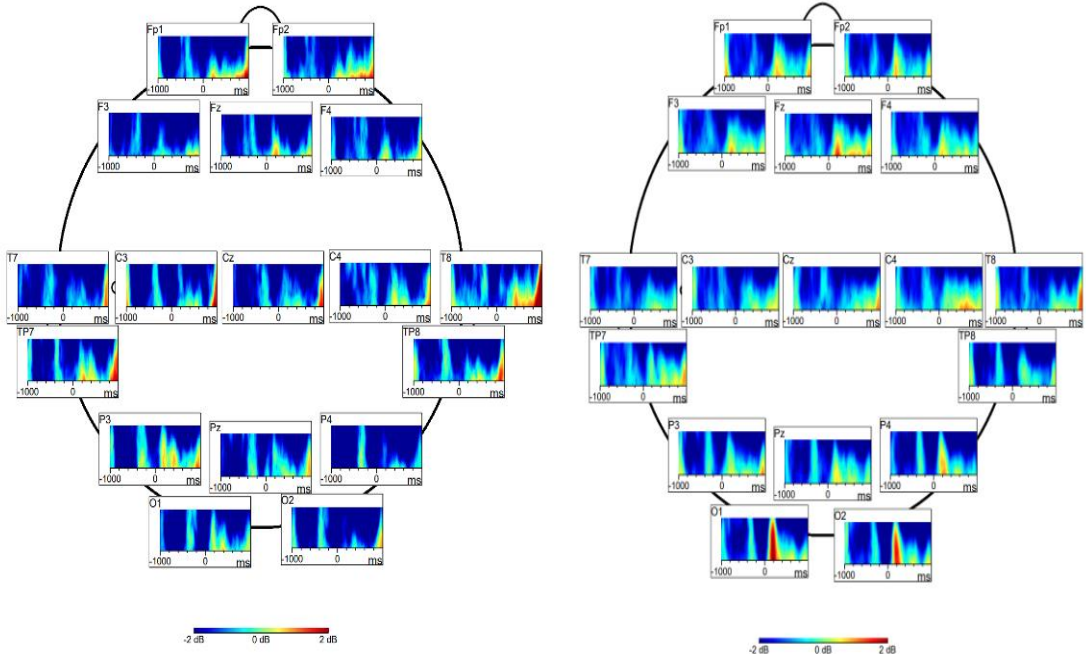
Stroop

Şekil 6.3.1.2. Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında delta aktivasyonları



Kodlama

Geri Çağırma



Uzun Süreli Bellek

Stroop

Şekil 6.3.1.3. Öğrenme deneyi ve yürütücü işlevler deneyleri sırasında teta aktivasyonları

Sözel öğrenme deneyinde kodlama geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerindeki delta aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması Tablo 6.3.1.1’de gösterilmiştir. Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerinde delta aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı teta aktivasyonu karşılaştırmalarında C3, C4, Cz, O1, O2, P3,P4, TP7 ve TP8 bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0,05$ )

**Tablo 6.3.1.1.** Kanalların delta aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması

| Kanallar   | Kodlama   |          | Geri Çağırma |          | Uzun Süreli Bellek |          | F     | Fark           |             |
|------------|-----------|----------|--------------|----------|--------------------|----------|-------|----------------|-------------|
|            | Ort.      | SS.      | Ort.         | SS.      | Ort.               | SS.      |       | Etki Büyüklüğü | p           |
| <b>C3</b>  | 3,67E-01  | 8,01E-01 | 8,58E-01     | 1,33E+00 | 1,50E+00           | 1,77E+00 | 3,384 | ,175           | <b>,049</b> |
| <b>C4</b>  | 9,95E-02  | 5,44E-01 | 2,84E-01     | 7,72E-01 | 9,26E-01           | 1,21E+00 | 4,036 | ,201           | <b>,035</b> |
| <b>Cz</b>  | 2,27E-01  | 4,46E-01 | 4,65E-01     | 1,15E+00 | 1,35E+00           | 1,33E+00 | 6,108 | ,276           | <b>,009</b> |
| <b>F3</b>  | 2,76E-01  | 5,93E-01 | 3,95E-01     | 9,40E-01 | 1,12E+00           | 1,05E+00 | 4,551 | ,221           | <b>,023</b> |
| <b>F4</b>  | 1,41E-01  | 4,76E-01 | 2,61E-01     | 1,04E+00 | 7,92E-01           | 1,04E+00 | 2,640 | ,142           | ,090        |
| <b>Fp1</b> | 7,00E-01  | 8,39E-01 | 8,62E-01     | 1,24E+00 | 1,29E+00           | 1,40E+00 | 1,330 | ,077           | ,279        |
| <b>Fp2</b> | 4,28E-01  | 6,17E-01 | 3,65E-01     | 9,35E-01 | 7,91E-01           | 1,44E+00 | ,949  | ,056           | ,393        |
| <b>Fz</b>  | 1,25E-01  | 5,20E-01 | 2,16E-01     | 8,50E-01 | 7,59E-01           | 1,12E+00 | 2,588 | ,139           | ,104        |
| <b>O1</b>  | -1,92E-01 | 4,93E-01 | 6,14E-02     | 9,58E-01 | 8,42E-01           | 1,24E+00 | 4,347 | ,214           | <b>,036</b> |
| <b>O2</b>  | -2,60E-01 | 6,71E-01 | -4,58E-02    | 8,42E-01 | 1,20E+00           | 1,68E+00 | 6,520 | ,290           | <b>,010</b> |
| <b>P3</b>  | 1,46E-02  | 5,54E-01 | 3,20E-01     | 7,70E-01 | 1,00E+00           | 1,33E+00 | 4,785 | ,230           | <b>,023</b> |
| <b>P4</b>  | 7,23E-02  | 7,61E-01 | 1,68E-01     | 7,16E-01 | 8,39E-01           | 1,08E+00 | 3,386 | ,175           | <b>,050</b> |
| <b>Pz</b>  | -1,04E-01 | 5,71E-01 | 1,65E-01     | 7,43E-01 | 7,13E-01           | 1,32E+00 | 2,966 | ,156           | ,081        |
| <b>T7</b>  | 2,02E-01  | 6,12E-01 | 1,89E-01     | 9,57E-01 | 8,84E-01           | 9,97E-01 | 3,142 | ,164           | ,062        |
| <b>T8</b>  | 4,04E-01  | 8,97E-01 | 8,00E-01     | 1,49E+00 | 1,40E+00           | 1,44E+00 | 2,176 | ,120           | ,133        |
| <b>TP7</b> | 4,25E-02  | 5,71E-01 | 3,56E-01     | 9,69E-01 | 1,24E+00           | 1,22E+00 | 8,481 | ,346           | <b>,001</b> |
| <b>TP8</b> | -5,44E-02 | 7,76E-01 | -5,86E-02    | 9,79E-01 | 7,75E-01           | 9,91E-01 | 4,128 | ,205           | <b>,027</b> |

Sözel öğrenme deneyinde kodlama geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerindeki teta aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırmaları Tablo 6.3.1.2’ de gösterilmiştir. Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri sırasındaki teta aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırmalarında C3, F3, F4, FP1, Fz, O2, P4 ve T7 bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0,05$ ).

**Tablo 6.3.1.2.** Kanalların teta aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması

| Kanallar   | Kodlama   |          | Geri Çağırma |          | Uzun Süreli Bellek |          | Fark  |                |             |
|------------|-----------|----------|--------------|----------|--------------------|----------|-------|----------------|-------------|
|            | Ort.      | SS.      | Ort.         | SS.      | Ort.               | SS.      | F     | Etki Büyüklüğü | p           |
| <b>C3</b>  | -6,90E-01 | 7,46E-01 | -1,07E+00    | 1,01E+00 | -1,60E+00          | 1,27E+00 | 4,126 | ,205           | <b>,030</b> |
| <b>C4</b>  | -5,93E-01 | 7,93E-01 | -9,83E-01    | 8,65E-01 | -1,38E+00          | 1,34E+00 | 2,401 | ,130           | ,116        |
| <b>Cz</b>  | -6,96E-01 | 6,70E-01 | -1,11E+00    | 1,01E+00 | -1,60E+00          | 1,40E+00 | 4,632 | ,225           | <b>,027</b> |
| <b>F3</b>  | -8,00E-01 | 7,21E-01 | -9,25E-01    | 9,69E-01 | -1,88E+00          | 1,07E+00 | 6,888 | ,301           | <b>,004</b> |
| <b>F4</b>  | -6,56E-01 | 8,04E-01 | -1,10E+00    | 8,00E-01 | -1,61E+00          | 1,07E+00 | 5,577 | ,258           | <b>,010</b> |
| <b>Fp1</b> | ,12E-01   | 8,34E-01 | -8,59E-01    | 1,02E+00 | -1,55E+00          | 8,24E-01 | 5,972 | ,272           | <b>,008</b> |
| <b>Fp2</b> | -4,98E-01 | 5,47E-01 | -1,13E+00    | 9,65E-01 | -1,28E+00          | 1,23E+00 | 3,178 | ,166           | ,073        |
| <b>Fz</b>  | -5,90E-01 | 6,91E-01 | -7,30E-01    | 8,94E-01 | -1,71E+00          | 1,08E+00 | 6,843 | ,300           | <b>,007</b> |
| <b>O1</b>  | -1,35E+00 | 1,25E+00 | -1,29E+00    | 1,17E+00 | -1,71E+00          | 1,77E+00 | ,854  | ,051           | ,407        |
| <b>O2</b>  | -1,29E+00 | 1,28E+00 | -1,57E+00    | 1,23E+00 | -2,09E+00          | 1,85E+00 | 4,074 | ,203           | <b>,042</b> |
| <b>P3</b>  | -1,33E+00 | 9,62E-01 | -1,24E+00    | 8,02E-01 | -1,34E+00          | 1,84E+00 | ,037  | ,002           | ,924        |
| <b>P4</b>  | -1,35E+00 | 1,09E+00 | -1,69E+00    | 8,86E-01 | -2,39E+00          | 1,51E+00 | 6,233 | ,280           | <b>,007</b> |
| <b>Pz</b>  | -1,21E+00 | 8,40E-01 | -1,21E+00    | 6,72E-01 | -1,52E+00          | 1,53E+00 | ,450  | ,027           | ,591        |
| <b>T7</b>  | -6,82E-01 | 8,68E-01 | -1,28E+00    | 8,96E-01 | -1,60E+00          | 1,01E+00 | 5,005 | ,238           | <b>,017</b> |
| <b>T8</b>  | -4,93E-01 | 7,16E-01 | -1,30E+00    | 1,07E+00 | -8,31E-01          | 1,69E+00 | 1,796 | ,101           | ,189        |
| <b>Tp7</b> | -1,17E+00 | 6,69E-01 | -1,07E+00    | 7,04E-01 | -1,34E+00          | 1,36E+00 | ,441  | ,027           | ,613        |
| <b>Tp8</b> | -1,08E+00 | 7,53E-01 | -1,59E+00    | 1,01E+00 | -1,47E+00          | 1,50E+00 | 1,736 | ,098           | ,198        |

Sözel öğrenme deneyinde kodlama geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerindeki alfa aktivasyonunun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırmaları Tablo 6.3.1.3’ de gösterilmiştir. Kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri sırasındaki alfa aktivasyonun öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırmalarında C3, C4, Cz, F3, Fz, P3, P4, T7 ve T8 bölgelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.1.3.** Kanalların alfa aktivasyonlarının öğrenme aşamaları arasındaki tekrarlı deneyde zamana bağımlı karşılaştırması

| Kanallar | Kodlama   |          | Geri Çağırma |          | Uzun Süreli Bellek |          | Fark Etki Büyüklüğü |      |      |
|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------------|----------|---------------------|------|------|
|          | Ort.      | SS.      | Ort.         | SS.      | Ort.               | SS.      | F                   |      | p    |
| C3       | -1,35E+00 | 8,09E-01 | -1,51E+00    | 6,73E-01 | -2,17E+00          | 1,29E+00 | 4,913               | ,235 | ,020 |
| C4       | -1,49E+00 | 5,53E-01 | -1,82E+00    | 7,96E-01 | -2,67E+00          | 1,63E+00 | 6,686               | ,295 | ,009 |
| Cz       | -1,52E+00 | 8,50E-01 | -1,90E+00    | 8,54E-01 | -2,81E+00          | 1,42E+00 | 9,605               | ,375 | ,002 |
| F3       | -1,68E+00 | 7,25E-01 | -1,76E+00    | 8,18E-01 | -2,68E+00          | 1,35E+00 | 9,688               | ,377 | ,002 |
| F4       | -1,67E+00 | 6,02E-01 | -1,92E+00    | 6,46E-01 | -2,36E+00          | 1,54E+00 | 2,545               | ,137 | ,111 |
| Fp1      | -1,37E+00 | 7,46E-01 | -1,71E+00    | 8,13E-01 | -2,42E+00          | 1,76E+00 | 3,740               | ,189 | ,057 |
| Fp2      | -1,31E+00 | 6,59E-01 | -1,93E+00    | 7,68E-01 | -2,15E+00          | 1,69E+00 | 3,228               | ,168 | ,080 |
| Fz       | -1,63E+00 | 5,79E-01 | -1,72E+00    | 6,77E-01 | -2,84E+00          | 1,43E+00 | 9,134               | ,363 | ,004 |
| O1       | -2,05E+00 | 9,28E-01 | -2,04E+00    | 9,70E-01 | -2,76E+00          | 2,10E+00 | 2,927               | ,155 | ,088 |
| O2       | -2,44E+00 | 9,23E-01 | -2,41E+00    | 1,40E+00 | -2,98E+00          | 2,09E+00 | 1,760               | ,099 | ,196 |
| P3       | -1,70E+00 | 8,88E-01 | -2,10E+00    | 1,01E+00 | -2,87E+00          | 1,61E+00 | 6,410               | ,286 | ,010 |
| P4       | -2,12E+00 | 6,92E-01 | -2,64E+00    | 1,06E+00 | -3,19E+00          | 1,50E+00 | 6,729               | ,296 | ,005 |
| Pz       | -1,55E+00 | 5,16E-01 | -1,92E+00    | 9,13E-01 | -2,42E+00          | 1,48E+00 | 3,691               | ,187 | ,051 |
| T7       | -1,44E+00 | 7,21E-01 | -1,89E+00    | 8,68E-01 | -2,33E+00          | 1,38E+00 | 4,182               | ,207 | ,028 |
| T8       | -1,01E+00 | 6,65E-01 | -1,45E+00    | 5,99E-01 | -2,13E+00          | 1,32E+00 | 5,641               | ,261 | ,019 |
| Tp7      | -1,71E+00 | 9,47E-01 | -1,89E+00    | 8,33E-01 | -2,19E+00          | 1,38E+00 | 1,411               | ,081 | ,259 |
| Tp8      | -1,87E+00 | 7,31E-01 | -2,18E+00    | 8,60E-01 | -2,63E+00          | 1,55E+00 | 3,419               | ,176 | ,065 |

### 6.3.2 Sözel öğrenme ve yürütücü işlevler arasındaki delta, teta ve alfa korelasyonları

Sözel öğrenme deneyinde kodlama görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki delta korelasyonları Tablo 6.3.2.1’de gösterildi. Kodlama görevi ve stroop görevi arasında frontal bölgede (Fz) istatistiksel olarak negatif yönde anlamlı ilişki bulundu ( $p < 0.05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde geri çağırma görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki delta yanıt korelasyonları Tablo 6.3.2.2’de gösterilmiştir. Geri çağırma görevi ve stroop arasında hiçbir bölgede istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmadı ( $p > 0.05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde uzun süreli bellek görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki delta korelasyonları Tablo 6.3.2.3’de

gösterilmiştir. Uzun süreli bellek ve stroop arasında delta aktivasyonunda oksipital bölgede (O1) istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki saptandı ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde kodlama görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki teta korelasyonları Tablo 6.3.2.4'de gösterilmiştir. Kodlama ve stroop arasında teta aktivasyonunda parietal (P3) ve temporal (T7) bölgede istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde geri çağırma görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki teta korelasyonları Tablo 6.3.2.5'de gösterilmiştir. Geri çağırma ve stroop arasında teta aktivasyonunda oksipital (O2) bölgede istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde uzun süreli bellek görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki teta korelasyonları Tablo 6.3.2.6'da gösterilmiştir. Uzun süreli bellek ve stroop arasında teta aktivasyonunda oksipital (O2, O3) bölgede istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki saptandı ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde kodlama görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki alfa korelasyonları Tablo 6.3.2.7'de gösterilmiştir. Kodlama ve stroop arasında alfa aktivasyonunda frontal (F3), frontoparietal (FP2), oksipital (O1) parietal (P4), temporal (T7) ve temporeparietal (TP8) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde geri çağırma görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki alfa korelasyonları Tablo 6.3.2.8'de gösterilmiştir. Geri çağırma ve stroop arasında alfa aktivasyonunda frontal (F3), oksipital (O1,O2) parietal (P3,P4,Pz), temporal (T7) ve temporeparietal (TP8) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki saptandı ( $p<0,05$ ).

Sözel öğrenme deneyinde uzun süreli bellek görevi ve yürütücü işlevler deneyindeki stroop görevi arasındaki alfa korelasyonları Tablo 6.3.2.9'da gösterilmiştir. Uzun süreli bellek ve stroop arasında alfa aktivasyonunda frontal (F3, F4), frontoparietal (FP1, FP2) oksipital (O1,O2) ve parietal (P3, P4, Pz) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu ( $p<0,05$ ).

**Tablo 6.3.2.1.** Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu

|                  |     | Yürütücü işlevler-Stroop |       |       |       |        |       |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
|------------------|-----|--------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                  |     | C3                       | C4    | Cz    | F3    | F4     | Fp1   | Fp2    | Fz    | O1     | O2    | P3    | P4    | Pz    | T7    | T8    | TP7   | TP8    |       |
| Öğrenme- Kodlama | C3  | r                        | ,143  | -,209 | -,120 | -,221  | -,149 | -,136  | -,189 | -,165  | ,091  | ,084  | -,191 | ,020  | -,060 | -,063 | ,181  | -,009  | ,057  |
|                  |     | p                        | ,583  | ,421  | ,646  | ,395   | ,567  | ,602   | ,468  | ,526   | ,729  | ,750  | ,464  | ,940  | ,820  | ,809  | ,487  | ,974   | ,828  |
|                  | C4  | r                        | ,298  | ,019  | ,048  | ,133   | ,200  | ,154   | ,136  | ,214   | ,115  | -,040 | ,060  | -,062 | ,105  | ,304  | -,047 | ,045   | -,191 |
|                  |     | p                        | ,246  | ,941  | ,855  | ,612   | ,442  | ,554   | ,602  | ,409   | ,662  | ,877  | ,820  | ,814  | ,688  | ,235  | ,857  | ,864   | ,463  |
|                  | Cz  | r                        | ,417  | ,158  | ,211  | ,310   | ,358  | ,438   | ,392  | ,370   | ,302  | ,083  | ,169  | ,039  | ,245  | ,288  | ,108  | ,245   | -,138 |
|                  |     | p                        | ,096  | ,544  | ,417  | ,226   | ,159  | ,078   | ,120  | ,144   | ,239  | ,753  | ,516  | ,882  | ,344  | ,262  | ,679  | ,344   | ,597  |
|                  | F3  | r                        | ,533* | ,127  | ,169  | ,359   | ,199  | ,477   | ,288  | ,315   | ,311  | ,066  | ,246  | -,078 | ,286  | ,102  | ,240  | ,417   | ,081  |
|                  |     | p                        | ,028  | ,626  | ,517  | ,157   | ,444  | ,053   | ,262  | ,218   | ,224  | ,802  | ,341  | ,766  | ,267  | ,698  | ,354  | ,096   | ,758  |
|                  | F4  | r                        | ,377  | ,109  | ,193  | ,085   | ,051  | ,032   | ,026  | ,034   | ,126  | ,144  | ,317  | ,191  | ,353  | ,235  | ,202  | ,424   | ,203  |
|                  |     | p                        | ,136  | ,676  | ,458  | ,745   | ,847  | ,903   | ,922  | ,896   | ,629  | ,581  | ,215  | ,463  | ,164  | ,364  | ,437  | ,090   | ,434  |
|                  | Fp1 | r                        | ,152  | -,059 | -,177 | ,202   | -,031 | ,290   | ,082  | ,085   | -,171 | -,309 | -,132 | -,441 | -,067 | -,300 | ,085  | ,157   | -,309 |
|                  |     | p                        | ,559  | ,823  | ,497  | ,438   | ,905  | ,259   | ,753  | ,746   | ,512  | ,228  | ,614  | ,076  | ,797  | ,241  | ,746  | ,548   | ,227  |
|                  | Fp2 | r                        | ,559* | ,403  | ,457  | ,443   | ,455  | ,378   | ,333  | ,395   | ,245  | ,303  | ,445  | ,270  | ,465  | ,284  | ,218  | ,623** | ,119  |
|                  |     | p                        | ,020  | ,108  | ,065  | ,075   | ,066  | ,135   | ,192  | ,117   | ,343  | ,237  | ,073  | ,295  | ,060  | ,269  | ,400  | ,008   | ,648  |
|                  | Fz  | r                        | ,471  | ,423  | ,316  | ,658** | ,487* | ,687** | ,569* | ,624** | ,081  | -,078 | ,326  | -,049 | ,459  | ,305  | ,276  | ,545*  | -,051 |
|                  |     | p                        | ,056  | ,090  | ,217  | ,004   | ,047  | ,002   | ,017  | ,007   | ,756  | ,766  | ,202  | ,852  | ,064  | ,235  | ,284  | ,024   | ,846  |
|                  | O1  | r                        | -,013 | -,179 | -,106 | -,240  | -,188 | -,166  | -,263 | -,134  | ,118  | ,196  | -,111 | ,259  | ,001  | ,040  | -,270 | -,183  | ,084  |
|                  |     | p                        | ,962  | ,492  | ,685  | ,353   | ,469  | ,524   | ,309  | ,608   | ,653  | ,451  | ,672  | ,315  | ,997  | ,880  | ,295  | ,482   | ,749  |
|                  | O2  | r                        | -,035 | -,122 | -,114 | -,204  | -,189 | -,147  | -,221 | -,054  | -,024 | ,072  | -,187 | ,326  | ,146  | ,127  | -,248 | -,054  | ,012  |
|                  |     | p                        | ,894  | ,642  | ,662  | ,432   | ,468  | ,573   | ,395  | ,837   | ,926  | ,785  | ,473  | ,202  | ,576  | ,627  | ,337  | ,838   | ,965  |
| P3               | r   | ,174                     | -,227 | -,223 | ,014  | -,135  | ,131  | -,083  | ,068  | -,026  | -,048 | -,265 | -,113 | -,007 | -,167 | -,084 | ,016  | -,138  |       |
|                  | p   | ,505                     | ,381  | ,389  | ,959  | ,606   | ,617  | ,753   | ,796  | ,921   | ,855  | ,305  | ,666  | ,979  | ,522  | ,748  | ,951  | ,598   |       |
| P4               | r   | ,029                     | -,256 | -,259 | -,233 | -,310  | -,098 | -,264  | -,120 | -,069  | -,029 | -,355 | ,108  | ,031  | -,082 | -,270 | -,025 | -,100  |       |
|                  | p   | ,911                     | ,321  | ,315  | ,369  | ,226   | ,708  | ,305   | ,646  | ,793   | ,913  | ,162  | ,680  | ,907  | ,754  | ,294  | ,925  | ,703   |       |
| Pz               | r   | ,107                     | ,111  | ,021  | ,092  | ,030   | ,152  | ,019   | ,154  | -,067  | ,004  | -,244 | ,233  | ,156  | ,129  | -,001 | ,066  | ,086   |       |
|                  | p   | ,683                     | ,671  | ,936  | ,724  | ,908   | ,560  | ,942   | ,556  | ,798   | ,988  | ,345  | ,369  | ,549  | ,622  | ,998  | ,800  | ,742   |       |
| T7               | r   | ,362                     | -,007 | ,131  | -,007 | -,017  | ,008  | -,009  | ,093  | ,117   | ,207  | -,001 | ,185  | ,263  | ,202  | -,165 | ,187  | ,054   |       |
|                  | p   | ,154                     | ,978  | ,616  | ,979  | ,949   | ,976  | ,974   | ,723  | ,654   | ,426  | ,996  | ,478  | ,308  | ,437  | ,526  | ,472  | ,836   |       |
| T8               | r   | -,096                    | -,163 | -,189 | -,358 | -,289  | -,217 | -,322  | -,284 | ,040   | -,009 | -,102 | ,327  | ,088  | ,062  | -,076 | ,023  | ,142   |       |
|                  | p   | ,714                     | ,532  | ,467  | ,158  | ,260   | ,403  | ,207   | ,269  | ,879   | ,972  | ,698  | ,200  | ,736  | ,812  | ,771  | ,930  | ,586   |       |
| TP7              | r   | ,436                     | -,086 | ,123  | -,029 | -,069  | -,010 | -,078  | -,019 | ,222   | ,224  | -,103 | ,076  | ,085  | -,087 | ,104  | ,258  | ,195   |       |
|                  | p   | ,080                     | ,742  | ,638  | ,913  | ,794   | ,969  | ,767   | ,942  | ,392   | ,386  | ,694  | ,773  | ,747  | ,741  | ,693  | ,317  | ,454   |       |
| TP8              | r   | -,173                    | -,250 | -,272 | -,328 | -,290  | -,160 | -,222  | -,155 | ,005   | ,052  | -,239 | ,277  | ,093  | -,035 | -,240 | -,057 | -,067  |       |
|                  | p   | ,506                     | ,332  | ,292  | ,199  | ,259   | ,541  | ,391   | ,553  | ,986   | ,842  | ,356  | ,282  | ,722  | ,893  | ,353  | ,829  | ,799   |       |

**Tablo 6.3.2.2.** Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu

|     |   | Yürütücü işlevler-Stroop |        |        |        |         |        |         |        |        |        |         |        |        |       |        |       |         |
|-----|---|--------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|
|     |   | C3                       | C4     | Cz     | F3     | F4      | Fp1    | Fp2     | Fz     | O1     | O2     | P3      | P4     | Pz     | T7    | T8     | TP7   | TP8     |
| C3  | r | -.112                    | .129   | -.120  | -.111  | .075    | -.407  | -.231   | .012   | -.595* | -.535* | -.701** | -.553* | -.450  | -.069 | -.302  | -.079 | -.505*  |
|     | p | .669                     | .621   | .648   | .672   | .774    | .105   | .373    | .965   | .012   | .027   | .002    | .021   | .070   | .793  | .239   | .763  | .039    |
| C4  | r | -.352                    | -.009  | -.236  | -.319  | -.219   | -.526* | -.219   | -.052  | -.382  | -.246  | -.599*  | -.443  | -.475  | -.052 | -.569* | -.176 | -.362   |
|     | p | .166                     | .972   | .363   | .212   | .398    | .030   | .399    | .843   | .130   | .342   | .011    | .075   | .054   | .842  | .017   | .498  | .154    |
| Cz  | r | -.187                    | .146   | -.006  | -.129  | -.133   | -.324  | -.163   | .068   | -.387  | -.226  | -.490*  | -.243  | -.225  | .120  | -.408  | .027  | -.337   |
|     | p | .473                     | .577   | .980   | .621   | .612    | .205   | .533    | .797   | .125   | .384   | .046    | .348   | .385   | .647  | .104   | .918  | .186    |
| F3  | r | -.159                    | .316   | .197   | .130   | .033    | -.224  | -.183   | .268   | -.406  | -.229  | -.459   | -.252  | -.312  | .140  | -.325  | -.028 | -.355   |
|     | p | .542                     | .217   | .449   | .620   | .900    | .387   | .483    | .298   | .106   | .376   | .064    | .328   | .223   | .593  | .204   | .916  | .162    |
| F4  | r | .112                     | .311   | .013   | .073   | .134    | -.079  | -.192   | -.066  | -.432  | -.371  | -.534*  | -.332  | -.457  | .005  | -.247  | .066  | -.468   |
|     | p | .668                     | .225   | .961   | .781   | .609    | .762   | .461    | .801   | .083   | .143   | .027    | .193   | .065   | .986  | .339   | .803  | .058    |
| Fp1 | r | .099                     | .178   | .161   | .004   | -.161   | -.112  | .000    | -.060  | -.298  | -.410  | -.477   | -.439  | -.214  | -.127 | -.360  | .099  | -.587*  |
|     | p | .705                     | .493   | .537   | .989   | .538    | .669   | .999    | .820   | .245   | .102   | .053    | .078   | .409   | .626  | .156   | .704  | .013    |
| Fp2 | r | .005                     | .141   | -.048  | .010   | -.049   | -.166  | -.185   | .008   | -.502* | -.542* | -.546*  | -.526* | -.396  | -.115 | -.466  | .004  | -.618** |
|     | p | .984                     | .588   | .854   | .969   | .851    | .524   | .477    | .975   | .040   | .025   | .023    | .030   | .115   | .660  | .059   | .987  | .008    |
| Fz  | r | .006                     | .334   | .261   | .234   | .036    | -.004  | .065    | .209   | -.130  | -.106  | -.264   | -.142  | -.171  | .075  | -.174  | .020  | -.333   |
|     | p | .981                     | .190   | .312   | .365   | .892    | .989   | .804    | .422   | .619   | .686   | .306    | .587   | .511   | .775  | .505   | .940  | .191    |
| O1  | r | -.222                    | -.497* | -.519* | -.482  | -.643** | -.479  | -.597*  | -.565* | .145   | -.037  | -.272   | -.346  | -.308  | -.442 | -.484* | -.209 | -.345   |
|     | p | .392                     | .042   | .033   | .050   | .005    | .052   | .011    | .018   | .579   | .888   | .292    | .173   | .230   | .076  | .049   | .421  | .174    |
| O2  | r | -.387                    | -.410  | -.558* | -.526* | -.486*  | -.406  | -.707** | -.429  | -.059  | -.059  | -.358   | -.244  | -.330  | -.198 | -.548* | -.306 | -.295   |
|     | p | .125                     | .102   | .020   | .030   | .048    | .106   | .002    | .086   | .822   | .821   | .159    | .346   | .195   | .446  | .023   | .233  | .250    |
| P3  | r | -.179                    | -.205  | -.207  | -.073  | -.164   | -.109  | -.013   | -.030  | -.147  | -.077  | -.291   | -.214  | -.271  | -.175 | -.429  | .008  | -.360   |
|     | p | .492                     | .431   | .426   | .782   | .528    | .676   | .962    | .909   | .574   | .768   | .256    | .410   | .293   | .503  | .086   | .976  | .156    |
| P4  | r | -.208                    | .034   | -.218  | -.104  | .150    | -.494* | -.429   | .028   | -.373  | -.128  | -.502*  | -.194  | -.357  | .152  | -.158  | -.081 | -.157   |
|     | p | .423                     | .896   | .401   | .690   | .566    | .044   | .086    | .916   | .141   | .625   | .040    | .456   | .159   | .560  | .544   | .758  | .547    |
| Pz  | r | -.297                    | .147   | -.078  | -.099  | -.025   | -.505* | -.254   | .075   | -.313  | -.205  | -.470   | -.277  | -.317  | .243  | -.453  | -.010 | -.339   |
|     | p | .247                     | .573   | .765   | .706   | .925    | .039   | .325    | .775   | .221   | .430   | .057    | .281   | .216   | .347  | .068   | .970  | .183    |
| T7  | r | -.097                    | .021   | -.171  | -.100  | .009    | -.395  | -.350   | -.132  | -.416  | -.337  | -.597*  | -.383  | -.517* | .005  | -.321  | .006  | -.358   |
|     | p | .712                     | .936   | .511   | .704   | .973    | .117   | .168    | .614   | .097   | .186   | .011    | .129   | .033   | .984  | .210   | .981  | .159    |
| T8  | r | -.048                    | .089   | -.063  | -.015  | .323    | -.423  | -.225   | -.059  | -.440  | -.362  | -.581*  | -.348  | -.470  | .204  | -.090  | .080  | -.224   |
|     | p | .855                     | .735   | .811   | .955   | .206    | .090   | .385    | .824   | .077   | .154   | .014    | .171   | .057   | .431  | .732   | .762  | .388    |
| TP7 | r | -.363                    | .023   | -.132  | -.078  | -.112   | -.315  | -.332   | .083   | -.419  | -.392  | -.672** | -.558* | -.374  | -.169 | -.509* | -.224 | -.743** |
|     | p | .153                     | .930   | .612   | .767   | .670    | .219   | .192    | .752   | .094   | .120   | .003    | .020   | .139   | .517  | .037   | .388  | .001    |
| TP8 | r | -.207                    | -.083  | -.286  | -.280  | -.130   | -.442  | -.521*  | -.319  | -.128  | -.227  | -.520*  | -.313  | -.262  | -.005 | -.361  | -.217 | -.423   |
|     | p | .426                     | .750   | .265   | .277   | .619    | .076   | .032    | .213   | .625   | .380   | .032    | .222   | .309   | .985  | .155   | .404  | .091    |

Öğrenme- Geri Çağırma



**Tablo 6.3.2.3. Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki delta korelasyonu**

|                             |    | Yürütücü işlevler-Stroop |        |       |       |         |       |       |        |        |        |        |        |        |         |        |        |         |       |
|-----------------------------|----|--------------------------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|
|                             |    | C3                       | C4     | Cz    | F3    | F4      | Fp1   | Fp2   | Fz     | O1     | O2     | P3     | P4     | Pz     | T7      | T8     | TP7    | TP8     |       |
| Öğrenme- Uzun Süreli Bellek | C3 | r                        | ,002   | ,264  | ,350  | ,397    | ,042  | ,412  | ,042   | ,558*  | -,470  | -,273  | -,136  | -,084  | ,186    | -,082  | -,111  | ,001    | -,289 |
|                             |    | p                        | ,994   | ,307  | ,168  | ,115    | ,872  | ,100  | ,873   | ,020   | ,057   | ,289   | ,603   | ,750   | ,475    | ,755   | ,671   | ,998    | ,261  |
|                             |    | r                        | -,351  | -,174 | -,091 | -,261   | -,225 | ,084  | ,190   | ,107   | -,458  | -,387  | -,492* | -,536* | -,314   | -,557* | -,325  | -,402   | -,404 |
|                             |    | p                        | ,168   | ,505  | ,730  | ,312    | ,386  | ,749  | ,466   | ,683   | ,065   | ,125   | ,045   | ,026   | ,220    | ,020   | ,204   | ,110    | ,107  |
|                             |    | r                        | -,290  | ,329  | ,363  | ,191    | ,038  | ,200  | ,296   | ,488*  | -,227  | -,138  | -,215  | -,185  | ,031    | -,055  | -,145  | -,284   | -,251 |
|                             |    | p                        | ,258   | ,197  | ,152  | ,463    | ,886  | ,441  | ,249   | ,047   | ,381   | ,598   | ,408   | ,476   | ,905    | ,834   | ,577   | ,269    | ,331  |
|                             |    | r                        | ,191   | ,175  | ,074  | -,066   | -,192 | ,262  | ,112   | -,019  | -,075  | -,108  | ,026   | ,026   | ,338    | -,152  | -,084  | ,075    | -,282 |
|                             |    | p                        | ,464   | ,501  | ,778  | ,802    | ,460  | ,310  | ,669   | ,942   | ,774   | ,679   | ,920   | ,920   | ,185    | ,561   | ,749   | ,773    | ,272  |
|                             |    | r                        | -,500* | -,316 | -,344 | -,334   | -,333 | -,137 | -,554* | -,047  | -,186  | -,243  | -,243  | -,374  | -,335   | -,424  | -,434  | -,765** | -,184 |
|                             |    | p                        | ,041   | ,216  | ,176  | ,190    | ,191  | ,600  | ,021   | ,857   | ,475   | ,347   | ,348   | ,140   | ,188    | ,090   | ,082   | ,000    | ,481  |
|                             |    | r                        | -,032  | ,123  | -,005 | ,001    | -,100 | ,074  | ,116   | ,230   | -,476  | -,370  | -,151  | -,256  | -,185   | -,171  | -,454  | -,017   | -,294 |
|                             |    | p                        | ,902   | ,638  | ,985  | ,996    | ,702  | ,778  | ,658   | ,374   | ,053   | ,144   | ,562   | ,321   | ,478    | ,512   | ,067   | ,949    | ,252  |
|                             |    | r                        | ,104   | ,299  | -,124 | ,164    | ,494* | ,209  | ,049   | ,356   | -,490* | -,315  | -,055  | -,054  | -,032   | ,154   | -,111  | -,047   | -,226 |
|                             |    | p                        | ,691   | ,243  | ,636  | ,529    | ,044  | ,420  | ,852   | ,161   | ,046   | ,218   | ,834   | ,838   | ,903    | ,555   | ,672   | ,857    | ,384  |
|                             |    | r                        | -,095  | -,060 | -,211 | -,411   | -,309 | ,036  | -,004  | -,213  | -,271  | -,361  | -,277  | -,463  | -,256   | -,432  | -,451  | -,324   | -,370 |
|                             |    | p                        | ,718   | ,818  | ,417  | ,101    | ,227  | ,891  | ,989   | ,411   | ,293   | ,154   | ,282   | ,061   | ,322    | ,083   | ,069   | ,205    | ,144  |
|                             |    | r                        | -,364  | ,024  | ,009  | -,018   | ,108  | ,148  | ,349   | ,452   | -,381  | -,340  | -,071  | -,273  | -,056   | -,052  | -,390  | -,329   | -,180 |
|                             |    | p                        | ,151   | ,928  | ,974  | ,945    | ,681  | ,572  | ,169   | ,069   | ,132   | ,181   | ,787   | ,289   | ,832    | ,843   | ,121   | ,198    | ,489  |
|                             |    | r                        | -,007  | -,019 | -,256 | -,162   | ,258  | ,007  | ,128   | -,010  | -,326  | -,531* | -,122  | -,389  | -,186   | -,100  | -,269  | -,264   | -,283 |
|                             |    | p                        | ,979   | ,942  | ,321  | ,534    | ,318  | ,979  | ,624   | ,969   | ,201   | ,028   | ,642   | ,123   | ,476    | ,703   | ,297   | ,305    | ,271  |
|                             | r  | -,174                    | ,049   | ,221  | ,122  | -,114   | ,392  | ,041  | ,229   | ,147   | ,099   | ,300   | ,199   | ,328   | -,035   | -,058  | -,264  | ,093    |       |
|                             | p  | ,504                     | ,852   | ,394  | ,640  | ,663    | ,120  | ,876  | ,376   | ,572   | ,705   | ,242   | ,443   | ,199   | ,894    | ,826   | ,306   | ,723    |       |
|                             | r  | -,090                    | ,349   | ,044  | ,189  | ,077    | ,396  | ,175  | ,514*  | -,325  | -,280  | ,163   | -,102  | ,129   | -,035   | -,347  | -,211  | -,307   |       |
|                             | p  | ,731                     | ,169   | ,867  | ,469  | ,768    | ,116  | ,502  | ,035   | ,203   | ,276   | ,533   | ,696   | ,622   | ,894    | ,172   | ,417   | ,230    |       |
|                             | r  | -,147                    | ,124   | ,104  | -,054 | -,139   | ,341  | ,255  | ,273   | -,171  | -,218  | ,149   | -,120  | ,141   | -,156   | -,331  | -,237  | -,204   |       |
|                             | p  | ,572                     | ,636   | ,691  | ,836  | ,595    | ,180  | ,324  | ,289   | ,512   | ,401   | ,569   | ,646   | ,590   | ,550    | ,194   | ,359   | ,432    |       |
|                             | r  | -,185                    | -,039  | -,280 | -,162 | ,085    | ,321  | -,067 | -,066  | -,295  | -,389  | -,202  | -,304  | -,271  | -,258   | -,310  | -,395  | -,401   |       |
|                             | p  | ,477                     | ,881   | ,276  | ,534  | ,745    | ,209  | ,799  | ,802   | ,250   | ,123   | ,436   | ,235   | ,292   | ,317    | ,225   | ,117   | ,111    |       |
|                             | r  | -,519*                   | -,483* | -,214 | -,420 | -,612** | -,207 | -,335 | -,083  | -,159  | -,013  | -,440  | -,328  | -,226  | -,663** | -,321  | -,585* | -,146   |       |
|                             | p  | ,033                     | ,049   | ,410  | ,094  | ,009    | ,426  | ,188  | ,752   | ,542   | ,960   | ,077   | ,199   | ,384   | ,004    | ,210   | ,014   | ,575    |       |
|                             | r  | ,189                     | ,309   | ,324  | ,378  | ,169    | ,477  | ,156  | ,418   | -,488* | -,368  | -,143  | -,112  | ,116   | -,105   | -,050  | ,109   | -,367   |       |
|                             | p  | ,467                     | ,228   | ,205  | ,134  | ,517    | ,053  | ,550  | ,095   | ,047   | ,146   | ,583   | ,668   | ,657   | ,687    | ,850   | ,676   | ,148    |       |
|                             | r  | -,195                    | ,286   | ,323  | ,393  | ,330    | ,310  | ,367  | ,566*  | -,219  | -,222  | -,011  | -,131  | -,096  | ,106    | -,203  | -,182  | -,230   |       |
|                             | p  | ,453                     | ,265   | ,206  | ,118  | ,196    | ,226  | ,147  | ,018   | ,398   | ,391   | ,965   | ,615   | ,713   | ,687    | ,435   | ,484   | ,374    |       |

Tablo 6.3.2.4. Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu

|                  |     | Yürütücü işlevler-Stroop |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |       |        |       |       |       |       |
|------------------|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                  |     | C3                       | C4    | Cz    | F3    | F4    | Fp1   | Fp2   | Fz    | O1    | O2     | P3     | P4     | Pz    | T7     | T8    | TP7   | TP8   |       |
| Öğrenme- Kodlama | C3  | r                        | ,242  | ,511* | ,267  | ,339  | ,299  | -.025 | -.060 | ,329  | ,156   | ,058   | ,537*  | ,521* | ,606** | ,428  | ,138  | -.132 | ,318  |
|                  |     | p                        | ,350  | ,036  | ,300  | ,183  | ,244  | ,924  | ,820  | ,197  | ,551   | ,824   | ,026   | ,032  | ,010   | ,087  | ,596  | ,613  | ,213  |
|                  | C4  | r                        | ,226  | ,116  | -.082 | ,189  | ,230  | -.042 | ,104  | ,288  | ,431   | ,172   | ,382   | ,440  | ,242   | ,355  | ,000  | ,230  | ,333  |
|                  |     | p                        | ,382  | ,657  | ,755  | ,466  | ,374  | ,872  | ,690  | ,262  | ,084   | ,509   | ,131   | ,077  | ,349   | ,162  | 1,000 | ,375  | ,191  |
|                  | Cz  | r                        | ,193  | ,273  | ,047  | ,320  | ,166  | -.119 | -.096 | ,272  | ,480   | ,148   | ,580*  | ,563* | ,402   | ,473  | ,093  | -.165 | ,500* |
|                  |     | p                        | ,457  | ,289  | ,859  | ,210  | ,525  | ,650  | ,713  | ,291  | ,051   | ,572   | ,015   | ,019  | ,110   | ,055  | ,721  | ,527  | ,041  |
|                  | F3  | r                        | ,318  | ,432  | ,165  | ,112  | ,117  | ,214  | ,108  | ,128  | ,572*  | ,359   | ,434   | ,528* | ,463   | ,256  | ,309  | ,166  | ,378  |
|                  |     | p                        | ,214  | ,084  | ,526  | ,668  | ,655  | ,409  | ,679  | ,625  | ,016   | ,158   | ,082   | ,029  | ,061   | ,321  | ,227  | ,524  | ,134  |
|                  | F4  | r                        | ,122  | ,325  | ,060  | -.024 | ,174  | ,085  | -.018 | ,159  | ,105   | ,113   | ,295   | ,310  | ,388   | ,211  | ,227  | ,059  | ,174  |
|                  |     | p                        | ,641  | ,202  | ,819  | ,928  | ,504  | ,745  | ,944  | ,543  | ,688   | ,665   | ,250   | ,226  | ,124   | ,417  | ,380  | ,821  | ,505  |
|                  | Fp1 | r                        | ,267  | ,452  | ,180  | ,025  | ,192  | ,186  | ,065  | ,138  | ,289   | ,309   | ,280   | ,422  | ,445   | ,095  | ,224  | ,055  | ,222  |
|                  |     | p                        | ,301  | ,068  | ,489  | ,925  | ,461  | ,474  | ,803  | ,597  | ,260   | ,228   | ,276   | ,092  | ,074   | ,716  | ,388  | ,833  | ,393  |
|                  | Fp2 | r                        | -.110 | -.080 | -.180 | -.118 | ,219  | -.284 | -.157 | ,044  | -.212  | ,002   | ,049   | ,020  | ,119   | -.117 | -.154 | ,091  | -.234 |
|                  |     | p                        | ,673  | ,761  | ,489  | ,653  | ,399  | ,269  | ,547  | ,868  | ,415   | ,994   | ,853   | ,940  | ,649   | ,655  | ,556  | ,729  | ,365  |
|                  | Fz  | r                        | ,241  | ,278  | ,125  | ,139  | ,188  | ,183  | ,127  | ,227  | ,282   | ,278   | ,232   | ,326  | ,254   | ,183  | ,202  | ,201  | ,220  |
|                  |     | p                        | ,352  | ,281  | ,633  | ,593  | ,470  | ,483  | ,626  | ,381  | ,272   | ,279   | ,370   | ,201  | ,324   | ,481  | ,437  | ,438  | ,396  |
|                  | O1  | r                        | ,030  | -.147 | -.114 | ,007  | -.018 | ,039  | ,266  | -.035 | ,464   | ,310   | ,097   | ,050  | -.095  | -.219 | ,045  | ,322  | -.072 |
|                  |     | p                        | ,908  | ,573  | ,663  | ,980  | ,946  | ,881  | ,301  | ,894  | ,061   | ,226   | ,711   | ,850  | ,716   | ,399  | ,864  | ,208  | ,784  |
|                  | O2  | r                        | ,143  | -.150 | ,079  | ,235  | -.038 | -.062 | ,093  | ,080  | ,230   | ,441   | ,089   | ,093  | -.124  | -.166 | ,004  | ,407  | -.086 |
|                  |     | p                        | ,585  | ,565  | ,764  | ,364  | ,884  | ,814  | ,723  | ,759  | ,375   | ,076   | ,733   | ,722  | ,637   | ,524  | ,988  | ,105  | ,743  |
| P3               | r   | -.186                    | ,129  | -.010 | ,164  | ,174  | -.262 | -.119 | ,070  | ,460  | ,056   | ,510*  | ,250   | ,204  | ,253   | -.029 | -.042 | ,183  |       |
|                  | p   | ,476                     | ,622  | ,968  | ,528  | ,503  | ,309  | ,650  | ,790  | ,063  | ,830   | ,036   | ,334   | ,431  | ,327   | ,911  | ,874  | ,481  |       |
| P4               | r   | ,077                     | -.130 | -.030 | ,166  | -.103 | -.182 | -.013 | -.003 | ,342  | ,291   | ,278   | ,195   | -.062 | ,015   | ,139  | ,231  | ,121  |       |
|                  | p   | ,769                     | ,618  | ,909  | ,525  | ,693  | ,485  | ,962  | ,991  | ,179  | ,257   | ,279   | ,453   | ,814  | ,954   | ,594  | ,373  | ,644  |       |
| Pz               | r   | -.059                    | ,058  | ,115  | ,285  | ,430  | -.258 | ,061  | ,353  | ,168  | -.095  | ,494*  | ,224   | ,196  | ,434   | -.126 | ,282  | ,070  |       |
|                  | p   | ,821                     | ,824  | ,662  | ,267  | ,085  | ,317  | ,817  | ,165  | ,520  | ,717   | ,044   | ,387   | ,451  | ,081   | ,631  | ,274  | ,791  |       |
| T7               | r   | ,178                     | ,369  | ,204  | ,376  | ,366  | ,033  | ,134  | ,414  | ,452  | ,097   | ,665** | ,580*  | ,498* | ,689** | ,096  | ,170  | ,495* |       |
|                  | p   | ,493                     | ,145  | ,433  | ,137  | ,148  | ,901  | ,608  | ,098  | ,069  | ,711   | ,004   | ,015   | ,042  | ,002   | ,715  | ,514  | ,043  |       |
| T8               | r   | ,356                     | ,455  | ,143  | ,240  | ,218  | ,173  | ,151  | ,250  | ,581* | ,139   | ,500*  | ,667** | ,584* | ,472   | ,170  | ,021  | ,476  |       |
|                  | p   | ,161                     | ,067  | ,585  | ,354  | ,401  | ,505  | ,563  | ,334  | ,015  | ,593   | ,041   | ,003   | ,014  | ,056   | ,514  | ,936  | ,054  |       |
| TP7              | r   | ,060                     | ,326  | ,380  | ,499* | ,169  | ,175  | ,239  | ,263  | ,515* | ,319   | ,553*  | ,334   | ,347  | ,360   | ,182  | ,186  | ,242  |       |
|                  | p   | ,818                     | ,202  | ,133  | ,041  | ,516  | ,502  | ,355  | ,307  | ,034  | ,213   | ,021   | ,190   | ,172  | ,156   | ,483  | ,475  | ,349  |       |
| TP8              | r   | ,207                     | ,238  | ,241  | ,171  | -.248 | ,229  | -.023 | -.140 | ,583* | ,678** | ,314   | ,421   | ,119  | -.041  | ,563* | ,169  | ,461  |       |
|                  | p   | ,426                     | ,358  | ,352  | ,512  | ,337  | ,376  | ,931  | ,593  | ,014  | ,003   | ,220   | ,093   | ,649  | ,874   | ,019  | ,516  | ,063  |       |

**Tablo 6.3.2.5. Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu**

|     |   | Yürütücü işlevler-Stroop |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |       |      |       |       |
|-----|---|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
|     |   | C3                       | C4    | Cz    | F3    | F4    | Fp1   | Fp2   | Fz    | O1    | O2   | P3    | P4    | Pz    | T7    | T8   | TP7   | TP8   |
| C3  | r | ,060                     | ,229  | ,349  | ,406  | -,042 | ,044  | -,164 | ,206  | -,027 | ,070 | ,367  | ,115  | ,068  | ,408  | ,337 | -,284 | ,478  |
|     | p | ,820                     | ,377  | ,170  | ,106  | ,872  | ,868  | ,529  | ,427  | ,919  | ,790 | ,148  | ,660  | ,796  | ,104  | ,185 | ,269  | ,053  |
| C4  | r | ,054                     | ,305  | ,364  | ,186  | -,090 | ,241  | -,004 | ,064  | ,276  | ,158 | ,312  | ,231  | ,135  | ,393  | ,404 | -,441 | ,535  |
|     | p | ,838                     | ,233  | ,151  | ,475  | ,731  | ,352  | ,989  | ,807  | ,283  | ,546 | ,222  | ,372  | ,607  | ,119  | ,107 | ,076  | ,027  |
| Cz  | r | ,013                     | ,145  | ,321  | ,248  | -,240 | ,135  | -,178 | -,050 | ,162  | ,162 | ,225  | ,141  | ,000  | ,273  | ,384 | -,449 | ,510  |
|     | p | ,961                     | ,578  | ,210  | ,337  | ,353  | ,604  | ,494  | ,848  | ,535  | ,535 | ,385  | ,589  | ,999  | ,289  | ,128 | ,071  | ,037  |
| F3  | r | ,079                     | ,028  | ,171  | ,248  | ,001  | -,077 | -,113 | ,162  | ,237  | ,134 | ,356  | ,283  | ,032  | ,350  | ,215 | -,330 | ,449  |
|     | p | ,764                     | ,915  | ,511  | ,337  | ,997  | ,769  | ,667  | ,534  | ,359  | ,608 | ,161  | ,272  | ,904  | ,168  | ,407 | ,195  | ,070  |
| F4  | r | ,048                     | ,340  | ,388  | ,323  | -,089 | ,290  | -,052 | ,087  | ,487  | ,391 | ,378  | ,289  | ,108  | ,212  | ,536 | -,244 | ,529  |
|     | p | ,853                     | ,181  | ,124  | ,206  | ,733  | ,259  | ,843  | ,741  | ,048  | ,120 | ,135  | ,261  | ,680  | ,414  | ,027 | ,344  | ,029  |
| Fp1 | r | -,241                    | ,180  | ,310  | ,196  | -,060 | ,139  | -,117 | -,024 | ,245  | ,231 | ,294  | ,081  | ,007  | ,198  | ,346 | -,335 | ,392  |
|     | p | ,351                     | ,490  | ,226  | ,451  | ,820  | ,596  | ,655  | ,929  | ,344  | ,373 | ,252  | ,758  | ,978  | ,445  | ,174 | ,189  | ,120  |
| Fp2 | r | -,215                    | ,152  | ,200  | ,187  | -,131 | -,017 | -,331 | -,091 | ,182  | ,245 | ,236  | ,132  | ,002  | ,114  | ,274 | -,459 | ,401  |
|     | p | ,408                     | ,561  | ,442  | ,472  | ,616  | ,947  | ,194  | ,730  | ,484  | ,343 | ,361  | ,615  | ,994  | ,664  | ,287 | ,064  | ,111  |
| Fz  | r | -,204                    | ,138  | ,302  | ,310  | ,126  | ,040  | ,000  | ,157  | ,333  | ,130 | ,402  | ,144  | ,090  | ,359  | ,153 | -,163 | ,255  |
|     | p | ,431                     | ,597  | ,240  | ,226  | ,629  | ,878  | 1,000 | ,548  | ,192  | ,620 | ,109  | ,582  | ,730  | ,157  | ,558 | ,533  | ,324  |
| O1  | r | -,083                    | -,298 | -,234 | -,269 | -,391 | -,057 | -,085 | -,432 | ,214  | ,083 | -,267 | -,229 | -,390 | -,388 | ,109 | -,150 | -,075 |
|     | p | ,752                     | ,246  | ,366  | ,297  | ,121  | ,827  | ,746  | ,083  | ,409  | ,752 | ,301  | ,376  | ,122  | ,124  | ,677 | ,565  | ,775  |
| O2  | r | ,134                     | -,031 | ,211  | ,186  | -,305 | ,042  | -,086 | -,136 | ,295  | ,570 | -,002 | ,020  | -,185 | -,170 | ,081 | ,085  | ,088  |
|     | p | ,607                     | ,906  | ,417  | ,476  | ,234  | ,872  | ,742  | ,603  | ,250  | ,017 | ,995  | ,939  | ,477  | ,513  | ,757 | ,745  | ,738  |
| P3  | r | -,156                    | -,162 | ,015  | -,058 | -,572 | -,052 | -,375 | -,447 | ,183  | ,195 | -,050 | -,193 | -,390 | -,160 | ,379 | -,418 | ,270  |
|     | p | ,549                     | ,535  | ,955  | ,826  | ,016  | ,842  | ,139  | ,072  | ,483  | ,454 | ,848  | ,458  | ,121  | ,540  | ,133 | ,095  | ,295  |
| P4  | r | ,213                     | ,148  | ,284  | ,223  | -,341 | ,066  | -,132 | -,109 | ,355  | ,416 | ,221  | ,215  | ,008  | ,157  | ,309 | -,257 | ,410  |
|     | p | ,412                     | ,572  | ,269  | ,389  | ,181  | ,802  | ,614  | ,676  | ,163  | ,097 | ,394  | ,408  | ,976  | ,548  | ,227 | ,320  | ,102  |
| Pz  | r | -,180                    | -,006 | ,161  | -,028 | -,315 | -,017 | -,346 | -,243 | -,055 | ,034 | -,100 | -,193 | -,259 | ,049  | ,145 | -,582 | ,240  |
|     | p | ,490                     | ,983  | ,538  | ,914  | ,218  | ,949  | ,174  | ,347  | ,833  | ,898 | ,703  | ,459  | ,315  | ,852  | ,578 | ,014  | ,354  |
| T7  | r | ,136                     | ,381  | ,372  | ,289  | -,024 | ,240  | ,012  | ,162  | ,438  | ,244 | ,470  | ,350  | ,251  | ,518  | ,367 | -,364 | ,647  |
|     | p | ,601                     | ,131  | ,142  | ,261  | ,928  | ,353  | ,963  | ,534  | ,079  | ,346 | ,057  | ,169  | ,331  | ,033  | ,147 | ,151  | ,005  |
| T8  | r | -,179                    | ,354  | ,229  | ,149  | ,002  | ,260  | ,015  | ,080  | ,311  | ,091 | ,288  | -,019 | ,116  | ,240  | ,233 | -,333 | ,322  |
|     | p | ,491                     | ,164  | ,377  | ,568  | ,995  | ,313  | ,953  | ,761  | ,225  | ,729 | ,263  | ,944  | ,658  | ,354  | ,369 | ,191  | ,208  |
| TP7 | r | ,070                     | -,233 | -,037 | ,128  | -,500 | -,171 | -,365 | -,265 | -,010 | ,203 | -,092 | -,117 | -,366 | -,187 | ,201 | -,270 | ,210  |
|     | p | ,789                     | ,369  | ,888  | ,624  | ,041  | ,511  | ,150  | ,303  | ,969  | ,435 | ,725  | ,654  | ,149  | ,473  | ,439 | ,294  | ,418  |
| TP8 | r | ,131                     | ,333  | ,419  | ,358  | -,223 | ,354  | ,020  | ,017  | ,524  | ,540 | ,255  | ,110  | ,032  | ,127  | ,359 | -,144 | ,422  |
|     | p | ,618                     | ,191  | ,094  | ,159  | ,390  | ,163  | ,939  | ,948  | ,031  | ,025 | ,324  | ,673  | ,904  | ,628  | ,158 | ,582  | ,092  |

**Tablo 6.3.2.6. Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki teta korelasyonu**

|     |   | Yürütücü işlevler-Stroop |       |       |       |       |       |       |       |        |        |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|---|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |   | C3                       | C4    | Cz    | F3    | F4    | Fp1   | Fp2   | Fz    | O1     | O2     | P3    | P4    | Pz    | T7    | T8    | TP7   | TP8   |
| C3  | r | ,150                     | ,268  | ,364  | ,437  | -,304 | ,383  | -,071 | -,100 | ,443   | ,479   | ,076  | ,245  | ,038  | ,054  | ,327  | -,079 | ,478  |
|     | p | ,565                     | ,298  | ,151  | ,080  | ,235  | ,130  | ,787  | ,701  | ,075   | ,052   | ,771  | ,342  | ,885  | ,838  | ,200  | ,762  | ,052  |
| C4  | r | -,045                    | -,009 | -,096 | -,131 | -,328 | ,145  | -,235 | -,256 | -,283  | -,022  | -,387 | -,232 | -,146 | -,278 | ,102  | -,324 | -,019 |
|     | p | ,865                     | ,973  | ,715  | ,616  | ,199  | ,580  | ,363  | ,321  | ,272   | ,934   | ,125  | ,370  | ,575  | ,280  | ,696  | ,204  | ,943  |
| Cz  | r | -,184                    | ,164  | ,233  | ,183  | -,251 | ,296  | -,197 | -,157 | -,015  | ,095   | -,091 | -,121 | -,095 | -,022 | ,341  | -,325 | ,244  |
|     | p | ,481                     | ,530  | ,367  | ,482  | ,331  | ,249  | ,448  | ,547  | ,954   | ,716   | ,728  | ,643  | ,716  | ,933  | ,181  | ,203  | ,345  |
| F3  | r | -,303                    | -,320 | -,201 | -,181 | -,169 | -,437 | -,493 | -,336 | -,305  | -,511  | -,463 | -,321 | -,333 | -,162 | -,544 | -,605 | -,284 |
|     | p | ,238                     | ,210  | ,439  | ,487  | ,516  | ,079  | ,044  | ,187  | ,234   | ,036   | ,061  | ,208  | ,191  | ,534  | ,024  | ,010  | ,269  |
| F4  | r | ,236                     | -,149 | -,168 | ,077  | -,139 | ,000  | -,046 | ,113  | -,161  | ,311   | -,135 | -,057 | -,131 | -,310 | ,094  | ,161  | -,108 |
|     | p | ,361                     | ,568  | ,520  | ,768  | ,594  | 1,000 | ,860  | ,666  | ,536   | ,225   | ,607  | ,828  | ,617  | ,226  | ,719  | ,537  | ,681  |
| Fp1 | r | ,255                     | -,278 | -,202 | -,103 | -,324 | ,048  | ,059  | -,157 | ,079   | -,020  | -,293 | -,127 | -,224 | -,246 | -,092 | -,048 | -,084 |
|     | p | ,324                     | ,280  | ,437  | ,693  | ,204  | ,856  | ,821  | ,547  | ,764   | ,939   | ,255  | ,626  | ,388  | ,341  | ,725  | ,854  | ,749  |
| Fp2 | r | ,347                     | -,281 | -,393 | -,155 | -,033 | -,150 | ,001  | ,091  | ,000   | ,059   | -,076 | ,070  | -,048 | -,198 | -,102 | ,079  | -,047 |
|     | p | ,173                     | ,274  | ,119  | ,553  | ,899  | ,565  | ,996  | ,727  | ,999   | ,821   | ,771  | ,788  | ,856  | ,446  | ,698  | ,763  | ,857  |
| Fz  | r | -,142                    | -,310 | -,275 | -,023 | -,368 | -,153 | -,360 | -,283 | -,221  | ,043   | -,391 | -,311 | -,314 | -,513 | -,125 | -,102 | -,284 |
|     | p | ,587                     | ,226  | ,286  | ,929  | ,146  | ,558  | ,155  | ,272  | ,393   | ,870   | ,121  | ,224  | ,219  | ,035  | ,632  | ,696  | ,270  |
| O1  | r | ,336                     | ,143  | ,163  | ,386  | -,145 | ,289  | ,242  | ,137  | ,625** | ,636** | ,394  | ,394  | ,094  | ,093  | ,473  | ,359  | ,470  |
|     | p | ,188                     | ,583  | ,532  | ,126  | ,580  | ,261  | ,349  | ,600  | ,007   | ,006   | ,118  | ,118  | ,718  | ,722  | ,055  | ,157  | ,057  |
| O2  | r | ,446                     | ,000  | ,080  | ,290  | -,062 | -,003 | ,109  | ,217  | ,342   | ,636** | ,325  | ,439  | ,076  | ,051  | ,233  | ,370  | ,313  |
|     | p | ,072                     | ,999  | ,759  | ,259  | ,812  | ,992  | ,678  | ,402  | ,179   | ,006   | ,203  | ,078  | ,771  | ,845  | ,368  | ,144  | ,221  |
| P3  | r | -,125                    | ,284  | ,430  | ,489  | -,143 | ,552  | ,161  | -,040 | ,490   | ,516   | ,157  | ,053  | ,040  | -,017 | ,382  | ,370  | ,245  |
|     | p | ,633                     | ,270  | ,085  | ,046  | ,585  | ,022  | ,538  | ,879  | ,046   | ,034   | ,548  | ,839  | ,879  | ,949  | ,130  | ,144  | ,344  |
| P4  | r | ,209                     | ,252  | ,405  | ,504  | -,203 | ,211  | -,093 | ,023  | ,387   | ,593   | ,222  | ,381  | ,059  | ,136  | ,325  | ,098  | ,491  |
|     | p | ,421                     | ,329  | ,107  | ,039  | ,434  | ,415  | ,723  | ,931  | ,125   | ,012   | ,391  | ,131  | ,823  | ,603  | ,203  | ,708  | ,045  |
| Pz  | r | -,063                    | ,152  | ,307  | ,393  | -,295 | ,256  | -,245 | -,177 | ,149   | ,377   | -,063 | ,030  | -,071 | -,069 | ,211  | ,026  | ,257  |
|     | p | ,810                     | ,559  | ,231  | ,119  | ,250  | ,321  | ,343  | ,498  | ,567   | ,136   | ,809  | ,910  | ,788  | ,793  | ,416  | ,922  | ,319  |
| T7  | r | ,169                     | ,207  | ,046  | -,015 | -,215 | ,328  | -,061 | -,062 | ,004   | ,253   | -,136 | ,015  | -,015 | -,156 | ,403  | -,052 | ,197  |
|     | p | ,517                     | ,426  | ,860  | ,954  | ,407  | ,199  | ,815  | ,814  | ,989   | ,327   | ,604  | ,953  | ,956  | ,551  | ,109  | ,842  | ,448  |
| T8  | r | -,111                    | ,149  | ,239  | ,149  | -,103 | ,027  | -,249 | -,081 | ,129   | ,513   | ,129  | ,037  | -,062 | -,196 | ,296  | ,102  | ,092  |
|     | p | ,671                     | ,567  | ,355  | ,567  | ,694  | ,919  | ,335  | ,756  | ,621   | ,035   | ,620  | ,888  | ,813  | ,450  | ,249  | ,698  | ,726  |
| TP7 | r | ,015                     | ,249  | ,403  | ,493  | -,164 | ,432  | ,087  | -,039 | ,500   | ,487   | ,150  | ,186  | ,075  | ,108  | ,194  | ,340  | ,341  |
|     | p | ,954                     | ,335  | ,108  | ,044  | ,530  | ,083  | ,740  | ,881  | ,041   | ,047   | ,565  | ,474  | ,775  | ,679  | ,456  | ,182  | ,180  |
| TP8 | r | ,153                     | ,413  | ,471  | ,367  | ,263  | ,366  | ,261  | ,389  | ,351   | ,464   | ,386  | ,248  | ,204  | ,265  | ,327  | ,205  | ,300  |
|     | p | ,558                     | ,099  | ,056  | ,147  | ,308  | ,149  | ,311  | ,123  | ,167   | ,061   | ,126  | ,338  | ,432  | ,305  | ,201  | ,430  | ,241  |

Öğrenme- Uzun Süreli Bellek

**Tablo 6.3.2.7. Kodlama ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu**

|                  |     | Yürütücü işlevler-Stroop |       |       |       |       |        |       |       |       |        |        |        |       |        |       |       |       |       |        |
|------------------|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                  |     | C3                       | C4    | Cz    | F3    | F4    | Fp1    | Fp2   | Fz    | O1    | O2     | P3     | P4     | Pz    | T7     | T8    | TP7   | TP8   |       |        |
| Öğrenme- Kodlama | C3  | r                        | ,443  | ,570* | ,229  | ,538* | ,550*  | ,425  | ,439  | ,431  | ,580*  | ,494*  | ,116   | ,327  | ,237   | ,532* | ,538* | ,225  | ,544* |        |
|                  |     | p                        | ,075  | ,017  | ,377  | ,026  | ,022   | ,089  | ,078  | ,084  | ,015   | ,044   | ,658   | ,201  | ,360   | ,028  | ,026  | ,385  | ,024  |        |
|                  |     | C4                       | r     | ,096  | ,468  | ,169  | ,464   | ,523* | ,313  | ,292  | ,435   | ,366   | ,397   | -,035 | ,192   | -,086 | ,468  | ,333  | ,000  | ,317   |
|                  |     | p                        | ,713  | ,058  | ,517  | ,060  | ,031   | ,221  | ,255  | ,081  | ,149   | ,114   | ,894   | ,459  | ,742   | ,058  | ,191  | 1,000 | ,215  |        |
|                  |     | Cz                       | r     | ,321  | ,502* | ,240  | ,566*  | ,511* | ,384  | ,333  | ,426   | ,537*  | ,440   | ,120  | ,267   | ,127  | ,511* | ,445  | ,325  | ,519*  |
|                  |     | p                        | ,210  | ,040  | ,354  | ,018  | ,036   | ,128  | ,191  | ,089  | ,026   | ,077   | ,647   | ,301  | ,626   | ,036  | ,073  | ,203  | ,033  |        |
|                  |     | F3                       | r     | ,413  | ,443  | ,141  | ,537*  | ,405  | ,460  | ,485* | ,340   | ,499*  | ,491*  | ,260  | ,473   | ,216  | ,408  | ,506* | ,270  | ,644** |
|                  |     | p                        | ,099  | ,075  | ,590  | ,026  | ,107   | ,063  | ,048  | ,181  | ,041   | ,045   | ,313   | ,055  | ,404   | ,104  | ,038  | ,294  | ,005  |        |
|                  |     | F4                       | r     | ,259  | ,416  | ,229  | ,438   | ,443  | ,359  | ,432  | ,323   | ,327   | ,431   | ,260  | ,432   | ,246  | ,587* | ,588* | ,161  | ,471   |
|                  |     | p                        | ,315  | ,097  | ,377  | ,078  | ,075   | ,157  | ,084  | ,206  | ,201   | ,084   | ,314   | ,083  | ,341   | ,013  | ,013  | ,536  | ,056  |        |
|                  |     | Fp1                      | r     | ,585* | ,354  | ,321  | ,532*  | ,409  | ,430  | ,469  | ,439   | ,633** | ,460   | ,463  | ,418   | ,424  | ,225  | ,331  | ,547* | ,494*  |
|                  |     | p                        | ,014  | ,163  | ,209  | ,028  | ,103   | ,085  | ,057  | ,078  | ,006   | ,063   | ,061   | ,095  | ,090   | ,384  | ,194  | ,023  | ,044  |        |
|                  |     | Fp2                      | r     | ,563* | ,314  | ,255  | ,527*  | ,426  | ,477  | ,530* | ,477   | ,566*  | ,542*  | ,431  | ,611** | ,513* | ,148  | ,303  | ,322  | ,607** |
|                  |     | p                        | ,019  | ,219  | ,323  | ,030  | ,088   | ,053  | ,029  | ,053  | ,018   | ,024   | ,084   | ,009  | ,035   | ,571  | ,237  | ,208  | ,010  |        |
|                  |     | Fz                       | r     | ,002  | ,220  | -,071 | ,316   | ,204  | ,225  | ,216  | ,229   | ,141   | ,345   | -,010 | ,287   | -,022 | ,402  | ,415  | ,116  | ,337   |
|                  |     | p                        | ,993  | ,395  | ,786  | ,217  | ,431   | ,385  | ,404  | ,376  | ,590   | ,175   | ,969   | ,264  | ,934   | ,110  | ,098  | ,658  | ,187  |        |
|                  |     | O1                       | r     | ,422  | ,452  | ,345  | ,447   | ,365  | ,467  | ,425  | ,336   | ,713** | ,602*  | ,344  | ,440   | ,260  | ,307  | ,418  | ,427  | ,576*  |
|                  |     | p                        | ,091  | ,069  | ,175  | ,072  | ,150   | ,059  | ,089  | ,187  | ,001   | ,010   | ,176   | ,077  | ,314   | ,231  | ,095  | ,087  | ,015  |        |
|                  |     | O2                       | r     | ,356  | ,366  | ,426  | ,474   | ,414  | ,503* | ,501* | ,429   | ,742** | ,726** | ,520* | ,586*  | ,263  | ,235  | ,427  | ,452  | ,650** |
|                  |     | p                        | ,161  | ,149  | ,088  | ,055  | ,098   | ,039  | ,040  | ,086  | ,001   | ,001   | ,032   | ,013  | ,308   | ,364  | ,087  | ,069  | ,005  |        |
|                  | P3  | r                        | ,287  | ,529* | ,212  | ,420  | ,435   | ,339  | ,329  | ,287  | ,551*  | ,452   | ,119   | ,276  | ,128   | ,513* | ,526* | ,275  | ,438  |        |
|                  | p   | ,264                     | ,029  | ,414  | ,093  | ,081  | ,184   | ,198  | ,265  | ,022  | ,069   | ,650   | ,284   | ,625  | ,035   | ,030  | ,286  | ,078  |       |        |
|                  | P4  | r                        | ,193  | ,232  | ,242  | ,279  | ,261   | ,376  | ,358  | ,357  | ,569*  | ,711** | ,345   | ,569* | ,212   | ,210  | ,347  | ,299  | ,530* |        |
|                  | p   | ,459                     | ,370  | ,349  | ,278  | ,311  | ,136   | ,158  | ,160  | ,017  | ,001   | ,175   | ,017   | ,413  | ,419   | ,173  | ,243  | ,029  |       |        |
|                  | Pz  | r                        | ,151  | ,257  | ,217  | ,308  | ,363   | ,241  | ,189  | ,431  | ,391   | ,358   | ,067   | ,106  | ,063   | ,228  | ,151  | ,168  | ,071  |        |
|                  | p   | ,563                     | ,318  | ,403  | ,229  | ,152  | ,352   | ,467  | ,084  | ,121  | ,158   | ,798   | ,684   | ,809  | ,378   | ,563  | ,520  | ,786  |       |        |
|                  | T7  | r                        | ,285  | ,544* | ,483* | ,485* | ,630** | ,372  | ,362  | ,579* | ,402   | ,298   | ,244   | ,105  | ,083   | ,521* | ,231  | ,221  | ,166  |        |
|                  | p   | ,267                     | ,024  | ,050  | ,048  | ,007  | ,141   | ,153  | ,015  | ,110  | ,246   | ,344   | ,689   | ,750  | ,032   | ,372  | ,393  | ,524  |       |        |
|                  | T8  | r                        | ,146  | ,199  | ,212  | ,103  | ,245   | -,027 | ,014  | ,072  | ,214   | ,009   | ,027   | -,175 | -,025  | ,389  | ,202  | ,140  | ,058  |        |
|                  | p   | ,577                     | ,444  | ,415  | ,694  | ,343  | ,918   | ,957  | ,783  | ,409  | ,974   | ,919   | ,501   | ,923  | ,122   | ,436  | ,593  | ,825  |       |        |
|                  | TP7 | r                        | ,266  | ,385  | ,116  | ,458  | ,354   | ,356  | ,321  | ,387  | ,358   | ,390   | ,083   | ,317  | ,194   | ,392  | ,367  | ,337  | ,422  |        |
|                  | p   | ,302                     | ,127  | ,658  | ,064  | ,163  | ,161   | ,209  | ,125  | ,158  | ,122   | ,752   | ,215   | ,456  | ,120   | ,147  | ,186  | ,091  |       |        |
|                  | TP8 | r                        | ,576* | ,432  | ,450  | ,547* | ,527*  | ,493* | ,512* | ,573* | ,756** | ,617** | ,440   | ,423  | ,315   | ,265  | ,243  | ,446  | ,570* |        |
|                  | p   | ,016                     | ,083  | ,070  | ,023  | ,030  | ,044   | ,036  | ,016  | ,000  | ,008   | ,077   | ,091   | ,218  | ,304   | ,346  | ,073  | ,017  |       |        |

**Tablo 6.3.2.8. Geri çağırma ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu**

|                       |     | Yürütücü işlevler-Stroop |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |              |              |               |               |               |
|-----------------------|-----|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                       |     | C3                       | C4            | Cz            | F3            | F4            | Fp1           | Fp2           | Fz            | O1            | O2            | P3            | P4            | Pz            | T7           | T8           | TP7           | TP8           |               |
| Öğrenme- Geri Çağırma | C3  | r                        | <b>,483*</b>  | ,427          | ,474          | ,580*         | ,545*         | ,465          | ,457          | ,514*         | ,525*         | ,444          | ,446          | ,554*         | ,554*        | ,312         | ,270          | ,453          | ,607**        |
|                       |     | p                        | <b>,050</b>   | ,087          | ,055          | ,015          | ,024          | ,060          | ,065          | ,035          | ,030          | ,075          | ,072          | ,021          | ,021         | ,222         | ,294          | ,068          | ,010          |
|                       | C4  | r                        | <b>,727**</b> | <b>,558*</b>  | ,650**        | ,619**        | ,517*         | ,646**        | ,620**        | ,545*         | <b>,778**</b> | ,591*         | <b>,683**</b> | ,575*         | ,650**       | ,411         | ,411          | <b>,764**</b> | <b>,614**</b> |
|                       |     | p                        | ,001          | <b>,020</b>   | ,005          | ,008          | ,034          | ,005          | ,008          | ,024          | ,000          | ,012          | ,003          | ,016          | ,005         | ,101         | ,101          | ,000          | ,009          |
|                       | Cz  | r                        | ,507*         | ,393          | <b>,492*</b>  | ,510*         | ,424          | ,499*         | ,456          | ,445          | <b>,627**</b> | ,500*         | ,535*         | ,548*         | ,549*        | ,246         | ,284          | ,592*         | ,536*         |
|                       |     | p                        | ,038          | ,118          | <b>,045</b>   | ,037          | ,090          | ,042          | ,066          | ,073          | ,007          | ,041          | ,027          | ,023          | ,022         | ,341         | ,269          | ,012          | ,027          |
|                       | F3  | r                        | ,295          | ,358          | ,395          | <b>,562*</b>  | ,453          | ,398          | ,379          | ,433          | ,548*         | ,475          | ,404          | ,480          | ,241         | ,335         | ,273          | ,507*         | ,604*         |
|                       |     | p                        | ,250          | ,159          | ,117          | <b>,019</b>   | ,068          | ,114          | ,134          | ,083          | ,023          | ,054          | ,107          | ,051          | ,352         | ,189         | ,289          | ,038          | ,010          |
|                       | F4  | r                        | ,536*         | ,329          | ,407          | ,508*         | <b>,303</b>   | ,424          | ,392          | ,301          | <b>,635**</b> | ,403          | ,489*         | ,395          | ,416         | ,145         | ,246          | <b>,677**</b> | <b>,568*</b>  |
|                       |     | p                        | ,027          | ,198          | ,105          | ,037          | <b>,237</b>   | ,090          | ,119          | ,240          | ,006          | ,109          | ,046          | ,116          | ,097         | ,578         | ,341          | ,003          | ,017          |
|                       | Fp1 | r                        | ,159          | -,034         | ,224          | ,153          | -,003         | <b>,082</b>   | ,064          | ,061          | ,283          | ,113          | ,343          | ,176          | ,114         | ,008         | -,051         | ,465          | ,211          |
|                       |     | p                        | ,542          | ,896          | ,386          | ,559          | ,990          | <b>,754</b>   | ,806          | ,815          | ,271          | ,665          | ,178          | ,500          | ,663         | ,976         | ,845          | ,060          | ,416          |
|                       | Fp2 | r                        | ,110          | -,124         | ,042          | ,051          | -,104         | ,022          | ,012          | -,033         | ,249          | ,142          | ,218          | ,254          | ,109         | -,173        | -,135         | ,293          | ,271          |
|                       |     | p                        | ,674          | ,636          | ,872          | ,845          | ,692          | ,933          | ,964          | ,899          | ,335          | ,586          | ,401          | ,326          | ,677         | ,507         | ,604          | ,254          | ,293          |
|                       | Fz  | r                        | ,497*         | ,299          | ,577*         | ,481          | ,330          | ,436          | ,380          | ,469          | ,574*         | ,425          | <b>,630**</b> | ,424          | ,534*        | ,287         | ,204          | <b>,810**</b> | ,366          |
|                       |     | p                        | ,043          | ,243          | ,015          | ,051          | ,196          | ,080          | ,133          | ,058          | ,016          | ,089          | ,007          | ,090          | ,027         | ,265         | ,432          | ,000          | ,149          |
|                       | O1  | r                        | <b>,621**</b> | ,385          | ,453          | <b>,655**</b> | ,531*         | <b>,651**</b> | <b>,605*</b>  | <b>,627**</b> | <b>,763**</b> | <b>,622**</b> | ,561*         | ,560*         | ,497*        | ,030         | ,288          | ,463          | <b>,582*</b>  |
|                       |     | p                        | ,008          | ,127          | ,068          | ,004          | ,028          | ,005          | ,010          | ,007          | <b>,000</b>   | ,008          | ,019          | ,019          | ,042         | ,910         | ,262          | ,061          | ,014          |
|                       | O2  | r                        | ,463          | ,399          | ,479          | <b>,695**</b> | ,561*         | <b>,690**</b> | <b>,672**</b> | <b>,642**</b> | <b>,701**</b> | <b>,712**</b> | ,580*         | <b>,636**</b> | ,394         | ,200         | ,468          | ,457          | <b>,628**</b> |
|                       |     | p                        | ,061          | ,113          | ,052          | ,002          | ,019          | ,002          | ,003          | ,005          | ,002          | <b>,001</b>   | ,015          | ,006          | ,118         | ,441         | ,058          | ,065          | ,007          |
| P3                    | r   | ,542*                    | ,258          | ,384          | ,439          | ,240          | ,475          | ,369          | ,403          | ,592*         | ,396          | <b>,486*</b>  | ,365          | ,458          | -,009        | ,071         | <b>,653**</b> | ,359          |               |
|                       | p   | ,025                     | ,317          | ,128          | ,078          | ,353          | ,054          | ,145          | ,109          | ,012          | ,115          | <b>,048</b>   | ,150          | ,065          | ,972         | ,786         | ,005          | ,157          |               |
| P4                    | r   | ,536*                    | ,454          | ,469          | <b>,674**</b> | <b>,482*</b>  | <b>,681**</b> | <b>,633**</b> | ,557*         | <b>,648**</b> | <b>,617**</b> | ,547*         | <b>,627**</b> | ,485*         | ,192         | ,366         | ,545*         | <b>,642**</b> |               |
|                       | p   | ,027                     | ,067          | ,057          | ,003          | ,050          | ,003          | ,006          | ,020          | ,005          | ,008          | ,023          | <b>,007</b>   | ,048          | ,461         | ,149         | ,024          | ,005          |               |
| Pz                    | r   | ,610**                   | ,346          | ,421          | ,526*         | ,327          | ,577*         | ,491*         | ,513*         | ,603*         | ,507*         | ,519*         | ,524*         | <b>,590*</b>  | ,054         | ,116         | <b>,633**</b> | ,445          |               |
|                       | p   | ,009                     | ,174          | ,092          | ,030          | ,200          | ,015          | ,046          | ,035          | ,010          | ,038          | ,033          | ,031          | <b>,013</b>   | ,836         | ,657         | ,006          | ,074          |               |
| T7                    | r   | <b>,693**</b>            | <b>,679**</b> | <b>,700**</b> | <b>,673**</b> | <b>,583*</b>  | <b>,672**</b> | <b>,674**</b> | ,506*         | <b>,740**</b> | ,584*         | <b>,698**</b> | <b>,619**</b> | <b>,613**</b> | <b>,542*</b> | <b>,498*</b> | <b>,723**</b> | <b>,707**</b> |               |
|                       | p   | ,002                     | ,003          | ,002          | ,003          | ,014          | ,003          | ,003          | ,038          | ,001          | ,014          | ,002          | ,008          | ,009          | <b>,024</b>  | ,042         | ,001          | ,001          |               |
| T8                    | r   | ,240                     | ,266          | ,324          | ,279          | ,213          | ,166          | ,097          | ,135          | ,482          | ,172          | ,229          | ,004          | ,043          | ,271         | <b>,208</b>  | <b>,483*</b>  | ,231          |               |
|                       | p   | ,354                     | ,302          | ,204          | ,278          | ,411          | ,525          | ,713          | ,606          | ,050          | ,509          | ,376          | ,989          | ,869          | ,294         | <b>,424</b>  | ,049          | ,373          |               |
| TP7                   | r   | ,474                     | ,222          | ,262          | <b>,483*</b>  | ,305          | ,474          | ,380          | ,465          | <b>,629**</b> | ,531*         | ,390          | ,494*         | ,409          | -,033        | ,104         | <b>,469</b>   | <b>,501*</b>  |               |
|                       | p   | ,055                     | ,392          | ,309          | ,050          | ,233          | ,055          | ,132          | ,060          | ,007          | ,028          | ,122          | ,044          | ,103          | ,899         | ,691         | <b>,058</b>   | ,040          |               |
| TP8                   | r   | ,561*                    | ,354          | ,447          | <b>,649**</b> | ,414          | ,524*         | <b>,486*</b>  | ,479          | ,533*         | ,341          | ,444          | ,312          | ,359          | ,129         | ,157         | <b>,588*</b>  | <b>,488*</b>  |               |
|                       | p   | ,019                     | ,164          | ,072          | ,005          | ,099          | ,031          | ,048          | ,052          | ,028          | ,181          | ,074          | ,223          | ,157          | ,620         | ,546         | ,013          | <b>,047</b>   |               |

**Tablo 6.3.2.9.** Uzun süreli bellek ve yürütücü işlevler sırasındaki alfa korelasyonu

|     |   | Yürütücü işlevler-Stroop |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |        |
|-----|---|--------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
|     |   | C3                       | C4     | Cz    | F3     | F4     | Fp1    | Fp2    | Fz     | O1     | O2     | P3     | P4     | Pz     | T7    | T8    | TP7   | TP8    |
| C3  | r | ,574*                    | ,521*  | ,444  | ,696** | ,616** | ,739** | ,727** | ,666** | ,661** | ,643** | ,514*  | ,542*  | ,355   | ,206  | ,432  | ,318  | ,625** |
|     | p | ,016                     | ,032   | ,074  | ,002   | ,008   | ,001   | ,001   | ,003   | ,004   | ,005   | ,035   | ,025   | ,163   | ,427  | ,083  | ,213  | ,007   |
| C4  | r | ,327                     | ,239   | ,212  | ,413   | ,383   | ,505*  | ,457   | ,545*  | ,199   | ,430   | ,278   | ,502*  | ,449   | ,153  | ,243  | ,093  | ,406   |
|     | p | ,201                     | ,355   | ,415  | ,100   | ,130   | ,039   | ,065   | ,024   | ,445   | ,085   | ,279   | ,040   | ,070   | ,559  | ,347  | ,723  | ,106   |
| Cz  | r | ,589*                    | ,369   | ,457  | ,580*  | ,493*  | ,635** | ,592*  | ,658** | ,454   | ,480   | ,484*  | ,474   | ,565*  | ,205  | ,280  | ,418  | ,470   |
|     | p | ,013                     | ,145   | ,065  | ,015   | ,044   | ,006   | ,012   | ,004   | ,067   | ,051   | ,049   | ,054   | ,018   | ,430  | ,276  | ,095  | ,057   |
| F3  | r | ,413                     | ,559*  | ,433  | ,644** | ,545*  | ,686** | ,641** | ,547*  | ,448   | ,524*  | ,415   | ,609** | ,376   | ,399  | ,429  | ,279  | ,627** |
|     | p | ,100                     | ,020   | ,082  | ,005   | ,024   | ,002   | ,006   | ,023   | ,072   | ,031   | ,098   | ,009   | ,137   | ,113  | ,086  | ,277  | ,007   |
| F4  | r | ,559*                    | ,563*  | ,454  | ,670** | ,607** | ,715** | ,677** | ,633** | ,471   | ,581*  | ,467   | ,617** | ,540*  | ,445  | ,509* | ,327  | ,710** |
|     | p | ,020                     | ,019   | ,067  | ,003   | ,010   | ,001   | ,003   | ,006   | ,057   | ,015   | ,059   | ,008   | ,025   | ,073  | ,037  | ,201  | ,001   |
| Fp1 | r | ,319                     | ,538*  | ,231  | ,546*  | ,421   | ,606** | ,549*  | ,340   | ,293   | ,429   | ,210   | ,511*  | ,286   | ,419  | ,558* | ,089  | ,633** |
|     | p | ,213                     | ,026   | ,373  | ,023   | ,092   | ,010   | ,023   | ,182   | ,253   | ,086   | ,419   | ,036   | ,266   | ,094  | ,020  | ,735  | ,006   |
| Fp2 | r | ,356                     | ,502*  | ,223  | ,535*  | ,420   | ,597*  | ,555*  | ,341   | ,250   | ,402   | ,283   | ,570*  | ,365   | ,403  | ,553* | ,082  | ,694** |
|     | p | ,161                     | ,040   | ,391  | ,027   | ,093   | ,011   | ,021   | ,181   | ,333   | ,109   | ,272   | ,017   | ,150   | ,108  | ,021  | ,755  | ,002   |
| Fz  | r | ,293                     | ,446   | ,202  | ,510*  | ,430   | ,457   | ,400   | ,349   | ,220   | ,272   | ,124   | ,322   | ,229   | ,317  | ,327  | ,106  | ,512*  |
|     | p | ,254                     | ,073   | ,437  | ,037   | ,085   | ,065   | ,112   | ,170   | ,396   | ,292   | ,636   | ,207   | ,376   | ,215  | ,200  | ,686  | ,035   |
| O1  | r | ,639**                   | ,490*  | ,423  | ,662** | ,558*  | ,776** | ,760** | ,604*  | ,754** | ,786** | ,624** | ,746** | ,520*  | ,249  | ,602* | ,369  | ,821** |
|     | p | ,006                     | ,046   | ,091  | ,004   | ,020   | ,000   | ,000   | ,010   | ,000   | ,000   | ,007   | ,001   | ,032   | ,335  | ,010  | ,145  | ,000   |
| O2  | r | ,377                     | ,210   | ,191  | ,508*  | ,426   | ,568*  | ,552*  | ,556*  | ,580*  | ,751** | ,382   | ,668** | ,377   | ,018  | ,414  | ,158  | ,685** |
|     | p | ,135                     | ,419   | ,463  | ,038   | ,088   | ,017   | ,022   | ,020   | ,015   | ,001   | ,131   | ,003   | ,136   | ,944  | ,099  | ,544  | ,002   |
| P3  | r | ,778**                   | ,439   | ,518* | ,602*  | ,460   | ,701** | ,688** | ,565*  | ,597*  | ,565*  | ,689** | ,641** | ,767** | ,244  | ,433  | ,583* | ,663** |
|     | p | ,000                     | ,078   | ,033  | ,011   | ,063   | ,002   | ,002   | ,018   | ,011   | ,018   | ,002   | ,006   | ,000   | ,345  | ,083  | ,014  | ,004   |
| P4  | r | ,262                     | ,262   | ,163  | ,442   | ,417   | ,600*  | ,536*  | ,576*  | ,476   | ,712** | ,309   | ,698** | ,236   | -,062 | ,204  | -,041 | ,656** |
|     | p | ,311                     | ,310   | ,532  | ,076   | ,096   | ,011   | ,026   | ,016   | ,053   | ,001   | ,227   | ,002   | ,362   | ,813  | ,433  | ,875  | ,004   |
| Pz  | r | ,305                     | ,035   | ,073  | ,255   | ,216   | ,483*  | ,450   | ,487*  | ,298   | ,587*  | ,339   | ,655** | ,464   | -,199 | ,157  | ,011  | ,446   |
|     | p | ,234                     | ,893   | ,780  | ,323   | ,404   | ,050   | ,070   | ,047   | ,245   | ,013   | ,184   | ,004   | ,061   | ,445  | ,548  | ,968  | ,073   |
| T7  | r | ,498*                    | ,336   | ,435  | ,432   | ,439   | ,599*  | ,604*  | ,601*  | ,404   | ,515*  | ,498*  | ,571*  | ,507*  | ,124  | ,164  | ,198  | ,404   |
|     | p | ,042                     | ,187   | ,081  | ,083   | ,078   | ,011   | ,010   | ,011   | ,108   | ,034   | ,042   | ,017   | ,038   | ,635  | ,530  | ,446  | ,108   |
| T8  | r | ,226                     | ,125   | ,282  | ,318   | ,255   | ,539*  | ,499*  | ,493*  | ,416   | ,600*  | ,533*  | ,571*  | ,284   | -,057 | ,243  | ,197  | ,269   |
|     | p | ,382                     | ,632   | ,273  | ,214   | ,323   | ,026   | ,041   | ,044   | ,096   | ,011   | ,028   | ,017   | ,270   | ,828  | ,347  | ,448  | ,296   |
| TP7 | r | ,679**                   | ,613** | ,504* | ,748** | ,612** | ,796** | ,789** | ,636** | ,600*  | ,586*  | ,610** | ,584*  | ,516*  | ,400  | ,585* | ,458  | ,661** |
|     | p | ,003                     | ,009   | ,039  | ,001   | ,009   | ,000   | ,000   | ,006   | ,011   | ,013   | ,009   | ,014   | ,034   | ,111  | ,014  | ,065  | ,004   |
| TP8 | r | ,229                     | ,123   | ,149  | ,427   | ,347   | ,401   | ,318   | ,501*  | ,289   | ,274   | ,187   | ,205   | ,074   | -,175 | -,044 | ,051  | ,231   |
|     | p | ,376                     | ,639   | ,568  | ,087   | ,172   | ,111   | ,214   | ,040   | ,261   | ,287   | ,471   | ,431   | ,778   | ,502  | ,868  | ,847  | ,373   |

Öğrenme- Uzun Süreli Bellek

### 6.3.3. Hafıza performansı ve sözel öğrenme arasındaki alfa ve teta korelasyonları

Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları Tablo 6.3.3.1' de gösterilmiştir. Anlık bellek ve kodlama görevi arasında alfa aktivasyonunda frontal (F3, F4), frontoparietal (FP1, FP2) ve temporal (T7) bölgede; toplam öğrenme puanı ve kodlama görevi sırasında frontal (F3, F4), frontoparietal (FP1), parietal (P3) ve temporal (T7, T8) bölgede istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.3.1.** Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları

| Kanallar |   | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|----------|---|--------------|----------------|--------------------|
| C3       | r | ,503*        | ,589*          | 0,155              |
|          | p | <b>0,047</b> | <b>0,016</b>   | 0,566              |
| C4       | r | 0,456        | 0,497          | 0,196              |
|          | p | 0,076        | <b>0,050</b>   | 0,466              |
| Cz       | r | 0,400        | ,522*          | 0,240              |
|          | p | 0,125        | 0,038          | 0,370              |
| F3       | r | ,610*        | ,568*          | 0,142              |
|          | p | <b>0,012</b> | <b>0,022</b>   | 0,600              |
| F4       | r | ,600*        | ,610*          | 0,117              |
|          | p | <b>0,014</b> | <b>0,012</b>   | 0,667              |
| Fp1      | r | ,562*        | ,508*          | 0,361              |
|          | p | <b>0,023</b> | <b>0,044</b>   | 0,169              |
| Fp2      | r | ,536*        | 0,321          | 0,471              |
|          | p | <b>0,032</b> | 0,225          | 0,066              |
| Fz       | r | 0,332        | ,541*          | -0,088             |
|          | p | 0,209        | <b>0,030</b>   | 0,745              |
| O1       | r | 0,213        | 0,190          | -0,053             |
|          | p | 0,429        | 0,480          | 0,846              |
| O2       | r | 0,290        | 0,146          | -0,056             |
|          | p | 0,277        | 0,590          | 0,838              |
| P3       | r | 0,421        | ,526*          | -0,032             |
|          | p | 0,104        | <b>0,036</b>   | 0,907              |
| P4       | r | 0,230        | 0,240          | -0,196             |
|          | p | 0,391        | 0,371          | 0,467              |
| Pz       | r | 0,294        | 0,445          | 0,107              |
|          | p | 0,268        | 0,084          | 0,693              |
| T7       | r | ,502*        | ,599*          | 0,192              |
|          | p | <b>0,048</b> | <b>0,014</b>   | 0,477              |
| T8       | r | 0,407        | ,570*          | 0,085              |
|          | p | 0,118        | <b>0,021</b>   | 0,755              |
| TP7      | r | 0,222        | 0,462          | -0,192             |
|          | p | 0,409        | 0,072          | 0,477              |
| TP8      | r | ,622*        | ,539*          | 0,298              |
|          | p | <b>0,010</b> | <b>0,031</b>   | 0,262              |



Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları Tablo 6.3.3.2’de gösterilmiştir. Anlık bellek ve kodlama görevi arasında teta aktivasyonunda temporal (T7) ve temporoparietal (TP8) bölgede; toplam öğrenme puanı ve kodlama görevi arasında frontal (F4) ve temporal (T7) bölgede; uzun süreli bellek puanı ve kodlama görevi arasında frontoparietal (FP2) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.3. 2.** Hafıza performansı ve kodlama görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları

| Kanallar |   | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|----------|---|--------------|----------------|--------------------|
| C3       | r | 0,293        | 0,357          | -0,149             |
|          | p | 0,271        | 0,175          | 0,582              |
| C4       | r | 0,382        | 0,449          | 0,143              |
|          | p | 0,144        | 0,081          | 0,598              |
| Cz       | r | 0,449        | ,500*          | 0,272              |
|          | p | 0,081        | <b>0,049</b>   | 0,308              |
| F3       | r | 0,479        | 0,468          | -0,143             |
|          | p | 0,060        | 0,067          | 0,598              |
| F4       | r | ,690**       | ,732**         | -0,156             |
|          | p | <b>0,003</b> | <b>0,001</b>   | 0,565              |
| Fp1      | r | ,631**       | ,546*          | 0,110              |
|          | p | <b>0,009</b> | <b>0,029</b>   | 0,685              |
| Fp2      | r | 0,490        | 0,433          | 0,382              |
|          | p | 0,054        | 0,094          | 0,144              |
| Fz       | r | ,585*        | ,657**         | -0,026             |
|          | p | <b>0,017</b> | <b>0,006</b>   | 0,924              |
| O1       | r | -0,003       | -0,104         | 0,350              |
|          | p | 0,991        | 0,701          | 0,184              |
| O2       | r | -0,021       | -0,100         | 0,091              |
|          | p | 0,939        | 0,714          | 0,738              |
| P3       | r | -0,033       | -0,024         | -0,045             |
|          | p | 0,904        | 0,930          | 0,867              |
| P4       | r | -0,087       | -0,123         | 0,013              |
|          | p | 0,750        | 0,649          | 0,962              |
| Pz       | r | -0,075       | -0,165         | -0,026             |
|          | p | 0,784        | 0,541          | 0,924              |
| T7       | r | 0,240        | 0,283          | -0,110             |
|          | p | 0,370        | 0,289          | 0,685              |
| T8       | r | 0,410        | 0,467          | 0,052              |
|          | p | 0,114        | 0,068          | 0,849              |
| TP7      | r | 0,066        | 0,126          | -0,240             |
|          | p | 0,809        | 0,641          | 0,371              |
| TP8      | r | 0,188        | -0,030         | -0,130             |
|          | p | 0,485        | 0,913          | 0,632              |

Hafıza performansı ve uzun süreli bellek görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları Tablo 6.3.3.3' de gösterilmiştir. Anlık bellek ve uzun süreli bellek görevi arasında teta aktivasyonunda temporal (T7) ve temporoparietal (TP8) bölgede; toplam öğrenme puanı ve uzun süreli bellek görevi arasında frontal (F4) ve temporal (T7) bölgede; uzun süreli bellek puanı ve uzun süreli bellek görevi arasında frontoparietal (FP2) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.3.3.** Hafıza performansı ve uzun süreli bellek görevi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları

|     |   | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|-----|---|--------------|----------------|--------------------|
| C3  | r | -0,001       | -0,045         | -0,097             |
|     | p | 0,996        | 0,870          | 0,720              |
| C4  | r | 0,185        | 0,301          | -0,039             |
|     | p | 0,492        | 0,257          | 0,886              |
| Cz  | r | 0,075        | 0,085          | -0,214             |
|     | p | 0,784        | 0,755          | 0,426              |
| F3  | r | -0,493       | -0,443         | 0,032              |
|     | p | 0,053        | 0,086          | 0,905              |
| F4  | r | 0,482        | ,504*          | 0,227              |
|     | p | 0,059        | <b>0,046</b>   | 0,398              |
| Fp1 | r | -0,369       | -0,381         | 0,318              |
|     | p | 0,160        | 0,146          | 0,231              |
| Fp2 | r | 0,243        | 0,177          | ,681**             |
|     | p | 0,364        | 0,512          | <b>0,004</b>       |
| Fz  | r | -0,036       | 0,019          | 0,246              |
|     | p | 0,895        | 0,943          | 0,358              |
| O1  | r | 0,245        | 0,033          | -0,065             |
|     | p | 0,361        | 0,904          | 0,811              |
| O2  | r | 0,322        | 0,117          | 0,272              |
|     | p | 0,223        | 0,665          | 0,308              |
| P3  | r | -0,325       | -0,381         | -0,331             |
|     | p | 0,219        | 0,146          | 0,211              |
| P4  | r | 0,119        | 0,007          | -0,214             |
|     | p | 0,660        | 0,978          | 0,426              |
| Pz  | r | -0,140       | -0,173         | -0,156             |
|     | p | 0,604        | 0,523          | 0,565              |
| T7  | r | ,672**       | ,724**         | -0,013             |
|     | p | <b>0,004</b> | <b>0,002</b>   | 0,962              |
| T8  | r | 0,484        | 0,299          | -0,084             |
|     | p | 0,058        | 0,261          | 0,756              |
| TP7 | r | -0,413       | -0,488         | -0,201             |
|     | p | 0,111        | 0,055          | 0,456              |
| TP8 | r | 0,497        | 0,373          | -0,169             |
|     | p | <b>0,050</b> | 0,154          | 0,533              |

### 6.3.4. Hafıza performansı ve yürütücü işlevler arasındaki alfa, delta, teta, aktivasyonları

Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları Tablo 6.3.4.1 de gösterilmiştir. Anlık bellek ve stroop arasında alfa aktivasyonunda frontal (F4), frontoparietal (FP2), oksipital (O1, O2) temporeparietal (TP8) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.4.1.** Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan alfa korelasyonları

|            |          | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|------------|----------|--------------|----------------|--------------------|
| <b>C4</b>  | <b>r</b> | 0,489        | 0,432          | 0,071              |
|            | <b>p</b> | 0,055        | 0,095          | 0,793              |
| <b>Cz</b>  | <b>r</b> | 0,342        | 0,307          | 0,020              |
|            | <b>p</b> | 0,195        | 0,248          | 0,942              |
| <b>F3</b>  | <b>r</b> | 0,470        | 0,397          | 0,171              |
|            | <b>p</b> | 0,066        | 0,128          | 0,527              |
| <b>F4</b>  | <b>r</b> | ,504*        | 0,427          | 0,162              |
|            | <b>p</b> | <b>0,047</b> | 0,099          | 0,548              |
| <b>Fp1</b> | <b>r</b> | 0,449        | 0,350          | 0,007              |
|            | <b>p</b> | 0,081        | 0,184          | 0,979              |
| <b>Fp2</b> | <b>r</b> | ,530*        | 0,404          | 0,016              |
|            | <b>p</b> | <b>0,035</b> | 0,121          | 0,953              |
| <b>Fz</b>  | <b>r</b> | 0,469        | 0,435          | 0,179              |
|            | <b>p</b> | 0,067        | 0,092          | 0,507              |
| <b>O1</b>  | <b>r</b> | ,584*        | 0,465          | 0,125              |
|            | <b>p</b> | <b>0,017</b> | 0,069          | 0,646              |
| <b>O2</b>  | <b>r</b> | ,561*        | 0,433          | -0,009             |
|            | <b>p</b> | <b>0,024</b> | 0,094          | 0,975              |
| <b>P3</b>  | <b>r</b> | 0,435        | 0,352          | 0,003              |
|            | <b>p</b> | 0,092        | 0,181          | 0,990              |
| <b>P4</b>  | <b>r</b> | 0,459        | 0,296          | -0,020             |
|            | <b>p</b> | 0,073        | 0,266          | 0,942              |
| <b>Pz</b>  | <b>r</b> | 0,259        | 0,248          | 0,203              |
|            | <b>p</b> | 0,333        | 0,354          | 0,452              |
| <b>T7</b>  | <b>r</b> | 0,455        | ,547*          | -0,038             |
|            | <b>p</b> | 0,077        | 0,028          | 0,889              |
| <b>T8</b>  | <b>r</b> | 0,412        | 0,403          | -0,132             |
|            | <b>p</b> | 0,113        | 0,122          | 0,626              |
| <b>TP7</b> | <b>r</b> | 0,286        | 0,366          | 0,074              |
|            | <b>p</b> | 0,283        | 0,163          | 0,784              |
| <b>TP8</b> | <b>r</b> | ,511*        | 0,335          | 0,083              |
|            | <b>p</b> | <b>0,043</b> | 0,205          | 0,759              |

Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan delta korelasyonları Tablo 6.3.4.2’de gösterilmiştir. Anlık bellek ve stroop arasında delta korelasyonlarında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

**Tablo 6.3.4.2.** Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan delta korelasyonları

|            |          | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|------------|----------|--------------|----------------|--------------------|
| <b>C3</b>  | <b>r</b> | -0,281       | -0,180         | -0,169             |
|            | <b>p</b> | 0,292        | 0,505          | 0,533              |
| <b>C4</b>  | <b>r</b> | -0,037       | 0,071          | -0,382             |
|            | <b>p</b> | 0,891        | 0,793          | 0,144              |
| <b>Cz</b>  | <b>r</b> | 0,182        | 0,026          | -0,143             |
|            | <b>p</b> | 0,499        | 0,924          | 0,598              |
| <b>F3</b>  | <b>r</b> | 0,106        | 0,150          | -0,344             |
|            | <b>p</b> | 0,696        | 0,579          | 0,193              |
| <b>F4</b>  | <b>r</b> | 0,036        | 0,128          | 0,084              |
|            | <b>p</b> | 0,895        | 0,637          | 0,756              |
| <b>Fp1</b> | <b>r</b> | 0,194        | 0,128          | -0,110             |
|            | <b>p</b> | 0,471        | 0,637          | 0,685              |
| <b>Fp2</b> | <b>r</b> | 0,199        | 0,068          | 0,071              |
|            | <b>p</b> | 0,461        | 0,803          | 0,793              |
| <b>Fz</b>  | <b>r</b> | 0,310        | 0,253          | -0,078             |
|            | <b>p</b> | 0,242        | 0,345          | 0,775              |
| <b>O1</b>  | <b>r</b> | -0,293       | -0,318         | 0,032              |
|            | <b>p</b> | 0,271        | 0,230          | 0,905              |
| <b>O2</b>  | <b>r</b> | -0,279       | -0,161         | -0,097             |
|            | <b>p</b> | 0,295        | 0,552          | 0,720              |
| <b>P3</b>  | <b>r</b> | -0,287       | -0,284         | -0,104             |
|            | <b>p</b> | 0,282        | 0,286          | 0,702              |
| <b>P4</b>  | <b>r</b> | -0,260       | -0,104         | -0,149             |
|            | <b>p</b> | 0,331        | 0,701          | 0,582              |
| <b>Pz</b>  | <b>r</b> | -0,109       | 0,048          | -0,285             |
|            | <b>p</b> | 0,688        | 0,861          | 0,284              |
| <b>T7</b>  | <b>r</b> | -0,169       | -0,195         | 0,136              |
|            | <b>p</b> | 0,532        | 0,470          | 0,615              |
| <b>T8</b>  | <b>r</b> | -0,061       | 0,135          | 0,149              |
|            | <b>p</b> | 0,822        | 0,617          | 0,582              |
| <b>TP7</b> | <b>r</b> | -0,152       | 0,062          | -0,207             |
|            | <b>p</b> | 0,573        | 0,818          | 0,441              |
| <b>TP8</b> | <b>r</b> | -0,269       | -0,236         | 0,415              |
|            | <b>p</b> | 0,314        | 0,378          | 0,110              |

Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları Tablo 6.3.4.3' de gösterilmiştir. Anlık bellek ve stroop arasında teta aktivasyonunda oksipital (F4), parietal (P4,Pz) bölgelerde; toplam öğrenme ve stroop arasında teta aktivasyonunda parietal (Pz) bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 6.3.4.3.** Hafıza performansı ve stroop deneyi sırasında beyinde ortaya çıkan teta korelasyonları

|            |   | Anlık Bellek | Toplam Öğrenme | Uzun Süreli Bellek |
|------------|---|--------------|----------------|--------------------|
| <b>C3</b>  | r | 0,327        | 0,239          | 0,292              |
|            | p | 0,217        | 0,372          | 0,273              |
| <b>C4</b>  | r | 0,328        | 0,402          | -0,369             |
|            | p | 0,214        | 0,123          | 0,159              |
| <b>Cz</b>  | r | 0,078        | 0,115          | -0,389             |
|            | p | 0,775        | 0,673          | 0,137              |
| <b>F3</b>  | r | 0,043        | 0,091          | -0,292             |
|            | p | 0,874        | 0,738          | 0,273              |
| <b>F4</b>  | r | 0,191        | 0,294          | 0,091              |
|            | p | 0,478        | 0,268          | 0,738              |
| <b>Fp1</b> | r | 0,066        | 0,092          | -0,220             |
|            | p | 0,809        | 0,734          | 0,412              |
| <b>Fp2</b> | r | -0,055       | -0,012         | 0,071              |
|            | p | 0,839        | 0,965          | 0,793              |
| <b>Fz</b>  | r | 0,302        | 0,387          | 0,123              |
|            | p | 0,256        | 0,139          | 0,650              |
| <b>O1</b>  | r | 0,333        | 0,251          | -0,091             |
|            | p | 0,208        | 0,348          | 0,738              |
| <b>O2</b>  | r | ,600*        | 0,357          | 0,175              |
|            | p | <b>0,014</b> | 0,175          | 0,517              |
| <b>P3</b>  | r | 0,451        | 0,344          | -0,032             |
|            | p | 0,080        | 0,193          | 0,905              |
| <b>P4</b>  | r | ,597*        | 0,482          | 0,220              |
|            | p | <b>0,015</b> | 0,059          | 0,412              |
| <b>Pz</b>  | r | ,515*        | ,540*          | 0,071              |
|            | p | <b>0,041</b> | <b>0,031</b>   | 0,793              |
| <b>T7</b>  | r | 0,206        | 0,254          | -0,162             |
|            | p | 0,444        | 0,342          | 0,549              |
| <b>T8</b>  | r | 0,190        | -0,013         | -0,097             |
|            | p | 0,482        | 0,961          | 0,720              |
| <b>TP7</b> | r | 0,170        | 0,095          | 0,136              |
|            | p | 0,529        | 0,726          | 0,615              |
| <b>TP8</b> | r | 0,490        | 0,330          | -0,052             |
|            | p | 0,054        | 0,212          | 0,849              |

## 7.TARTIŞMA

Yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkiyi fNIRS ve EEG ile araştırmayı amaçladığımız çalışma sonucunda, sözel öğrenme ve yürütücü işlevler arasında teta bandında oksipital, parietal ve temporal bölgelerde pozitif yönde anlamlı ilişki ve alfa bandında frontal, frotoparietal, oksipital, parietal, temporal ve temporoparietal bölgede pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu.

Sözel öğrenme, uzun süreli bellek ve kısa süreli bellek görevleri sırasında aktive olan bölgeleri karşılaştıran bir meta analiz, frontal ve parietal loblardaki görevler için nöral aktivasyonda büyük bir örtüşme olduğunu göstermiştir (157). Aynı deneklerde uzun süreli bellek ve kısa süreli belleği doğrudan karşılaştıran çalışma, her bir bellek sistemi için seçici olan bazı bölgeleri ortaya çıkarmıştır (158,159).

Bellek kodlamasını araştıran çoğu çalışma, bir tanıma görevi kullanmış ve daha sonra tanıdık uyaranların aksine yeni uyaranların sunulması üzerine bilginin nasıl ele alındığını karşılaştırmıştır (160). Chapman ve ark. (1978), çalışma belleği paradigmasında bir harf veya sayının sunumunun, uyarının başlangıcından yaklaşık 250 ms sonra zirve yapan erken bir pozitif bileşen ürettiğini göstermiştir. Bu bileşenin, çalışma belleği deposuna bilgi girişini temsil ettiğini savunmuştur. Daha sonra, bu erken bileşenin, depolanan bilginin geri çağrılmasını öngördüğü gösterilmiştir (161). Bu erken bileşenin medial temporal lob aracılığı ile gerçekleşen kodlaması, lezyon çalışmalarıyla daha da desteklenmiştir: hipokampal lezyonu olan şiddetli bir amnezi hastasının, kodlama ve ardından geri çağırma için gerekli olan, uyarı başlangıcından 150 ms sonra dağıtılmış elektrokortikal konfigürasyonlardan yoksun olduğu gösterilmiştir (125).

Bellek kodlaması, bir deneyimin kalıcı bir bellek izine dönüştürüldüğü süreçleri ifade etmektedir. Psikolojik çalışmalar, bir deneyimin hatırlanabilirliğinin, o deneyimin ilk kodlaması sırasında devreye giren bilişsel işlemlerden büyük ölçüde etkilendiğini ve anlamsal işlemenin anlamsal olmayan işlemeye göre üstün hatırlanabilirliğe yol açtığını göstermiştir (1). Fonksiyonel nörogörüntüleme çalışmaları sol PFC'yi sözel kodlamaya dahil etmiştir: sol prefrontal aktivasyon anlamsal olmayan kodlamaya göre semantik sırasında daha fazladır (2) ve semantik

kodlama işlemleri bozulduğunda sol prefrontal katılım azalmaktadır (3). Bu çalışmaların tümü, her bir kodlama koşulundan denemelerin, işlevsel tarama sırasında birbirinden ayrılamaz şekilde sırayla sunulduğu bloke edilmiş deneysel tasarımlara dayanmıştır. Olayla ilgili potansiyel (ERP) çalışmalarından elde edilen sonuçlar, sözlü kodlama sırasındaki nöral imzanın daha sonra hatırlanan ve daha sonra kazanılan deneyimler için farklı olduğunu ve hatırlanan deneyimlerin daha büyük bir olumlu gidişle ilişkilendirildiğini göstermektedir. Ancak, ERP çalışmaları sınırlı uzamsal çözünürlük ile karakterize edilmektedir. Bu nedenle, belirli bir sözlü deneyimin hatırlanacağını veya unutulacağını öngören kesin işlevsel nöroanatomik kodlama farklılıkları şu anda bilinmemektedir (127).

Yürütücü işlevler ve sözel öğrenme arasındaki ilişkiyi inceleyen birkaç çalışma olmasına rağmen, kullanılan deneysel ölçümlerin sınırlı faydası olmuştur ve daha geniş bir klinik ölçüm yelpazesinin araştırılması gerekmektedir (18). Davranışsal benzerliklere ek olarak, bu bilişsel işlevler anatomik örtüşmeyi de paylaşmaktadır. Örneğin, PFC hem yürütücü fonksiyonlara hem de bellek performansının yönleriyle (ilişkisel öğrenme ve gecikmiş hatırlama yanıtı veya çalışma belleğinin bozulması) ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, yürütücü işlevlerin ve öğrenmenin işlevsel olarak birbiriyle ilişkili olabileceğini öne süren hem davranışsal hem de anatomik temeller vardır (162). Bu olasılıkları araştırmak için, mevcut çalışma, sağlıklı genç erişkin bireylerde sözel öğrenme ile yürütücü işlevler arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır.

Genç yetişkinlerde gösterilen tipik bir model, yeni anıların öğrenilmesi (kodlama) sırasında sol PFC aktivasyonunu içerirken, geri çağırma sağ PFC'nin aktivasyonuna neden olmaktadır. Bu gözlemler hem sözlü hem de sözlü olmayan bilgilerle bulunmuştur ve Hemispheric Encoding/Retrieval Asymmetry (hemisferik kodlama/geri alma asimetrisi - HERA) modelinde açıklanmıştır (163,164). Sol frontal lobların epizodik bellek kodlamasında daha fazla yer aldığını, sağ frontal lobların ise epizodik bellekten alma ile ilgili olduğunu iddia ederek bir HERA modeli önermişlerdir (144). Çalışmamıza 17 sağlıklı genç erişkin bireyi dahil ettik. Sözel öğrenme deneyini kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek şeklinde 3 göreve böldük. Habib ve ark., çalışmalarıyla doğru orantılı olarak, çalışmamızda kodlama

görevi sırasında sol hemisferde, geri çağırma görevi sırasında ise sağ hemisferde daha fazla aktivasyon olduğu görülmüştür. HERA modelinde de açıklandığı gibi sol PFC, sağ PFC'den farklı olarak, anlamsal bellekten bilgi alınmasında ve alınan bilginin yeni yönlerinin epizodik bellekte eş zamanlı olarak kodlamadan daha fazla yer aldığını çalışmamızda doğruluyoruz. Alternatif bir görüş olarak bu bulgunun bellek süreçlerinde yer alan beyin sistemlerinin içeriğe (epizodik bilgi) özgü yanallaştırılmasından kaynaklandığını da düşünüyoruz. Alternatif olarak, belirli prefrontal bölgelerin bellek kodlamasına katkıları, fonolojik, sözcüksel veya anlamsal yönler gibi sözlü materyallerin farklı yönlerine de bağlı olabileceğini öngörüyoruz.

Gelen bilgi ve deneyimlerin işlenmesine ve bir bellek izine dönüştürülmesi kodlama olarak adlandırılmaktadır (165). Kodlama bir durumun daha sonra bir şekilde davranışa rehberlik etmek için kullanılacak bir sinirsel temsile dönüştürüldüğü bilişsel ve sinirsel süreçler olarak tanımlanmaktadır. Geri çağırma ise kodlanan bu bilginin ilişkili bilgi için geri alınması, hatırlanması olarak ifade edilmektedir (166). Karlsgodt ve ark. sözlü bir çalışma belleği testi kullanan bir fMRI çalışması yürütmüştür. Kodlama ve hatırlamada, fonksiyonel aktivasyonun denek içi karşılaştırması, hipokampusun uzun süreli bellekte olduğu gibi çalışma belleğinde de bir rolü olduğunu göstermiş ve hipokampusun sadece uzun süreli bellek görevlerinden ziyade genel kodlama ve hatırlama ile ilgili olabileceği ima edilmiştir (167). Çalışmamızda kodlama görevinden yarım saat sonra 12 kelime çiftinden ilki sunulmuş ve katılımcıdan ikinci kelimeyi hatırlıyorsa düğmeye basması ve sesli bir şekilde söylemesi istenmiştir. Çalışmamızda uzaysal çözünürlüğü daha zayıf olan fNIRS kullanmamız sebebiyle alt kortikal yapıları görüntüleyemedik ancak kortiko-hipokampal devrenin bileşenleri olan temporal ve parietal bölgelerde aktivasyon bulduk Alt kortikal yapılar fNIRS ile görüntülenemese de, daha ucuz ve kullanımı kolay bir yöntem olması ve alt kortikal yapı devrelerinin ve networklerinin aktivasyonlarını vermesi sebebiyle yol gösterici olması niteliği taşıyabileceğinden klinikte bellek deneyleri sırasında kullanılabilirliği görüşündeyiz.

Tulving tarafından tanımlandığı şekliyle epizodik bellek , anlamsal bellekten farklı olarak belirli bir zaman ve yer ile ilişkili geçmiş olayların bilinçli olarak hatırlanmasını sağlayan bir nörobilişsel bellek sistemini ifade eder (168). Lee ve ark,



sözel ve görsel uyaranların epizodik bellekteki bellek süreçleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmaları, sol lateral prefrontal kortekste sözlü hafıza görevlerinin bölgesel serebral kan akışı değişiklikleri ile ilişkili olduğunu bulmuştur (169). Çalışmamızda kodlama görevi sırasında katılımcıları 12 çift eşleştirilmiş kelimeyi öğrenmeleri için kelime çiftleri 5 kere sunulmuş, her kodlama görevini geri çağırma görevi takip etmiştir. Literatürle uyumlu olarak kodlama görevi sırasında sol prefrontal kortekste oksihemoglobin miktarında artış bulunmuştur. Çalışmamızda kullandığımız deney paradigmasında sözel bilgiler kullandığımız için literatürle de uyumlu olarak sol prefrontal kortekste aktivasyon olduğunu düşünmekteyiz.

Teta frekansı (4-8 Hz) dalgalanmaları uzun zamandır öğrenme ve hafıza ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, epizodik bellekle ilgili insan çalışmaları, başarılı öğrenme ve hatırlamada teta'nın rolü için karışık kanıtlar sağlamıştır (170). Klimesch, kısa süreli epizodik bellek yüklerinin, daha fazla senkronizasyon anlamına gelen teta bant gücünde bir artışa neden olduğunu bildirmiştir (171). Raghavachari ve ark, Sternberg benzeri bir çalışma belleği görevinde sözlü bilgilerin kodlanması sırasında insanlarda kortikal teta aktivitesinde güçlü bir artış olduğunu göstermiştir. Bu artan teta aktivitesi, bilginin alınması gerekene kadar bir saklama süresi boyunca sürdürülmüştür (172). Sonuçlarımızda literatürle uyumlu olarak kodlama görevinde frontoparietal bölgede güçlü teta aktivasyonları bulunmuştur. Frontal, oksipital ve temporal bölgelerde de teta aktivasyonları görülmüştür. Çalışmamızda sözlü uyaran ve epizodik belleği değerlendiren eşleştirilmiş kelime çiftlerini kullanmamız sebebiyle epizodik bellek ile de yakından ilişkilendirilen frontal bölgelerde teta aktivasyonları bulduğumuzu düşünmekteyiz.

Epizodik bellek, bilgilerin belirli bir öğrenme bağlamı ve kişisel deneyime bağlı bilgilerin depolandığı ve kontrol edildiği bir sistemi tanımlamaktadır (173). Bilginin epizodik uzun süreli belleğe kodlanması ve epizodik bellekten bilginin alınması sırasında kortikal teta aktivitesinin arttığı bildirilmiştir (174). Klimesch ve ark denekleri belirli bir öğenin daha önce bir çalışma aşaması sırasında sunulduğunda inandıkları güveni derecelendirmek zorunda oldukları bir deneye tabi tutulmuştur. Bu güven derecesi (epizodik hafıza iz gücünün bir işareti olarak görülebilir), dorsolateral-prefrontal ve parietal teta aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (137). Son yirmi yılda,

eşleştirilmiş ilişkili öğrenme paradigması, epizodik bellek performansını değerlendirmek için en yaygın kullanılan paradigmalardan biri haline gelmiştir. Eşleştirilmiş ilişkili öğrenme görevinde, bir çiftin bir ögesi, diğer ögenin hatırlanması için kullanılır ve deneğin, eşleştirilmiş öğeler arasında bir ilişki kurma yeteneği değerlendirilmektedir (175). Çalışmamızda kullanmış olduğumuz sözel öğrenme deneyi eşleştirilmiş kelime çiftlerinden oluşmaktadır. Eşleştirilmiş kelime çiftlerinin kodlanması ve geri çağırılmasında kortikal bölgelerde özellikle temporal, frontal, frontoparietal ve oksipital bölgelerde güçlü teta aktivasyonları görülmüştür. Öğrenme sırasında sözel bellek taleplerindeki artışa yanıt olarak prefrontal, frontoparietal bölgelerde nöronların senkronize hale geldiğini ve bunun sonucunda EEG teta bant gücünün arttığını varsayıyoruz.

Fizyolojik veriler, kodlama ve geri çağırma ile ilişkili teta frekansı salınımlarını göstermiştir. Veriler, kortikal devreler içinde kodlama ve geri alma dinamiklerini belirlemede teta ritminin kuramlaştırılmış bir rolünü desteklemiştir. Sammer ve ark çalışmalarında kodlama ve bilginin saklanması sırasında teta aktivitesinin amplitüdünün arttığını bulmuştur (176). Çalışmamızda kodlama ve geri çağırma görevlerinde teta aktivasyonunda artış gözlemlendi. Mevcut literatürden farklı olarak kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevleri sırasında kortikal bölgelerde güçlü delta yanıtları bulundu. Hipokampus ve prefrontal korteks arasındaki nöral yanıtların senkronizasyonunda belirli frekansların rolü konusunda bir fikir birliği ortaya çıkmamış olsa da, kemirgenler, insan olmayan primatlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalar, hipokampusta delta-teta ritminin (0,5-8 Hz) belirgin işlevsel rollerine işaret etmiştir (177–179). Bu, delta-teta salınımlarının tercihen hipokampusun prefrontal korteks ile senkronizasyonuna katkıda bulunabileceği önerisine yol açmıştır (180). Das ve ark sözlü bellek kodlama ve hatırlama görevleri sırasında intrakraniyal EEG kayıtları (26 katılımcı, 16 kadın) kullanarak hipokampus ve lateral PFC arasındaki doğrusal olmayan nedensel etkileşimleri araştırdıkları çalışmalarında hipokampusun delta-teta bandındaki PFC üzerinde güçlü bir ileri beslemeli nedensel etkiye sahip olduğunu söylemiştir (181). Çalışmamızda prefrontal bölgelerde sözel öğrenme deneyi sırasında çıkan delta aktivasyonlarının

hipokampusun delta-teta bandındaki prefrontal korteks üzerindeki güçlü ileri beslemesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Bellek çalışmalarında teta ritminin bellek oluşumuna dahil olduğu bildirilmiştir. Bazı çalışmalar başarılı bellekle ilişkili teta gücündeki artışları gözlemlerken, diğer çalışmalar başarılı bellek oluşturma veya geri çağırma sırasında yüksek frekansta artış gözlemlemiştir. Tesche ve Karhu bir sözel öğrenme deneyinde geri çağırma aşaması sırasında insan hipokampusünde uyarılmış teta salınımları elde etmiştir (182). Wu ve ark sağlıklı deneklerde sadece sözlü ve sadece görsel-uzaysal bilgileri kodlamaları gereken bir EEG çalışması yürütmüştür. Deneyde bilateral dorsalateral prefrontal kayıt bölgelerinde güçlü teta aktivasyonu elde etmiştir (176). Geri çağırma görevinde katılımcılara her öğrenme aşamasından sonra kelime çiftlerinden ilki sunulmuş ikinci kelimeyi hatırlayarak söylemeleri istenmiştir. Wu ve ark. çalışmasıyla uyumlu olarak geri çağırma görevi sırasında frontoparietal ve dorsalateral bölgelerde teta salınımları görülmüştür. Sarnthein ve ark. görsel-uzaysal materyalin sunulması sırasında sağ yarıkürede artan frontotemporal bağlantı varken özellikle sözlü bilgilerin tutulması sırasında prefrontal ile sol temporoparietal teta eşleşmesi elde etmiştir (183). Benzer bulguları Sauseng ve ark. kodlama ve geri çağırma süreçleri sırasında da rapor etmiştir (166). Çalışmamızda kodlama görevi sırasında her iki bölgede güçlü teta salınımları kaydedilmişken, literatürle uyumlu olarak geri çağırma görevi sırasında sağ hemisferde daha güçlü teta salınımları görüldü. Çalışmamızın bu sonuçlarının hemisferik kodlama/geri alma asimetrisi (HERA) modeliyle -kodlamada sol prefrontal korteks geri çağırma sağ prefrontal korteks aktivasyonu- uyumlu olduğunu düşünmekteyiz.

Yürütücü işlevler, özellikle yeni veya karmaşık durumlarda, alt düzey bilişsel işlemleri kontrol ederek, örneğin hedefe yönelik davranış ve düşünceleri esnek bir şekilde oluşturmayı, düzenlemeyi ve izlemeyi sağlayan üst düzey bilişsel süreçler olarak adlandırılmaktadır (184). Sauseng ve ark. çalışmalarında frontal ve frontoparietal teta bağlantısının merkezi yürütücü işlevleri yansıttığına dair kanıtlar bulmuştur (174). Genel olarak teta aktivitesi aynı zamanda dikkat işleme, uzamsal yetenek ve (epizodik) uzun süreli bellek süreçleriyle de ilişkilidir (137). Çalışmamızda yürütücü işlevleri test etmek için stroop görevi kullanılmıştır. Stroop enterferansı nötr

ve uyumsuz durumlar kullanılarak izlenmiştir. Seçilen renkler kırmızı, yeşil ve mavidir. Katılımcılardan iki satır halinde renk isimleri bulunan siyah zeminli ekranda, üstteki satırda yazan kelimeyi ihmal edip kelimenin yazıldığı rengi ikinci satırda siyah renkli yazılmış kelimeyle karşılaştırması istenmiştir. Eğer üstteki kelimenin rengi alttaki kelimenin kendisi ise klavyede 1'e, değilse 2'ye basması istenmiştir. Kodlama ve stroop görevleri sırasındaki teta korelasyonlarını incelediğimizde parietal ve temporal bölgelerde pozitif yönde ilişki bulunmuştur. Çalışmamızda ortaya çıkan pozitif yönde anlamlı teta korelasyonlarının yürütücü işlevler ve epizodik bellek ile sıklıkla ilişkilendirilen teta gücünden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Fonksiyonel görüntüleme çalışmaları, sözlü kelime öğrenimi sırasında sol posterior temporo-parietal bölgenin aktivasyonunun olduğunu ortaya koymuştur (185). Sol prefrontal, prekunealar ve parietal alanlar, kelime listelerinin alınması ve işlenmesi ile ilişkilendirilmiştir (186). Hwang ve ark. sözel ve sözel olmayan çalışma belleğini araştırdıkları EEG, ve fMRI çalışmalarında Sternberg deneyini kullanmıştır. Sternberg görevinin çalışma, akılda tutma ve geri çağırma aşamalarında sözlü uyaranların genellikle sözsüz uyaranlardan daha fazla salınım gücü ortaya çıkardığını bulmuştur. Delta bandında bilateral ve alfa ve beta bandında frontal ve oksipital alanlarda gelişmiş sözel güç bulunmuştur (187). Çalışmamızda sözel öğrenme deneyinde delta bandında frontal, oksipital ve literatüre ek olarak temporoparietal alanda aktivasyon görüldü. Sol posterior temporal (Brodmann' QEEG ile ölçüldüğü üzere 21, 22 ve Brodmann alanı 37) ve alt parietal loblar (Brodmann alanı 39) alanların sözel sözcük (kelime) temsillerini depolayan nöronal ağları içerdiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, daha önce bahsedildiği gibi, normal denekleri kullanan çok sayıda fonksiyonel beyin görüntüleme çalışması, kelime listelerinin hafızasının sol posterior temporal ve sol alt parietal lobların aktivasyonu ile ilişkili olduğunu göstermiştir (188). Sonuçlarımızda çıkan aktivasyon bölgelerinin sözcük temsillerini oluşturan ve depolayan bu nöronal ağlarla örtüştüğünü öngörmekteyiz.

Kafa derisi EEG'nin alfa ritmi, gözler kapalıyken oksipital lobda ölçülen 8-12 Hz frekans aralığına düşmektedir. Alfa ritminin klasik bir işlevsel hipotezinde bunun kortikal inhibisyonla ilişkili olduğu düşünülmüştür (189). Buna karşılık, frontoparietal bölgedeki alfa aktivasyonun zeka, hafıza ve öğrenme performansı ile yüksek oranda

ilişkili olduğu bulunmuştur (190). Klimesch ve ark. olayla ilgili alfa aktivitesinin hem çalışma belleği hem de epizodik hafıza performansı ile ilişkili olduğunu bulmuştur (191). Biz de çalışmamızda kodlama, geri çağırma ve uzun süreli bellek görevlerinde frontal, parietal ve temporal bölgede artan alfa aktivitesini bulduk. Aynı zamanda yürütücü işlevler ve sözel öğrenme deneyinde alfa aktivasyonunda frontal bölgede pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulundu. Stroop performansının yetişkinlerde epizodik hafıza ile ilişkili olduğu göz önüne alındığında yürütücü işlevlerin hafıza kodlamasına ve dolayısıyla geri çağırmaya katkıda bulunduğunu düşünmekteyiz.

Teta aktivasyonu epizodik bellek ile sürekli ilişkilidir. Alfa gücü ve epizodik bellek arasında da güçlü bağlantılar olduğu bildirilmiştir (171). Yürütücü işlevlerde EEG üzerine yapılan araştırmaların çoğu alfa aktivitesine odaklanmıştır (192,193) Biz çalışmamızda yürütücü işlevler ve öğrenme arasındaki ilişkileri incelemek için teta, alfa ve delta aktivasyonlarına odaklandık. Wisconsin Kart Sıralama Görevi'ndeki performansının yetişkinlerde epizodik hafıza ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. (194). Çalışmamızda sözel öğrenme deneyi ve stroop deneyi arasında frontal, parietal ve temporal bölgelerde delta, teta ve alfa bantlarında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu. Bu bulgu göz önünde bulundurulduğunda bilişsel esnekliğin (stroop görevi tarafından belirtilen bir yürütücü işlevler) aynı zamanda hafıza esnekliğine ve dolayısıyla kodlamaya ve geri almaya katkıda bulunduğunu düşünmekteyiz.

Bellek performansı, aşinalık temelli süreçlerden ziyade yürütücü işlevlere bağlıdır ve yaşlanan popülasyonların hatırlamada eksiklikler göstermekte, ancak aşinalık performansında eksiklik göstermemektedir (195). Biz de çalışmamızda yürütücü işlevler ve geri çağırma görevleri sırasında teta ve alfa salınımlarında pozitif yönde anlamlı ilişkiler bulduk. Ayrıca, hatırlama kusurlarının yürütücü işlevler yeteneği ile ilişkili olduğunu tahmin etmekteyiz.

Yürütücü işlev, prefrontal korteksin işlevleriyle ilişkili bir zihinsel süreç ailesini içermektedir (196). Blankenship ve ark., yürütücü işlevlerin ve frontotemporal uyumun epizodik hafızanın güncelleğine ve tanıma performansına katkılarını incelemek amacıyla 108 kadın katılımcıyla yaptıkları EEG çalışmasında epizodik bellek için soyut resimleri tanıma ve hatırlama görevini ve yürütücü işlevler için Wisconsin Kart Eşleme testini kullanmıştır (193). Sözel görevleri kullanan çok sayıda

çalışmanın, her iki yarıkürede de iki taraflı aktivasyonlar gösterdiği dikkat çekmektedir (187). Çalışmamızda alfa ve teta bantlarında yürütücü işlevler ve sözel öğrenme arasında frontal, frontoparietal ve temporal bölgelerde pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu. Teta aktivasyonun geri çağırma görevinde kodlama görevinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durumun teta frekans bandının tanıma denemeleri sırasında yenilik denemelerinden daha fazla tutarlılığa sahip olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Medial temporal bellek sisteminin bir alt bileşeni olan parahipokampal girus, bellek kodlamasında dolaylı olarak yer almıştır, çünkü parahipokampal aktivasyon tanıdık uyaranlara göre yeni uyaranların işlenmesi sırasında daha fazladır (127). Bellek kodlama ve geri alma süreçleri, medial-temporal ve posterior parietal alanları, hipokampusu ve prefrontal korteksi içeren geniş bir beyin ağı tarafından desteklenmektedir; ikincisi epizodik bellek için özellikle önemlidir (197). Çalışmamızda kodlama ve geri çağırma görevleri sırasında hemodinamik yanıtlarda medial temporal bölge, prefrontal bölge ve superior parietal bölgede anlamlı aktivasyon bulundu. Elde ettiğimiz aktivasyon bölgeleri çeşitliliği ve dağılımını göz önünde bulundurduğumuzda epizodik belleğin geniş bir beyin ağı tarafından desteklendiğini düşünmekteyiz. Sonuçlarımız bu geniş beyin ağına yönelik literatürü doğrulamıştır. Ek olarak, kodlama görevi sırasında frontal ve temporal bölgelerde geri çağırma göreviyle kıyasladığımızda daha fazla anlamlı aktivasyon saptandı. Bu bulgunun yeni uyaranların işlenmesi sırasında aktivasyonun daha fazla olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz.

PFC'nin farklı alt bölgeleri, farklı anımsatıcı süreçleri tarafından toplanmaktadır: HERA modeline göre sol PFC aktivasyonu kodlama sırasında geri çağırma aşamasından daha büyük bir aktivasyon göstermiştir. Sağ prefrontal korteks aktivasyonu geri çağırma sırasında kodlamadan daha büyüktür (197). Nörogörüntüleme çalışmalarında bellekle en sürekli ilişkilendirilen PFC alt bölgesi VLPFC olmasına rağmen DLPFC son zamanlarda spesifik olarak önem kazanmıştır (197). Sonuçlarımızda da literatürle uyumlu olarak, kodlama görevi sırasında DLPFC'de oksihemoglobinin miktarında artış bulundu. Sözel öğrenmede DLPFC'in etkin olduğunu düşünmekteyiz.

Bellek, bilgi işlemenin bilinçli farkındalığını gerektirir ve kodlamayı ve geri almayı kolaylaştırmak için yürütücü işlevler gibi diğer birçok bilişsel süreçle etkileşime girer. Cutini ve ark., yaptıkları bir derleme çalışmasında bellek ve öğrenme araştırmalarında fNIRS çalışmaları, sağlıklı ve klinik popülasyonlarda çalışma belleği ve dikkat görevleri sırasında PFC oksijenasyon modellerinde bir artış (yani O<sub>2</sub>Hb'de bir artış ve buna eşlik eden HHb konsantrasyonlarında azalma) ortaya çıktığını bulmuştur (198). Çalışmamızda stroop deneyi ve öğrenme deneyi sırasında kaydedilen hemodinamik yanıtları incelediğimizde, yürütücü işlevler ve sözel öğrenme deneyleri sırasındaki aktivasyonun PFC ile örtüştüğü görüldü. Hatırlama performansının, aşinalık temelli süreçlerden ziyade yürütücü işlevlerle ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Yürütücü işlevler, kodlama ve sonraki geri alma süreci için çok önemlidir(199) Kirchoff arkadaşları, prefrontal ve temporal lobun kodlamaya katkılarını incelemek için içerik (resim/kelime), yenilik (yeni/tekrarlanan) ve müteakip bellek (hatırlanan/unutulan) deneylerini kullandıkları fMRI çalışmalarında PFC'nin ve medial temporal lobun epizodik hafızaya katıldığını bildirmiştir (200). Kelime çifti görevi, epizodik hafızanın iki aşamasını yani öğrenme ve hatırlamayı test etmektedir. Bir epizodik bellek görevi olan kelime çifti görevi, iki aşamayı yani öğrenme ve hatırlamayı içeriyordu (201). Katılımcılardan eşleştirilmiş kelimeyi bildirmeleri istendi. Sonuçlarımızda kodlama görevi sırasında DLPFC'de hemodinamik yanıtta anlamlı artış görüldü. Prefrontal korteksin epizodik belleğin kodlama süreçleri ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz.

Nörogörüntüleme çalışmaları, merkezi yürütme süreçlerinin karmaşık bir fronto-parietal ağ ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Lepage ve ark. ve Murray ve Ragnanth çalışmalarında ilişkisel kodlama için DLPFC aktivitesinin arttığını bildirmiştir (6,89). Park ve ark. ise ilişkisel kodlama sırasında VLPFC aktivitesinin arttığını bildirmiştir (202). Sonuçlarımız Lepage ve ark. ve Murray ve Ragnanth çalışmalarını destekleyecek şekilde, 12 çift ilişkisiz kelimenin sunulduğu kodlama görevi sırasında DLPFC'te oksihemoglobin düzeyinde anlamlı artış elde edildi. Epizodik bellek taleplerindeki artışa yanıt olarak prefontal kortekste oksihemoglobin miktarının arttığını ve bunun sonucunda hemodinamik yanıtın arttığını varsayıyoruz.

Geri çağırma, karar verme ve davranışı değiştirmeye yardımcı olabilecek depolanmış bellek izlerine erişmeyi içermektedir(33). Giovanello ve ark., sağlıklı yaşlı yetişkinlerde ilişkisel geri çağırma görevi sırasında fMRI kullanmıştır. Çalışmada, katılımcıların iki isme bakmaları ve kelimelerle ilgili gizlice bir cümle oluşturmaları istenmiştir. İlişkisel görevde, katılımcılar iki kelimenin daha önce birlikte görülüp görülmediğini belirtmiştir. Genç erişkinlerde geri çağırma görevi sırasında sol posterior ventrolateral prefrontal korteks ve bilateral hipokampal bölgede aktivasyonun arttığını bildirmiştir (203). Sonuçlarımızda literatürle farklı olarak geri çağırma görevi sırasında temporopolar alan ve superior temporal girusta aktivasyonun anlamlı olarak arttığı bulundu. fNIRS'ın uzaysal çözünürlüğünün fMRI'dan az olması sebebiyle alt kortikal yapıların aktivasyonlarını elde edilemediği düşüncesindeyiz.

PET ve fMRI çalışmaları epizodik belleğin PFC ve temporal lob katılımıyla desteklendiğini göstermiştir. Sonuçlar özellikle DLPFC, VLPFC, temporal lob ve sol PFC aktivasyonu ile ilişkilidir (118,204,205). Ferreri ve ark. çalışmalarında müzik ve kelime hafızası arasındaki bağlantıyı araştırmıştır. Yirmi iki sağlıklı genç yetişkin, bir müzik veya sessiz bir arka plan varlığında kelimeleri kodlarken, bilateral DLPFC'nin fNIRS görüntülemesine tabi tutulmuştur. İlişkisel geri çağırma sırasında ilişkisel kodlama görevine göre nöral aktivitenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir (34). Mandzia ve ark., yaşlı bireylerde fotoğrafların kodlanmasına ilişkin yaptıkları fMRI çalışmasında kodlamaya kıyasla geri çağırma sırasında prefrontal bölgelerde daha yüksek beyin aktivasyonu göstermiştir (206). Çalışmamızda yalnızca temporopolar, superior temporal girus ve broka bölgelerinde geri çağırma sırasındaki aktivasyonun kodlama sırasından anlamlı olarak daha fazla olduğu bulundu.

Tanıma, halihazırda sunulan bir öğeyle daha önce karşılaşıp karşılaşılmadığını belirleme yeteneğidir. İki süreç tanımayı sağlayabilir: aşinalık ve hatırlama. Tanıma işlemini desteklemek için alınan bilgi türü, bu süreçleri farklılaştırır. Aşinalık, yalnızca, ek bilgilerin farkında olmadan tanınan öğenin gücüne dayanır. Hatırlama, kodlama sırasında bir öğeyle ilişkilendirilen bağlamsal bilginin geri çağırıldığını gösterir (207). Bir çalışma, yaşlı katılımcı grubunda yürütücü işlev ölçümleri ile rapor edilen anımsama deneyiminin miktarı arasında korelasyonlar olduğunu göstermiştir (208). Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak bellek



performansı ve yürütücü işlevler arasında anlamlı ilişkiler bulundu. Yürütücü işlevlerin başarılı kodlama ve yüksek hafıza performansı üzerinde etkili bir rolü olduğunu tahmin ediyoruz.

Hatırlama, kodlamada oluşturulan zihinsel temsilin hatırlanmasının eşlik ettiği tanıma ile karakterize edilmektedir. Bugaiska ve ark. hatırlama, işlem hızı ve yürütme işlevinde yaşa bağlı düşüş arasındaki ilişkileri araştırmıştır (195). Bu işlevi, tek bir karmaşık yürütme görevi olan Wisconsin Kart Sıralama Testi kullanılarak değerlendirmiştir. Sonuçlar, hatırlama deneyiminde yaşın etkisinin, işlem hızının azalmasıyla değil, yürütme işlevi tarafından belirlendiğini göstermiştir. Çalışmamızda yürütücü işlevler, kodlama görevi, anlık bellek ve toplam öğrenme performansı arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu. Kodlama ve yürütücü işlevler sırasında prefrontal temporal bölgelerin aktivasyonun öğrenme performansını istatistiksel olarak tahmin ettiğini düşünüyoruz.

Sıçan hipokampusünde, teta salınımları, bellek geri çağırma ve uzamsal gezinme sırasında nöral toplulukların aktivitesini geçici olarak yapılandırmıştır (209) ve bu salınımlar başarılı öğrenme ve akılda tutma ile bağlantılıdır (210). Clarke ve ark. koşullu ilişkisel öğrenme sırasında doğru hatırlanan nesnelere sırasında teta aktivasyonun arttığını bildirmiştir. Çalışmamızda öğrenme performansı ile kodlama görevi sırasında ortaya teta salınımlarında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. Bu bulgular doğrultusunda başarılı bellek kodlaması sırasında teta aktivitesinin artışının başarılı geri çağırma ve hafıza performansı ile ilişkili olduğunu tahmin ediyoruz.

Hayvan çalışmaları, bir ortam içinde hareket etme, yeniliğe yönelme, koşullanma, öğrenme hızı, bir ortamı öğrenme derecesi, bellek performansı ve REM uykusu ile ilişkili olarak teta'yı tanımlamıştır (121,211). Teta, hipokampus yoluyla bilgi akışının zamansal işbirliğini kolaylaştırırken, hipokampal etkileşim, teta'yı bellek ağlarına dahil etmiştir (212). Çalışma belleği etkinliğinin alfa gücündeki değişikliklerle eşzamanlı ilişkisi, bellek işlemede alfanın rolü hakkında canlı bir tartışmayı ateşlemiştir. Özellikle, alfanın çalışma belleği sırasındaki aktivitesi, dikkat ve genel olarak yukarıdan aşağıya süreçler arasındaki rolü tartışılmaktadır (213). Çalışmamızda anlık bellek performansı ve yürütücü işlevler görevi sırasında ortaya

ıkan alfa aktivasyonunda frontal, frontoparietal, oksipital ve temporeparietal bölgelerde pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu. Hafızadan geri çağırmanın içsel temsillere yönelik seçici bir dikkat biçimini yansıtabileceğini düşünmekteyiz. Frontoparietal bölgedeki alfa aktivitesinin hafıza performansı ve zeka ile yüksek oranda ilişkili olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bireylerin yürütücü iŐlevlerinde bir etkilenme olduğunda bunun anlık bellek performansını etkileyebileceğini öngörüyoruz.

PET ve olayla ilgili potansiyel çalışmalar, sözel çalışma belleğinin daha çok sol hemisferik ağ ile ilişkili olduğunu, uzamsal çalışma belleğinin ise öncelikle sağ hemisferik beyin alanlarını aktive ettiğini göstermektedir Merkezi yürütücü işlevler için tutarlı hemisferik farklılıklar o kadar iyi belgelenmemiŐ olsa da, bunların prefrontal alanlarla ilişkileri tartışılmaktadır (214,215). Çalışmamızda yürütücü işlevler ve sözel öğrenme arasında prefrontal kortekste anlamlı ilişki bulundu. Bu nedenle, prefrontal korteksin, merkezi yürütme ve depolama işlevleri arasındaki etkileŐimi yansıttığını tahmin ediyoruz.

Hafızada tutma ve geri çağırma önemli öğrenme süreçleridir. Alıkoyma bilgiyi tutma yeteneğidir ve geri alma, dış uyaranlara yanıt olarak zihinde tutulan bilgilerin hatırlanmasıdır. Bilişsel araştırma literatürü bu süreçlerin birbiriyle ve ayrıca öğrenme, test etme ve hafızanın kapasite sınırı ve dikkat gibi faktörlerle ilişkili olduğunu vurgulamıŐtır (22). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular yürütücü işlevler ve sözel öğrenme arasında anlamlı bir ilişki olduğuna dair olan hipotezimizi (H1) doğrulamıştır.

### ***Çalışmanın güçlü yanları***

Çalışma sözel öğrenme ve yürütücü işlevler ararsındaki ilişkiyi hem davranışsal verilerle hem de beynin hemodinamik ve elektrofizyolojik yanıtlarını da ölçmesi yönüyle güçlüdür.

### ***Çalışmanın limitasyonları***

Çalışmamızda kullandıığımız stroop deneyi yürütücü işlevleri değerlendirme konusunda sınırlı kalmıŐtır. Gelecek çalışmalarda araŐtırmacılara sağlıklı bireylerde yürütücü işlevler deneyi için daha zorlu bilişsel süreçleri içeren Wisconsin Kart

Eşleme Testini kullanmaları önerilmektedir. Gelecek çalışmalar için örneklem grubunun artırılmasını önerilmektedir. Ek olarak fNIRS ve EEG verilerini birlikte analiz edilmemiş ve yorumlanmamış olması bu çalışmanın limitasyonlarından biridir.



## 8. SONUÇ

Yürütücü fonksiyonlar ve sözel öğrenme arasındaki ilişkiyi fNIRS ve EEG ile araştırılmayı amaçladığımız çalışma sonucunda:

- Sözel öğrenme deneyinin kodlama görevi sırasında fNIRS sonuçlarında DLPFC’te oksihemoglobin miktarının arttığı bulundu.
- Sözel öğrenme deneyinin geri çağırma görevi sırasında fNIRS sonuçlarında temporopolar, superior temporal girus ve broka bölgesinde oksihemoglobin miktarında artış olduğu sonucuna ulaşıldı.
- Sözel öğrenme deneyinin uzun süreli bellek görevi sırasında fNIRS sonuçlarında wernicke bölgesi ve parietal kortekste oksihemoglobin miktarının arttığı görüldü.
- Kodlama görevi sırasında DLPFC’te en fazla aktivasyon, kodlama görevi sırasında sırasıyla uzun süreli bellek ve geri çağırma görevlerinde görüldü.
- Superior temporal girus, temporopolar ve broka alanında en fazla aktivasyon, geri çağırma görevi sırasında sırasıyla kodlama ve uzun süreli bellek görevlerinde tespit edildi.
- Wernicke bölgesi, superior parietal lob, supramarginal girus ve post santral girus bölgelerinde en fazla aktivasyon, uzun süreli bellek görevi sırasında sırasıyla kodlama ve geri çağırma görevlerinde saptandı.
- Kodlama görevinde 0-3000 ms aralığında delta yanıtında frontoparital bölgede diğer bölgelerden daha güçlü delta yanıtları görüldü. Aynı zamanda temporal ve parietal bölgelerde de delta yanıtları görüldü.
- Kodlama görevinde 0-1000 ms aralığında teta yanıtında frontoparietal ve frontal bölgede diğer bölgelerden daha güçlü teta yanıtları görüldü. Oksipital bölge ve temporal bölgede de teta yanıtları görüldü.
- Kodlama görevinde 0-1000 ms aralığında frontoparietal bölgede alfa yanıtı görüldü.
- Kodlama görevi sırasında sol hemisferde sağ hemisferden daha güçlü aktivasyonlar görüldü.
- Geri çağırma görevinde 0-3000 ms aralığında delta yanıtında frontoparietal, frontal ve temporal bölgelerde diğer bölgelerden daha güçlü delta yanıtları

görüldü. Aynı zamanda parietal ve oksipital bölgede de güçlü teta yanıtları bulundu.

- Geri çağırma görevinde 0-1000 ms aralığında teta yanıtında frontoparietal bölgede diğer bölgelerden daha güçlü teta yanıtları bulundu. Frontal temporal ve oksipital bölgede de teta yanıtları görüldü.
- Geri çağırma görevinde 0-1000 ms aralığında alfa yanıtında alfa yanıtında parietal ve oksipital bölgede diğer bölgelerden daha güçlü alfa yanıtları görüldü.
- Geri çağırma görevi sırasında sağ hemisferde sol hemisferden daha güçlü aktivasyonlar olduğu sonucuna ulaşıldı.
- Geri çağırma görevi sırasında en güçlü aktivasyonda delta bandında ortaya çıktı.
- Uzun süreli bellek görevinde delta yanıtında temporal ve frontoparietal bölgede diğer bölgelerden daha güçlü delta yanıtı bulundu. Frontal, parietal ve oksipital bölgede de güçlü delta yanıtları görüldü.
- Uzun süreli bellek görevinde teta yanıtında temporopolar bölgede diğer bölgelerden daha güçlü teta yanıtı bulundu. Frontoparietal ve parietal bölgede de teta yanıtları görüldü.
- Uzun süreli bellek görevinde alfa yanıtında temporoparietal ve oksipital bölgede diğer bölgelerden daha güçlü alfa yanıtı bulundu.
- Uzun süreli bellek görevi sırasında sağ hemisferde sol hemisferden daha güçlü aktivasyonlar saptandı.
- Yürütücü işlev deneyinin stroop görevinde delta yanıtında frontoparietal bölgede diğer bölgelerden daha güçlü delta yanıtları bulundu. Frontal ve temporal bölgede de delta yanıtları görüldü.
- Stroop görevinde alfa yanıtında oksipital bölgede diğer bölgelerden daha güçlü alfa yanıtı bulundu. Frontal ve frontoparietal bölgede de alfa yanıtları görüldü.
- Kodlama ve stroop görevinde frontal bölgede delta yanıtında; parietal ve temporal bölgede teta yanıtında; frontal ve frontoparietal bölgede alfa yanıtında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu.

- Geri çağırma görevi sırasında delta yanıtında ilişki bulunmadı; oksipital bölgede teta yanıtında; frontal, temporal ve temporoparietal bölgede alfa yanıtında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu.
- Uzun süreli bellek ve stroop görevinde oksipital bölgede delta yanıtında; oksipital bölgede teta yanıtında; frontal, frontoparietal bölgede alfa yanıtında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu.
- Anlık bellek ve kodlama görevi arasında alfa aktivasyonunda frontal (F3, F4), frontoparietal (FP1, FP2) ve temporal (T7) bölgede; toplam öğrenme puanı ve kodlama görevi sırasında frontal (F3, F4), frontoparietal (FP1), parietal (P3) ve temporal (T7, T8) bölgede istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi.
- Anlık bellek ve kodlama görevi arasında teta aktivasyonunda temporal (T7) ve temporoparietal (TP8) bölgede; toplam öğrenme puanı ve kodlama görevi arasında frontal ve temporal bölgede; uzun süreli bellek puanı ve kodlama görevi arasında frontoparietal bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi.
- Anlık bellek ve uzun süreli bellek görevi arasında teta aktivasyonunda temporal ve temporoparietal bölgede; toplam öğrenme puanı ve uzun süreli bellek görevi arasında frontal ve temporal bölgede; uzun süreli bellek puanı ve uzun süreli bellek görevi arasında frontoparietal bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi.
- Anlık bellek ve stroop arasında alfa aktivasyonunda frontal, frontoparietal, oksipital temporeparietal bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi.
- Anlık bellek ve stroop arasında delta korelasyonlarında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
- Anlık bellek ve stroop arasında teta aktivasyonunda oksipital, parietal bölgelerde; toplam öğrenme ve stroop arasında teta aktivasyonunda parietal bölgelerde istatistiksel olarak pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi.

## 9. KAYNAKLAR

1. Fero, L. J., O'Donnell, J. M., Zullo, T. G., Dabbs, A. D., Kitutu, J., Samosky, J. T., & Hoffman, L. A. (2010). Critical thinking skills in nursing students: Comparison of simulation-based performance with metrics. *Journal of Advanced Nursing*, 66(10), 2182-2193.
2. Fibiger HC. Cholinergic mechanisms in learning, memory and dementia: a review of recent evidence. *Trends Neurosci.* 1991;14(6):220–3.
3. Mesulam M. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol Off J Am Neurol Assoc Child Neurol Soc.* 1990;28(5):597–613.
4. Spaniol J, Davidson PSR, Kim ASN, Han H, Moscovitch M, Grady CL. Event-related fMRI studies of episodic encoding and retrieval: meta-analyses using activation likelihood estimation. *Neuropsychologia.* 2009;47(8–9):1765–79.
5. Manenti R, Cotelli M, Robertson IH, Miniussi C. Transcranial brain stimulation studies of episodic memory in young adults, elderly adults and individuals with memory dysfunction: a review. *Brain Stimul.* 2012;5(2):103–9.
6. Murray LJ, Ranganath C. The dorsolateral prefrontal cortex contributes to successful relational memory encoding. *J Neurosci.* 2007;27(20):5515–22.
7. Ranganath C. Binding items and contexts: The cognitive neuroscience of episodic memory. *Curr Dir Psychol Sci.* 2010;19(3):131–7.
8. Blumenfeld RS, Ranganath C. Prefrontal cortex and long-term memory encoding: an integrative review of findings from neuropsychology and neuroimaging. *Neurosci.* 2007;13(3):280–91.
9. Ferrari M, Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage.* 2012;63(2):921–35.
10. Sperling R. Functional MRI studies of associative encoding in normal aging,

- mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *Ann N Y Acad Sci.* 2007;1097(1):146–55.
11. Morris JC, McKeel DW, Storandt M, Rubin EH, Price JL, Grant EA, et al. Very mild Alzheimer's disease: Informant-based clinical, psychometric, and pathologic distinction from normal aging. *Neurology.* 1991;41(4):469.
  12. Gallo DA, Sullivan AL, Daffner KR, Schacter DL, Budson AE. Associative recognition in Alzheimer's disease: evidence for impaired recall-to-reject. *Neuropsychology.* 2004;18(3):556.
  13. Gould RL, Arroyo B, Brown RG, Owen AM, Bullmore ET, Howard RJ. Brain mechanisms of successful compensation during learning in Alzheimer disease. *Neurology.* 2006;67(6):1011–7.
  14. Vannest J, Maloney T, Kay B, Siegel M, Allendorfer JB, Banks C, et al. Age related-changes in the neural basis of self-generation in verbal paired associate learning. *NeuroImage Clin.* 2015;7:537–46.
  15. Glahn DC, Robinson JL, Tordesillas-Gutierrez D, Monkul ES, Holmes MK, Green MJ, et al. Fronto-temporal dysregulation in asymptomatic bipolar I patients: A paired associate functional MRI study. *Hum Brain Mapp.* 2010;31(7):1041–51.
  16. Sidhu MK, Stretton J, Winston GP, Bonelli S, Centeno M, Vollmar C, et al. A functional magnetic resonance imaging study mapping the episodic memory encoding network in temporal lobe epilepsy. *Brain.* 2013;136(6):1868–88.
  17. Fossati P, Amar G, Raoux N, Ergis AM, Allilaire JF. Executive functioning and verbal memory in young patients with unipolar depression and schizophrenia. *Psychiatry Res.* 1999;89(3):171–87.
  18. Vanderploeg RD, Schinka JA, Retzlaff P. Relationships between measures of auditory verbal learning and executive functioning. *J Clin Exp Neuropsychol [Internet].* 1994 Apr 1;16(2):243–52.
  19. Hanslmayr S, Staudigl T. How brain oscillations form memories - A processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. *Neuroimage*



- [Internet].2014;85:648–55.
20. Hsueh JJ, Chen TS, Chen JJ, Shaw FZ. Neurofeedback training of EEG alpha rhythm enhances episodic and working memory. *Hum Brain Mapp.* 2016;37(7):2662–75.
  21. Hanslmayr S, Spitzer B, Bäuml KH. Brain oscillations dissociate between semantic and nonsemantic encoding of episodic memories. *Cereb Cortex.* 2009 Jul;19(7):1631–40.
  22. Amin H, Malik AS. Human memory retention and recall processes A review of EEG and fMRI studies. *Neurosciences [Internet].* 2013;18(4):330–44.
  23. Gazzaniga MS. *Cognitive Neuroscience; the Biology of the Mind.* Vol. 4, Cuadernos de Neuropsicología. 2010. 87–90 p.
  24. Roediger III HL, Dudai YE, Fitzpatrick SM. *Science of memory: Concepts.* Oxford University Press; 2007.
  25. Davachi L, Dobbins IG. *Declarative Memory.*
  26. Paller KA, Wagner AD. Observing the transformation of experience into memory. *Trends Cogn Sci.* 2002;6(2):93–102.
  27. Aggleton JP, Vann SD, Denby C, Dix S, Mayes AR, Roberts N, et al. Sparing of the familiarity component of recognition memory in a patient with hippocampal pathology. *Neuropsychologia.* 2005;43(12):1810–23.
  28. Fletcher PC, Henson RNA. Frontal lobes and human memory: insights from functional neuroimaging. *Brain.* 2001;124(5):849–81.
  29. Kim C, Kroger JK, Calhoun VD, Clark VP. The role of the frontopolar cortex in manipulation of integrated information in working memory. *Neurosci Lett.* 2015;595:25–9.
  30. Vannest J, Eaton KP, Henkel D, Siegel M, Tsevat RK, Allendorfer JB, et al. Cortical correlates of self-generation in verbal paired associate learning. *Brain Res.* 2012 Feb 9;1437:104–14.
  31. Ebbinghaus H. *Memory: A contribution to experimental psychology.* Ann

- Neurosci. 2013;20(4):155.
32. Schacter DL. The seven sins of memory: How the mind forgets and remembers. HMH; 2002.
  33. Gilmore AW, Nelson SM, McDermott KB. A parietal memory network revealed by multiple MRI methods. *Trends Cogn Sci.* 2015;19(9):534–43.
  34. Ferreri L, Aucouturier JJ, Muthalib M, Bigand E, Bugaiska A. Music improves verbal memory encoding while decreasing prefrontal cortex activity: An fNIRS study. *Front Hum Neurosci.* 2013;7(NOV):1–9.
  35. Wallace WT. Memory for music: Effect of melody on recall of text. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1994;20(6):1471.
  36. Banich MT. Cognitive neuroscience and neuropsychology. Houghton Mifflin College Division; 2004.
  37. Brown SC, Craik FIM. Encoding and retrieval of information. *Oxford Handb Mem.* 2000;93–107.
  38. Strauss E, Sherman EMS, Spreen O. *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary, Third Edition.* 2006
  39. Jonides J, Lewis RL, Nee DE, Lustig CA, Berman MG, Moore KS. The mind and brain of short-term memory. *Annu Rev Psychol.* 2008;59:193–224.
  40. Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: A proposed system and its control processes. In: *Psychology of learning and motivation.* Elsevier; 1968. p. 89–195.
  41. Tripathy SP, Ögmen H. Sensory memory is allocated exclusively to the current event-segment. *Front Psychol.* 2018;9:1435.
  42. Luck SJ, Vogel EK. The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature.* 1997;390(6657):279–81.
  43. Raymond JE, Shapiro KL, Arnell KM. Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 1992;18(3):849.

44. Rensink RA. Change detection. *Annu Rev Psychol.* 2002;53(1):245–77.
45. Wahn B, König P. Is attentional resource allocation across sensory modalities task-dependent? *Adv Cogn Psychol.* 2017;
46. Coltheart M. Iconic memory. *Philos Trans R Soc London B, Biol Sci.* 1983;302(1110):283–94.
47. Smithson H, Mollon J. Do masks terminate the icon? *Q J Exp Psychol.* 2006;59(1):150–60.
48. Jingjing HU, Haokui XU, Liren CAO. Visual representation of items with semantic information in sensory memory. *Acta Psychol Sin.* 2019;51(9):982.
49. Gegenfurtner KR, Sperling G. Information transfer in iconic memory experiments. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 1993;19(4):845.
50. Ögmen H, Herzog MH. A new conceptualization of human visual sensory-memory. *Front Psychol.* 2016;7:830.
51. Miller EK, Lundqvist M, Bastos AM. Working Memory 2.0. *Neuron.* 2018 Oct 24;100(2):463–75.
52. Chatham CH, Badre D. Multiple gates on working memory. *Curr Opin Behav Sci [Internet].* 2015;1:23–31.
53. Diamond A. Executive functions. Vol. 64, *Annual Review of Psychology.* Annual Reviews Inc.; 2013. p. 135–68.
54. Baddeley AD, Hitch G. Working memory. In: *Psychology of learning and motivation.* Elsevier; 1974. p. 47–89.
55. Baddeley A. Exploring the Central Executive. *Q J Exp Psychol Sect A Hum Exp Psychol [Internet].* 1996;49(1):5–28.
56. Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci.* 2000 Nov 1;4(11):417–23.
57. Owen AM, McMillan KM, Laird AR, Bullmore E. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp.* 2005;25(1):46–59.

58. Shirzadi S, Einalou Z, Dadgostar M. Investigation of Functional Connectivity During Working Memory Task and Hemispheric Lateralization in Left- and Right- Handers Measured by fNIRS. *Optik (Stuttg)*. 2020 Nov 1;221:165347.
59. Baddeley A. Working memory. *Science (80- )*. 1992;255(5044):556–9.
60. Osaka M, Osaka N, Kondo H, Morishita M, Fukuyama H, Aso T, et al. The neural basis of individual differences in working memory capacity: an fMRI study. *Neuroimage*. 2003;18(3):789–97.
61. Owen AM, McMillan KM, Laird AR, Bullmore E. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp*. 2005 May;25(1):46–59.
62. Chein JM, Moore AB, Conway ARA. Domain-general mechanisms of complex working memory span. *Neuroimage*. 2011 Jan 1;54(1):550–9.
63. Kim C, Kroger JK, Calhoun VD, Clark VP. The role of the frontopolar cortex in manipulation of integrated information in working memory. *Neurosci Lett*. 2015 May 19;595:25–9.
64. Finn AS, Kalra PB, Goetz C, Leonard JA, Sheridan MA, Gabrieli JDE. Developmental dissociation between the maturation of procedural memory and declarative memory. *J Exp Child Psychol*. 2016 Feb 1;142:212–20.
65. Wang SH, Morris RGM. Hippocampal-neocortical interactions in memory formation, consolidation, and reconsolidation. *Annu Rev Psychol*. 2010;61:49–79.
66. McKenzie S, Eichenbaum H. Consolidation and Reconsolidation: Two Lives of Memories? *Neuron [Internet]*. 2011;71(2):224–33.
67. Scimeca JM, Badre D. Striatal contributions to declarative memory retrieval. *Neuron*. 2012;75(3):380–92.
68. Tulving E. 12. Episodic and Semantic Memory. *Organ Mem E Tulving, W Donaldson, NY Acad Press*. 1972;381–403.
69. Cohen JD, Perlstein WM, Braver TS, Nystrom LE, Noll DC, Jonides J, et al. Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*.

- 1997;386(6625):604–8.
70. Eichenbaum H. Hippocampus: cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*. 2004;44(1):109–20.
  71. Nadel L, Moscovitch M. Memory consolidation, retrograde amnesia and the hippocampal complex. *Curr Opin Neurobiol*. 1997;7(2):217–27.
  72. Squire LR, Shimamura AP, Amaral DG. Memory and the Hippocampus. In: *Neural Models of Plasticity* [Internet]. Elsevier; 1989; 208–39.
  73. Pena M, Zhu Z, Bohland JW, Quam C, Wang A, Maddox WT, et al. Procedural-Memory, Working-Memory, and Declarative-Memory Skills Are Each Associated With Dimensional Integration in Sound-Category Learning. 2018;
  74. Hayne H, Boniface J, Barr R. The development of declarative memory in human infants: Age-related changes in deferred imitation. *Behav Neurosci*. 2000;114(1):77.
  75. Buckner RL, Kelley WM, Petersen SE. Frontal cortex contributes to human memory formation. *Nat Neurosci*. 1999;2(4):311–4.
  76. Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*. 2001;108(3):624.
  77. Simons JS, Spiers HJ. Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Nat Rev Neurosci*. 2003;4(8):637–48.
  78. Xie TT, Wang TZ, Wei YP, Ye EC. Declarative memory affects procedural memory: The role of semantic association and sequence matching. *Psychol Sport Exerc*. 2019 Jul 1;43:253–60.
  79. Gabrieli JDE. Cognitive neuroscience of human memory. *Annu Rev Psychol*. 1998;49(1):87–115.
  80. Robertson EM, Tormos JM, Maeda F, Pascual-Leone A. The role of the dorsolateral prefrontal cortex during sequence learning is specific for spatial information. *Cereb Cortex*. 2001;11(7):628–35.
  81. Ullman MT. Contributions of memory circuits to language: The

- declarative/procedural model. *Cognition*. 2004;92(1–2):231–70.
82. Smith DB. The Effect that Testing has on Nondeclarative Memory. The University of Maine; 2020.
  83. Veselis RA. Complexities of human memory: relevance to anaesthetic practice. *Br J Anaesth* [Internet]. 2018;121(1):210–8.
  84. Duff MC, Covington N V, Hilverman C, Cohen NJ. Semantic Memory and the Hippocampus: Revisiting, Reaffirming, and Extending the Reach of Their Critical Relationship. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2020;13:471.
  85. Yee E, Jones MN, McRae K. Semantic memory. *Stevens' Handb Exp Psychol Cogn Neurosci*. 2018;3.
  86. Xue G. The Neural Representations Underlying Human Episodic Memory. *Trends Cogn Sci*. 2018 Jun 1;22(6):544–61.
  87. Mahr JB, Csibra G. Why do we remember? The communicative function of episodic memory Europe PMC Funders Group. *Behav Brain Sci*. 2018;41.
  88. Addis DR, McAndrews MP. Prefrontal and hippocampal contributions to the generation and binding of semantic associations during successful encoding. *Neuroimage*. 2006;33(4):1194–206.
  89. Lepage M, Brodeur M, Bourgouin P. Prefrontal cortex contribution to associative recognition memory in humans: an event-related functional magnetic resonance imaging study. *Neurosci Lett*. 2003;346(1–2):73–6.
  90. Schaeffer JD, Yennu AS, Gandy KC, Tian F, Liu H, Park H. An fNIRS investigation of associative recognition in the prefrontal cortex with a rapid event-related design. *J Neurosci Methods*. 2014;235:308–15.
  91. Altered executive function in the lead-exposed brain: A functional magnetic resonance imaging study. cited 2021; 28.
  92. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135–68.
  93. Zelazo PD. Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Dev Rev*. 2015 Dec 1;38:55–68.

94. Luria AR. Higher cortical functions in man. New York: Consultants Bureau Enterprises. Inc Diskuss. 1966;
95. Lhermitte F. 'Utilization behaviour' and its relation to lesions of the frontal lobes. *Brain*. 1983;106(2):237–55.
96. Zelazo PD, Müller U, Frye D, Marcovitch S, Argitis G, Boseovski J, et al. The development of executive function in early childhood. *Monogr Soc Res child Dev*. 2003;i–151.
97. Badre D, D'Esposito M. Functional magnetic resonance imaging evidence for a hierarchical organization of the prefrontal cortex. *J Cogn Neurosci*. 2007;19(12):2082–99.
98. Bunge SA, Zelazo PD. A Brain-Based Account of the Development of Rule Use in Childhood. Vol. 15, *Psychological Science*. 2006.
99. Christoff K, Gabriel E. The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex. Vol. 28, *Psychobiology*. 2000.
100. Munakata Y, Snyder HR, Chatham CH. Developing Cognitive Control: Three Key Transitions. *Curr Dir Psychol Sci*. 2012 Apr;21(2):71–7.
101. Baron IS. *Neuropsychological evaluation of the child: Domains, methods, & case studies*. Oxford University Press; 2018.
102. Consolaro A, Bovis F, Pistorio A, Cimaz R, De Benedetti F, Miniaci A, et al. The Italian version of the Juvenile Arthritis Multidimensional Assessment Report (JAMAR). *Rheumatol Int [Internet]*. 2018;38(1):251–8.
103. Stuss DT, Benson DF. The frontal lobes and control of cognition and memory. In: *The frontal lobes revisited*. Psychology Press; 2019. p. 141–58.
104. Shallice T. *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press; 1988.
105. Jahani S, Fantana AL, Harper D, Ellison JM, Boas DA, Forester BP, et al. fNIRS can robustly measure brain activity during memory encoding and retrieval in healthy subjects OPEN. Available from:

[www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)

106. Clark VP, Maisog JM, Haxby J V. fMRI study of face perception and memory using random stimulus sequences. *J Neurophysiol.* 1998;79(6):3257–65.
107. Gould RL, Brown RG, Owen AM, Howard RJ. fMRI BOLD response to increasing task difficulty during successful paired associates learning. *Neuroimage.* 2003;20(2):1006–19.
108. Sperling R, Greve D, Dale A, Killiany R, Holmes J, Rosas HD, et al. Functional MRI detection of pharmacologically induced memory impairment. *Proc Natl Acad Sci.* 2002;99(1):455–60.
109. Krause BJ, Horwitz B, Taylor JG, Schmidt D, Mottaghy FM, Herzog H, et al. Network analysis in episodic encoding and retrieval of word-pair associates: A PET study. *Eur J Neurosci.* 1999;11(9):3293–301.
110. Mottaghy FM, Shah NJ, Krause BJ, Schmidt D, Halsband U, Jäncke L, et al. Neuronal correlates of encoding and retrieval in episodic memory during a paired-word association learning task: a functional magnetic resonance imaging study. *Exp Brain Res.* 1999;128(3):332–42.
111. Yu Q, Cheval B, Becker B, Herold F, Chan CCH, Delevoye-Turrell YN, et al. Episodic memory encoding and retrieval in face-name paired paradigm: An fNIRS study. *Brain Sci.* 2021;11(7):1–16.
112. Tremont G, Halpert S, Javorsky DJ, Stern RA. Differential Impact of Executive Dysfunction on Verbal List Learning and Story Recall. *Clin Neuropsychol [Internet].* 2000 Aug 1;14(3):295–302.
113. Buckner RL, Raichle ME, Miezin FM, Petersen SE. Functional anatomic studies of memory retrieval for auditory words and visual pictures. *J Neurosci.* 1996;16(19):6219–35.
114. Daselaar SM, Prince SE, Cabeza R. When less means more: deactivations during encoding that predict subsequent memory. *Neuroimage.* 2004;23(3):921–7.
115. Hayama HR, Vilberg KL, Rugg MD. Overlap between the neural correlates of



- cued recall and source memory: evidence for a generic recollection network? *J Cogn Neurosci*. 2012;24(5):1127–37.
116. White TP, Jansen M, Doege K, Mullinger KJ, Park SB, Liddle EB, et al. Theta power during encoding predicts subsequent-memory performance and default mode network deactivation. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 2011;34(11):2929–43.
  117. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, Fischer JS. *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA; 2004.
  118. Kane MJ, Engle RW. The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychon Bull Rev*. 2002;9(4):637–71.
  119. Levy BJ, Anderson MC. Inhibitory processes and the control of memory retrieval. *Trends Cogn Sci*. 2002;6(7):299–305.
  120. Hill BD, Alosco M, Bauer L, Tremont G. The relation of executive functioning to CVLT-II learning, memory, and process indexes. *Appl Neuropsychol*. 2012 Jul 1;19(3):198–206.
  121. Buzsaki G, Draguhn A. Neuronal oscillations in cortical networks. *Science* (80-). 2004;304(5679):1926–9.
  122. Gevins A, Smith ME, McEvoy L, Yu D. High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cereb cortex (New York, NY 1991)*. 1997;7(4):374–85.
  123. Jensen O, Tesche CD. Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *Eur J Neurosci*. 2002;15(8):1395–9.
  124. Onton J, Delorme A, Makeig S. Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*. 2005;27(2):341–56.
  125. Lehmann S, Morand S, James C, Schnider A. Electrophysiological correlates of deficient encoding in a case of post-anoxic amnesia. *Neuropsychologia*. 2007;45(8):1757–66.
  126. Brewer JB, Zhao Z, Desmond JE, Glover GH, Gabrieli JDE. Making memories:

- brain activity that predicts how well visual experience will be remembered. *Science* (80- ). 1998;281(5380):1185–7.
127. Wagner AD, Schacter DL, Rotte M, Koutstaal W, Maril A, Dale AM, et al. Building memories: remembering and forgetting of verbal experiences as predicted by brain activity. *Science* (80- ). 1998;281(5380):1188–91.
  128. Yonelinas AP, Otten LJ, Shaw KN, Rugg MD. Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *J Neurosci*. 2005;25(11):3002–8.
  129. Frithsen A, Miller MB. The posterior parietal cortex: Comparing remember/know and source memory tests of recollection and familiarity. *Neuropsychologia*. 2014;61:31–44.
  130. Wagner AD, Shannon BJ, Kahn I, Buckner RL. Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends Cogn Sci*. 2005;9(9):445–53.
  131. Cabeza R, Ciaramelli E, Moscovitch M. Cognitive contributions of the ventral parietal cortex: an integrative theoretical account. *Trends Cogn Sci*. 2012;16(6):338–52.
  132. Nelson SM, Cohen AL, Power JD, Wig GS, Miezin FM, Wheeler ME, et al. A parcellation scheme for human left lateral parietal cortex. *Neuron*. 2010;67(1):156–70.
  133. McDermott KB, Szpunar KK, Christ SE. Laboratory-based and autobiographical retrieval tasks differ substantially in their neural substrates. *Neuropsychologia*. 2009;47(11):2290–8.
  134. Kim H. Differential neural activity in the recognition of old versus new events: An activation likelihood estimation meta-analysis. *Hum Brain Mapp*. 2013;34(4):814–36.
  135. Otten LJ, Rugg MD. When more means less: neural activity related to unsuccessful memory encoding. *Curr Biol*. 2001;11(19):1528–30.
  136. Wagner AD, Davachi L. Cognitive neuroscience: forgetting of things past. *Curr Biol*. 2001;11(23):R964–7.

137. Sauseng P, Griesmayr B, Freunberger R, Klimesch W. Control mechanisms in working memory: A possible function of EEG theta oscillations. *Neurosci Biobehav Rev.* 2010 Jun 1;34(7):1015–22.
138. Schacter DL, Wagner AD, Buckner RL. Memory systems of 1999. 2000;
139. Klimesch W, Schimke H, Schwaiger J. Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG theta and alpha band. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994;91(6):428–41.
140. Klimesch W, Doppelmayr M, Stadler W, Pöllhuber D, Sauseng P, Röhms D. Episodic retrieval is reflected by a process specific increase in human electroencephalographic theta activity. *Neurosci Lett.* 2001 Apr 13;302(1):49–52.
141. Summerfield C, Mangels JA. Coherent theta-band EEG activity predicts item-context binding during encoding. *Neuroimage.* 2005 Feb 1;24(3):692–703.
142. Fishburn FA, Norr ME, Medvedev A V., Vaidya CJ. Sensitivity of fNIRS to cognitive state and load. *Front Hum Neurosci.* 2014 Feb 20;8(1 FEB):76.
143. Schaeffer JD, Yennu AS, Gandy KC, Tian F, Liu H, Park H. An fNIRS investigation of associative recognition in the prefrontal cortex with a rapid event-related design. *J Neurosci Methods.* 2014 Sep 30;235:308–15.
144. Talamonti D, Montgomery CA, Clark DPA, Bruno D. Age-related prefrontal cortex activation in associative memory: An fNIRS pilot study. *Neuroimage.* 2020 Nov 15;222:117223.
145. Cutini S, Scatturin P, Menon E, Bisiacchi PS, Gamberini L, Zorzi M, et al. Selective activation of the superior frontal gyrus in task-switching: an event-related fNIRS study. *Neuroimage.* 2008;42(2):945–55.
146. Fallgatter AJ, Strik WK. Right frontal activation during the continuous performance test assessed with near-infrared spectroscopy in healthy subjects. *Neurosci Lett.* 1997;223(2):89–92.
147. Herrmann MJ, Ehlis A-C, Fallgatter AJ. Frontal activation during a verbal-fluency task as measured by near-infrared spectroscopy. *Brain Res Bull.*

2003;61(1):51–6.

148. Honma M, Soshi T, Kim Y, Kuriyama K. Right prefrontal activity reflects the ability to overcome sleepiness during working memory tasks: a functional near-infrared spectroscopy study. *PLoS One*. 2010;5(9):e12923.
149. Rodriguez Merzagora AC, Izzetoglu M, Onaral B, Schultheis MT. Verbal working memory impairments following traumatic brain injury: an fNIRS investigation. *Brain Imaging Behav*. 2014;8(3):446–59.
150. Mannan MMN, Kamran MA, Jeong MY. Identification and removal of physiological artifacts from electroencephalogram signals: A review. *IEEE Access*. 2018;6:30630–52.
151. Tong S, Thankor N V. *Quantitative EEG analysis methods and clinical applications*. Artech House; 2009.
152. Hsueh JJ, Chen TS, Chen JJ, Shaw FZ. Neurofeedback training of EEG alpha rhythm enhances episodic and working memory. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 2016;37(7):2662–75.
153. Selekler K, CANGÖZ B, Uluc S. Power of discrimination of Montreal Cognitive Assessment (MOCA) Scale in Turkish patients with mild cognitive impairment and Alzheimer’s disease. 2010;
154. Basso Moro S, Cutini S, Ursini ML, Ferrari M, Quaresima V. Prefrontal cortex activation during story encoding/retrieval: a multi-channel functional near-infrared spectroscopy study. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:925.
155. Okamoto M, Wada Y, Yamaguchi Y, Kyutoku Y, Clowney L, Singh AK, et al. Process-specific prefrontal contributions to episodic encoding and retrieval of tastes: a functional NIRS study. *Neuroimage*. 2011;54(2):1578–88.
156. Olejniczak P. Neurophysiologic Basis of EEG. *J Clin Neurophysiol* [Internet]. 2006;23(3).
157. Cabeza R, Dolcos F, Graham R, Nyberg L. Similarities and differences in the neural correlates of episodic memory retrieval and working memory. *Neuroimage*. 2002;16(2):317–30.

158. Braver TS, Barch DM, Kelley WM, Buckner RL, Cohen NJ, Miezin FM, et al. Direct comparison of prefrontal cortex regions engaged by working and long-term memory tasks. *Neuroimage*. 2001;14(1):48–59.
159. Talmi D, Grady CL, Goshen-Gottstein Y, Moscovitch M. Neuroimaging the serial position curve: A test of single-store versus dual-store models. *Psychol Sci*. 2005;16(9):716–23.
160. Yassa MA, Stark CEL. Multiple recognition-related signals in the medial temporal lobe. *Hippocampus*. 2008;18(9):945–54.
161. Chapman RM, Gardner MN, Mapstone M, Dupree HM, Antonsdottir IM. Memory timeline: Brain ERP C250 (not P300) is an early biomarker of short-term storage. *Brain Res*. 2015;1604:74–83.
162. Duff K, Schoenberg MR, Scott JG, Adams RL. The relationship between executive functioning and verbal and visual learning and memory. *Arch Clin Neuropsychol*. 2005;20(1):111–22.
163. Tulving E, Kapur S, Craik FI, Moscovitch M, Houle S. Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proc Natl Acad Sci*. 1994;91(6):2016–20.
164. Habib R, Nyberg L, Tulving E. Hemispheric asymmetries of memory: the HERA model revisited. *Trends Cogn Sci*. 2003;7(6):241–5.
165. Gilmore AW, Nelson SM, McDermott KB. A parietal memory network revealed by multiple MRI methods. *Trends Cogn Sci*. 2015 Sep 1;19(9):534–43.
166. Sauseng P, Klimesch W, Doppelmayr M, Hanslmayr S, Schabus M, Gruber WR. Theta coupling in the human electroencephalogram during a working memory task. *Neurosci Lett*. 2004 Jan 9;354(2):123–6.
167. Karlsgodt KH, Shirinyan D, van Erp TGM, Cohen MS, Cannon TD. Hippocampal activations during encoding and retrieval in a verbal working memory paradigm. *Neuroimage*. 2005;25(4):1224–31.
168. Tulving E. *Elements of episodic memory*. 1983;

169. Lee ACH, Robbins TW, Pickard JD, Owen AM. Asymmetric frontal activation during episodic memory: the effects of stimulus type on encoding and retrieval. *Neuropsychologia*. 2000;38(5):677–92.
170. Herweg NA, Solomon EA, Kahana MJ. Theta Oscillations in Human Memory. *Trends Cogn Sci*. 2020 Mar 1;24(3):208–27.
171. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Rev*. 1999;29(2–3):169–95.
172. Raghavachari S, Kahana MJ, Rizzuto DS, Caplan JB, Kirschen MP, Bourgeois B, et al. Gating of human theta oscillations by a working memory task. *J Neurosci*. 2001;21(9):3175–83.
173. Baddeley A, Wilson BA. Prose recall and amnesia: implications for the structure of working memory. *Neuropsychologia*. 2002 Jan 1;40(10):1737–43.
174. Klimesch W, Hanslmayr S, Sauseng P, Gruber W, Brozinsky CJ, Kroll NEA, et al. Oscillatory EEG Correlates of Episodic Trace Decay. *Cereb Cortex* [Internet]. 2006 Feb 1 [cited 2022 Jun 17];16(2):280–90.
175. Yu Q, Cheval B, Becker B, Herold F, Chan CCH, Delevoye-Turrell YN, et al. Episodic Memory Encoding and Retrieval in Face-Name Paired Paradigm: An fNIRS Study. 2021; 10-33.
176. Sammer G, Blecker C, Gebhardt H, Bischoff M, Stark R, Morgen K, et al. Relationship between regional hemodynamic activity and simultaneously recorded EEG-theta associated with mental arithmetic-induced workload. *Hum Brain Mapp*. 2007 Aug;28(8):793–803.
177. Brincat SL, Miller EK. Frequency-specific hippocampal-prefrontal interactions during associative learning. *Nat Neurosci*. 2015;18(4):576–81.
178. Moreno A, Morris RGM, Canals S. Frequency-dependent gating of hippocampal–neocortical interactions. *Cereb Cortex*. 2016;26(5):2105–14.
179. Schoffelen J-M, Hultén A, Lam N, Marquand AF, Uddén J, Hagoort P. Frequency-specific directed interactions in the human brain network for language. *Proc Natl Acad Sci*. 2017;114(30):8083–8.

180. Ekstrom AD, Watrous AJ. Multifaceted roles for low-frequency oscillations in bottom-up and top-down processing during navigation and memory. *Neuroimage*. 2014;85:667–77.
181. Das A, Menon V. Asymmetric Frequency-Specific Feedforward and Feedback Information Flow between Hippocampus and Prefrontal Cortex during Verbal Memory Encoding and Recall. 2021;10;15-23
182. Tesche CD, Karhu J. Theta oscillations index human hippocampal activation during a working memory task. *Proc Natl Acad Sci*. 2000;97(2):919–24.
183. Sarnthein J, Petsche H, Rappelsberger P, Shaw GL, Von Stein A. Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 1998 Jun 9;95(12):7092–6.
184. MacPherson SE, Gillebert CR, Robinson GA, Vallesi A. Intra-and inter-individual variability of executive functions: Determinant and modulating factors in healthy and pathological conditions. Vol. 10, *Frontiers in Psychology*. Frontiers Media SA; 2019. p. 432.
185. Foster PS, Harrison DW, Crucian GP, Drago V, Rhodes RD, Heilman KM. Reduced Verbal Learning Associated With Posterior Temporal Lobe Slow Wave Activity. 2008 Jan;33(1):25–43.
186. Zysset S, Müller K, Lehmann C, Thöne-Otto AIT, von Cramon DY. Retrieval of long and short lists from long term memory: a functional magnetic resonance imaging study with human subjects. *Neurosci Lett*. 2001;314(1–2):1–4.
187. Hwang G, Jacobs J, Geller A, Danker J, Sekuler R, Kahana MJ. EEG correlates of verbal and nonverbal working memory. *Behav Brain Funct* [Internet]. 2005 Nov 15 [cited 2022 Jun 18];1(1):1–13.
188. Fernández-Bouzas A, Harmony T, Fernández T, Ricardo-Garcell J, Casián G, Sánchez-Conde R. Cerebral blood flow and sources of abnormal EEG activity (VARETA) in neurocysticercosis. *Clin Neurophysiol*. 2001;112(12):2281–7.
189. Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition–

- timing hypothesis. *Brain Res Rev.* 2007;53(1):63–88.
190. Sauseng P, Klimesch W, Doppelmayr M, Pecherstorfer T, Freunberger R, Hanslmayr S. EEG alpha synchronization and functional coupling during top-down processing in a working memory task. *Hum Brain Mapp.* 2005;26(2):148–55.
  191. Klimesch W, Doppelmayr M, Hanslmayr S. Upper alpha ERD and absolute power: their meaning for memory performance. *Prog Brain Res.* 2006;159:151–65.
  192. Michels L, Bucher K, Lüchinger R, Klaver P, Martin E, Jeanmonod D, et al. Simultaneous EEG-fMRI during a working memory task: modulations in low and high frequency bands. *PLoS One.* 2010;5(4):e10298.
  193. Blankenship TL, O'Neill M, Deater-Deckard K, Diana RA, Bell MA. Frontotemporal functional connectivity and executive functions contribute to episodic memory performance. *Int J Psychophysiol.* 2016;107:72–82.
  194. McCabe DP, Roediger III HL, McDaniel MA, Balota DA, Hambrick DZ. The relationship between working memory capacity and executive functioning: evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology.* 2010;24(2):222.
  195. Bugajska A, Clarys D, Jarry C, Tacconat L, Tapia G, Vanneste S, et al. The effect of aging in recollective experience: The processing speed and executive functioning hypothesis. *Conscious Cogn.* 2007;16(4):797–808.
  196. Müller U, Kerns K. *The development of executive function.* 2015;
  197. Ferreri L, Aucouturier J, Muthalib M, Bigand E, Bugajska A. Music improves verbal memory encoding while decreasing prefrontal cortex activity: an fNIRS study. *Front Hum Neurosci.* 2013;7:779.
  198. Cutini S, Moro SB, Bisconti S. Review: Functional near infrared optical imaging in cognitive neuroscience: An introductory review. *J Near Infrared Spectrosc.* 2012;20(1):75–92.
  199. Mondéjar T, Hervás R, Johnson E, Gutierrez C, Latorre JM. Correlation



- between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. *J Biomed Inform.* 2016 Oct 1;63:131–40.
200. Kirchoff BA, Wagner AD, Maril A, Stern CE. Prefrontal–Temporal Circuitry for Episodic Encoding and Subsequent Memory. *J Neurosci.* 2000;20(16):6173–80.
  201. Plihal W, Born J. Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedural memory. *J Cogn Neurosci.* 1997;9(4):534–47.
  202. Park H, Rugg MD. Neural Correlates of Encoding Within- and Across-domain Inter-item Associations. *J Cogn Neurosci.* 2011;23(9):2533–43.
  203. Giovanello KS, Schacter DL. Reduced Specificity of Hippocampal and Posterior Ventrolateral Prefrontal Activity during Relational Retrieval in Normal Aging. *J Cogn Neurosci.* 2012;24(1):159–70.
  204. Clark VP, Maisog JM, Haxby J V. fMRI study of face perception and memory using random stimulus sequences. *J Neurophysiol.* 1998;79(6):3257–65.
  205. Iidaka T. Role of the fusiform gyrus and superior temporal sulcus in face perception and recognition: An empirical review. *Jpn Psychol Res.* 2014;56(1):33–45.
  206. Mandzia JL, Black SE, McAndrews MP, Grady C, Graham S. fMRI Differences in Encoding and Retrieval of Pictures Due to Encoding Strategy in the Elderly. *Hum Brain Mapp.* 2004 Jan;21(1):1–14.
  207. Yonelinas AP. The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *J Mem Lang.* 2002;46(3):441–517.
  208. Parkin AJ, Walter BM. Recollective experience, normal aging, and frontal dysfunction. *Psychol Aging.* 1992;7(2):290.
  209. Hasselmo ME, Hay J, Ilyn M, Gorchetnikov A. Neuromodulation, theta rhythm and rat spatial navigation. *Neural Networks.* 2002;15(4–6):689–707.
  210. Winson J. Loss of hippocampal theta rhythm results in spatial memory deficit in the rat. *Science (80- ).* 1978;201(4351):160–3.

211. Caplan JB, Madsen JR, Raghavachari S, Kahana MJ. Distinct patterns of brain oscillations underlie two basic parameters of human maze learning. *J Neurophysiol.* 2001;86(1):368–80.
212. Miller R. Cortico-hippocampal interplay: Self-organizing phase-locked loops for indexing memory. *Psychobiology.* 1989;17(2):115–28.
213. Michels L, Moazami-Goudarzi M, Jeanmonod D, Sarnthein J. EEG alpha distinguishes between cuneal and precuneal activation in working memory. *Neuroimage.* 2008 Apr 15;40(3):1296–310.
214. Smith EE, Jonides J, Koeppe RA. Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cereb cortex.* 1996;6(1):11–20.
215. Mecklinger A, Pfeifer E. Event-related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cogn Brain Res.* 1996;4(3):211–24.

## 10. EKLER

### Ek 1

#### Sosyo-Demografik Veri Formu

|  |  |
|--|--|
| <u>Ad Soyad</u>                          |  |
| Doğum tarihi/yaş                         |  |
| Cinsiyet                                 |  |
| Eğitim düzeyi                            |  |
| Dominant El                              |  |
| Kilo                                     |  |
| Boy                                      |  |
| Vücut kitle indeksi                      |  |
| Sigara kullanma durumu                   |  |
| Alkol kullanma durumu                    |  |
| Stresle başa çıkma yönteminiz var mıdır? |  |
| Varsa nedir?                             |  |
| Kaç saat uyudunuz                        |  |
| Ortalama uyku süreniz                    |  |
| <u>Menstruel</u> döngüde misiniz?        |  |
| Tok/Aç mısınız?                          |  |
| En son ne zaman yemek yediniz?           |  |

Ek 2

**MONTREAL BİLİŞSEL DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ**  
Montreal Cognitive Assessment (MOCA)

İsim:  
Eğitim:  
Cinsiyet:

Protokol:  
Test Tarihi:  
Doğum Tarihi:

| GÖRSEL MEKANSAL / YÖNETİCİ İŞLEVLER   |  | Küp Kopyalama                      |        | SAAT çizme (On biri on geçe) (3 puan)      |         | PUAN                          |  |       |
|---|--|------------------------------------|--------|--|---------|-------------------------------|--|-------|
|   |  |                                    |        | <p>Çevresi [ ] Rakamlar [ ] Kollar [ ]</p> |         | ___/5                         |  |       |
| ADLANDIRMA  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
|   |  |                                    |        |  |         | ___/3                         |  |       |
| BELLEK  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| <p>Kelime listesini okuyun ve hastaya tekrar ettirin. İki deneme yapın. 5 dakika sonra tekrar sorun.</p>  |  | BURUN                              | KADİFE | CAMI                                       | PAPATYA | MOR                           | Puan yok   |       |
| 1. deneme   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| 2. deneme   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| DİKKAT  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Sayı listesini okuyun (1 sayı / san.) Hasta sayıları baştan sona doğru saymalı.   |  | [ ] 2 1 8 5 4                      |        |  |         | ___/2                         |  |       |
| Hasta sayıları sondan başa doğru saymalı.   |  | [ ] 7 4 2                          |        |  |         |                               |  |       |
| HARF LİSTESİ  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Harf listesini hastaya okuyun. Hastaya her A harfi okunduğunda masaya eli ile vurmasını söyleyin. İki veya daha fazla hata var ise puan vermeyin. |  | [ ] FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOFFAAB |        |  |         | ___/1                         |  |       |
| 100 DEN BAŞLAYARAK YEDİĞER ÇIKARMA  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| [ ] 93  |  | [ ] 86                             |        | [ ] 79                                     |         | [ ] 72                        | [ ] 65   | ___/3 |
| 4 veya 5 doğru çıkarma: 3 puan, 2 veya 3 doğru çıkarma: 2 puan, 1 doğru :1 puan, 0 doğru 0 puan.  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| LİSAN   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Tekrar ettirin: Tek bildiğim bugün yardıma ihtiyacı olan kişinin Ahmet olduğunu.  |  | [ ]                                |        |  |         | ___/2                         |  |       |
| Köpekler odadayken kedi hep kanapenin altında saklanırdı.   |  | [ ]                                |        |  |         |                               |  |       |
| AKI ZEKİ  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| 1 dakikada K harfi ile başlayan maksimum sayıda kelime saydırın.  |  | [ ]                                |        | N ≥ 11 kelime                              |         | ___/1                         |  |       |
| SOYUT DÜŞÜNME   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Benzerlik. Örn. muz-portakal = meyve. [ ] tren - bisiklet [ ] saat - cetvel   |  |                                    |        |  |         | ___/2                         |  |       |
| GEÇİKMELİ HATIRLAMA   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Kelimleri İPUCU OLMADAN hatırlama   |  | BURUN                              | KADİFE | CAMI                                       | PAPATYA | MOR                           | ___/5  |       |
| [ ]   |  | [ ]                                | [ ]    | [ ]  | [ ]     | [ ]                           | Sadece İPUCUSUZ hatırlanan kelimeler için puan verin |       |
| SEÇMELİ   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Kategori ipucu  |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| Çoklu seçmeli ipucu   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| YÖNELİM   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |
| [ ] Gün   |  | [ ] Ay                             |        | [ ] Yıl                                    |         | [ ] Gün adı [ ] Yer [ ] Şehir | ___/6  |       |
| © Z.Nosreddine MD Version November 7, 2004 www.mocatest.org Normal 21 / 30  |  |                                    |        |  |         | <b>TOPLAM</b> ___/30          |  |       |
| Türkçe versiyon 2009. K. Selekler & B. Cangöz   |  |                                    |        |  |         |                               |  |       |

## 11. ETİK KURUL ONAY

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURULU KARAR FORMU

E-10840098-772.02-1244

01/04/2021

|                          |   |   |  |   |  |
|--------------------------|---|---|--|---|--|
| <b>BAŞVURU BİLGİLERİ</b> | ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI                               | Öğrenme ve Yürütücü Fonksiyonlar Arasındaki İlişkinin fNIRS ile İncelenmesi |  |   |  |
|                          | KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI   | Hilal BOSTANCI  |  |   |  |
|                          | KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI   | Araştırma Görevlisi/Ergoterapist  |  |   |  |
|                          | KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ | İstanbul  |  |   |  |
|                          | DESTEKLEYİCİ  | -   |  |   |  |
|                          | ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER                       | TEK MERKEZ<br><input checked="" type="checkbox"/>                           | ÇOK MERKEZLİ<br><input type="checkbox"/> | ULUSAL<br><input checked="" type="checkbox"/> | ULUSLARARASI<br><input type="checkbox"/> |

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.  
Evracınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 715F018EX8 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ**  
**GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR**  
**ETİK KURULU KARAR FORMU**

| Değerlendirilen Belgeler | Belge Adı   | Tarihi                   | Versiyon Numarası | Dili                            |                                    |                                |
|--------------------------|---|--------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                          | ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI   |                          |                   | Türkçe <input type="checkbox"/> | İngilizce <input type="checkbox"/> | Diğer <input type="checkbox"/> |
|                          | OLGU RAPOR FORMU  |                          |                   | Türkçe <input type="checkbox"/> | İngilizce <input type="checkbox"/> | Diğer <input type="checkbox"/> |
|                          | BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU   |                          |                   | Türkçe <input type="checkbox"/> | İngilizce <input type="checkbox"/> | Diğer <input type="checkbox"/> |
| Karar Bilgileri          | <b>Karar No:365</b>   | <b>Tarih: 18/03/2021</b> |                   |                                 |                                    |                                |
|                          | Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna <b>"oybirliği"</b> ile karar verilmiştir. |                          |                   |                                 |                                    |                                |

**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**

**BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI** Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ

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

\* :Toplantıda Bulunma

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. Girişimsel Olmayan Etik Kurulu Sekreteri  
Evrakımızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 715F018EX8 kodu ile doğrulayabilirsiniz.  
Bilge KAYA

**T.C.**  
**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ**  
**Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı**

Sayı : E-10840098-772.02-3045  
Konu: Etik Kurulu Kararı

26/05/2022

**Sayın Hilal BOSTANCI**

Üniversitemizin Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 18.03.2021 tarihli E-10840098-772.02-1244 sayı no ile onay verilen "Öğrenme ve Yürütücü Fonksiyonlar Arasındaki İlişkinin fNIRS ile İncelenmesi" isimli çalışmanız için aşağıda verilen değişiklikler uygun bulunmuş olup kayıt altına alınmıştır.

Bilgilerinize rica ederim.

- Yukarıda ismi verilen çalışmanızın açık adı yerine "Yürütücü Fonksiyonlar ve Sözel Öğrenme Arasındaki İlişkinin fNIRS ve EEG ile İncelenmesi" olarak değiştirilmesi isteği.
- Çalışmanızın metod bölümünde kullanmış olduğunuz "NIRS" a ek olarak girişimsel olmayan EEG görüntüleme yönteminin eklenmesi isteği.

Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar  
Etik Kurulu Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.  
Evrageğinizi <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 341BB3A2XC kodu ile doğrulayabilirsiniz.

