



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNE TEMELLİ SAYI ALGISININ ELEKTROFİZYOLOJİSİ

FURKAN ERDAL

SİNİRBİLİM ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. BAHAR GÜNTEKİN

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. AHMET AYHAN ÇİTİL

İSTANBUL – 2024

TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ()
Anabilim Dalı : Sinirbilim
Öğrenci : Furkan Erdal
Tez Başlığı : Nesne Temelli Sayı Algısının Elektrofizyolojisi
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Kampüs
Sınav Tarihi : 11.01.2024

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

Danışman

Prof. Dr. Bahar GÜNTEKİN

Kurumu

İstanbul Medipol Üniversitesi

İmza

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Lütfü HANOĞLU

İstanbul Medipol Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Tuba AKTÜRK

İstanbul Medipol Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet Ayhan ÇİTİL

İstanbul 29 Mayıs Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Banu FEMİR

MEF Üniversitesi

GÜRTUNA

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 Müdürü

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.

Furkan Erdal

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisansım boyunca değerli rehberliğiyle bana yol gösteren, yönlendiren ve ihtiyacım olduğunda desteğini hiç esirgemeyen danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Bahar Güntekin'e verdiği bütün emekler için çok teşekkür ederim. Yüksek Lisansım kapsamında yaptığım tez çalışmam Prof. Dr. Bahar Güntekin Hocamızın kurucusu olduğu İstanbul Medipol Üniversitesi EEG laboratuvarında bize sağladığı imkanlarla ve desteklerle mümkün hale gelmiştir. Bize bu imkanları ve desteği sağladığı için kendisine ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul Medipol Üniversitesi EEG laboratuvarında tez çalışmamla birlikte birçok çalışmada fikir alışverişinde bulunduğum, bilgi birikimini cömertçe paylaşan, Dr. Öğr. Üyesi Tuba Aktürk'e içten teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvarımızda tez çalışmam boyunca destek olan çalışma arkadaşlarım Burcu Bölükbaş, Rümeyza Duygun, İrem Yemenciler, Ayşenur Akan, Hikmet Buse Kuloğlu, Sümeyye Özdemir, Elif Bingöl, Harun Yırıkoğulları, Yasin Yıldırım, Esra Ünsal, Dr. Öğr. Üyesi Ebru Yıldırım'a ve diğer çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Değerli vakitlerini ayırarak tez çalışmama dahil olmayı kabul eden bütün katılımcılara ayrıca teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca kendilerinden çok kıymetli bilgiler öğrendiğim Sayın Hocalarım Prof. Dr. Lütfü Hanoğlu'na, Prof. Dr. Zübeyir Bayraktaroğlu'na ve Doç. Dr. Erol Yıldırım'a çok teşekkür ederim.

Kitabında yazdığı ve derslerinde anlattığı fikirleriyle sayı algısı üzerine yapmak istediğim tez çalışmamın temellerini atmamı sağlayan, yüksek lisans tezimin ikinci danışmanı olmayı nazikçe kabul eden ve desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet Ayhan Çitil'e de çok teşekkür ederim. Kendisinin sayı algısına yönelik nazari yaklaşımı sayesinde bu tez çalışması mümkün hale gelmiştir.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) 2210-A Genel Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında desteklendim. Bu burs programı ile eğitimime ve çalışmalarına destek veren TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığına çok teşekkür ederim.

Beni yetiştiren, yetiştirirken mayalayan ve her daim dualarını üzerimden eksik etmeyen kıymetli Annem Elmas Erdal'a en derin minnettarlıklarımı sunarım.

Bütün bu süreçte fikirlerimi sabırla dinleyip yaptığı yorumlarla çalışmamı geliştirmemi sağlayan, her daim verdiği destek ve emeklerle yanımda olan, hayat yolculuğundaki yol arkadaşım, kıymetli Eşim Süheyla Koçak Erdal'a en kalbi minnettarlıklarımı sunarım.

Sözlerime son verirken, bizi var eden, varlığından haberdar eden ve bütün nimetlerini bize bahşeden Allah'a (celle celâluhu) hamd ve senalar ederim. Sevgili Peygamber Efendimiz Hz. Muhammed'e (aleyhi's-salâtü ve's-selâm) salat ve selam ederim.

İTHAF

Kıymetli Annem Elmas Erdal'a ve Kıymetli Eşim Süheyla Koçak Erdal'a...

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
İTHAF	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xv
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	6
4.1. Sayı Algısı İle İlgili Araştırma Bulguları	7
4.2. Sayı Algısı Sistemleri	9
4.3. Nesne Sayılarının Doğrudan Algılanmasına Dair Teorik Yaklaşımlar	10
4.4. Nesne Sayılarının Algısına Dair Elektrofizyolojik Bulgular	13
4.5. Tez Çalışmasının Amacı ve Beklenen Katkısı	17
5. MATERYAL VE METOT	22
5.1. Katılımcılar.....	22
5.2. Cihaz ve Uyarılar	22
5.3. Uyarı Özellikleri	23
5.4. Yöntem	24

5.5. EEG Veri İşlemeleme	26
5.6. EEG Analizi Metodu	27
5.6.1. Olaya İlişkin Zaman-Frekans Düzleminde Faz Tutarlılığı Analizi	27
5.6.2. Olaya İlişkin Zaman-Frekans Düzleminde Güç Analizi.....	28
5.6.3. Uyaran Sonrası Açığa Çıkan EEG Yanıtının Sınırlarının Belirlenmesi	28
5.7. Davranışsal Analiz Metodu	31
5.8. İstatistiksel Analiz	33
6. BULGULAR	34
6.1. Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi Sonuçları	34
6.1.1 F3 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	38
6.1.2 F4 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	42
6.1.3 P3 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	46
6.1.4 P4 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	52
6.1.5 P7 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	59
6.1.6 P8 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları.....	65
6.1.7 O1 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları	73
6.1.8 O2 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları	78
6.1.9 Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizleri Genel Sonuçları.....	86
6.2. Olaya İlişkin Güç Analizi Sonuçları.....	87
6.2.1 P3 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	92
6.2.2 P4 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	94
6.2.3 P7 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	99
6.2.4 P8 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	101
6.2.5 O1 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	106

6.2.6 O2 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları	109
6.2.7 Olaya İlişkin Güç Analizleri Genel Sonuçlar	112
6.3. Davranışsal Sonuçlar	113
6.3.1 Nesne Koşullarına Verilen Yanıtların Karşılaştırılması	113
6.3.2 Nesne Koşullarına Verilen Yanıtlardaki Sapma Miktarının Karşılaştırılması	115
7. TARTIŞMA	120
7.1 Nesne Temelli Sayı Algısına Dair Temel Bulgular.....	120
7.2 Nesne Temelli Sayı Algısının Teorik Zemini: Matematiksel Nesne İnşası	126
7.3 Tez Çalışmamızdaki Sınırlılıklar.....	129
7.4 Gelecek Çalışmalar.....	130
8. SONUÇ	132
9. KAYNAKLAR	133
11. ETİK KURUL ONAYI	142
10. ÖZGEÇMİŞ	144

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

Ag/AgCl: Gümüş/Gümüş klorür

EEG: Elektroensefalografi

Hz: Hertz

kΩ: Kilo ohm

MEG: Magnetoensefalografi

ms: milisaniye

Ort: Ortalama

örn: örneğin

RGB: Kırmızı, Yeşil, Mavi (Red, Green, Blue) renk numarası

SD: Standart Değişim

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 4.5.** Matematiksel nesnelerin inşasının temsili gösterimi. (A) Bir nesnenin diğer nesnelere ve belirsizlikten bir boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (B) İki nesnenin bir boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (C) Üç nesnenin ikişer ikişer üç boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (D) Dört nesnenin ikişer ikişer ayrılması için gereken altı boşluğu temsili olarak göstermektedir.....21
- Şekil 5.3.** Nesne sayısı koşullarının örnekleri.....24
- Şekil 5.4.** Katılımcıların deney boyunca her bir uyaran için uyguladıkları deney dizaynı.
.....26
- Şekil 5.6.3.1.** P4 elektrodunda bir nesne koşulundaki uyaran sonrasında açığa çıkan EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için faz tutarlılığı değerleri üzerinden hesaplanan türev sonuçlarının 2 boyutlu gösterimi. Siyah noktalar yanıtın başladığı anı, kırmızı noktalar faz tutarlılığının en yüksek olduğu anı, mavi noktalar da yanıtın bittiği anı göstermektedir.30
- Şekil 5.6.3.2.** P4 elektrodunda bir nesne koşulundaki uyaran sonrasında açığa çıkan EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için faz tutarlılığı değerleri üzerinden hesaplanan türev sonuçlarının 3 boyutlu gösteriminin 4 farklı açıdan görünüşü. Siyah noktalar yanıtın başladığı anı, kırmızı noktalar faz tutarlılığının en yüksek olduğu anı, mavi noktalar da yanıtın bittiği anı göstermektedir.31
- Şekil 6.1.1.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 1-3,5 Hz Delta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....35
- Şekil 6.1.2.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 4-8 Hz Teta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....36
- Şekil 6.1.3.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 8-13 Hz Alfa frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu

karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....	37
Şekil 6.1.4. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 14-28 Hz Beta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....	37
Şekil 6.1.5. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 28-48 Hz Gama frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....	38
Şekil 6.1.1.1. Nesne sayısı koşullarının F3 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.	41
Şekil 6.1.2.1. Nesne sayısı koşullarının F4 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.	45
Şekil 6.1.3.1. Nesne sayısı koşullarının P3 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.	51
Şekil 6.1.4.1. Nesne sayısı koşullarının P4 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.	58

- Şekil 6.1.5.1.** Nesne sayısı koşullarının P7 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.64
- Şekil 6.1.6.1.** Nesne sayısı koşullarının P8 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.72
- Şekil 6.1.7.1.** Nesne sayısı koşullarının O1 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.77
- Şekil 6.1.8.1.** Nesne sayısı koşullarının O2 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.85
- Şekil 6.2.1.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 1-3,5 Hz Delta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.89
- Şekil 6.2.2.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 4-8 Hz Teta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.90
- Şekil 6.2.3.** Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 8-13 Hz Alfa frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları.

İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....90

Şekil 6.2.4. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 14-28 Hz Beta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....91

Şekil 6.2.5. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 28-48 Hz Gama frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.....92

Şekil 6.2.1.1. Nesne sayısı koşullarının F3 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.94

Şekil 6.2.2.1. Nesne sayısı koşullarının P4 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.99

Şekil 6.2.3.1. Nesne sayısı koşullarının P7 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.101

Şekil 6.2.4.1. Nesne sayısı koşullarının P8 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.106

Şekil 6.2.5.1. Nesne sayısı koşullarının O1 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış

montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir. 109

Şekil 6.2.6.1. Nesne sayısı koşullarının O2 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir. 112

Şekil 6.3.1. Nesne sayısı koşullarına verilen yanıtların ortalamalarının dağılım grafiği. Grafiklerin orta kısmında bulunan çizgiler ortalama değerinin olduğu yeri, grafiklerin altında yer alan değerler de ortalama değerini göstermektedir. Dağılımların içindeki noktalar da her bir katılımcının o koşul için verdiği yanıtların ortalama değerini belirtmektedir. 114

Şekil 6.3.2.1. Nesne sayısı koşullarına verilen yanıtlardaki sapma miktarının ortalamasının dağılım grafiği. Grafiklerin orta kısmında bulunan çizgiler nesne koşulundaki sapma miktarının ortalama değerinin olduğu yeri, grafiklerin altında yer alan değerler de ortalama değerini göstermektedir. Dağılımların içindeki noktalar da her bir katılımcının o koşul için verdiği yanıtlardaki sapma miktarının ortalama değerini belirtmektedir. 117

Şekil 6.3.2.2. Sıfır ile Beş nesne sayısı koşulları arasındaki koşullara verilen yanıtlardaki ortalama sapma miktarı değerlerindeki en büyük değişimin olduğu iki nokta grafiği. Çizgi grafiği nesne sayısı koşullarına verilen yanıtlardaki ortalama sapma miktarı değerlerini göstermektedir. Kırmızı çizgiler ise en büyük değişimin yaşandığı iki noktayı belirtmektedir. 119

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 6.1.1.1. F3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Sayısı Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri.....	39
Tablo 6.1.1.2. F3 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	42
Tablo 6.1.2.1. F4 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	43
Tablo 6.1.2.2. F4 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	46
Tablo 6.1.3.1. P3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	47
Tablo 6.1.3.2. P3 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	49
Tablo 6.1.3.3. P3 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	52
Tablo 6.1.4.1. P4 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	53
Tablo 6.1.4.2. P4 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	54
Tablo 6.1.4.3. P4 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	56
Tablo 6.1.4.4. P4 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri	57
Tablo 6.1.4.5. P4 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	59
Tablo 6.1.5.1. P7 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	60
Tablo 6.1.5.2. P7 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	62

Tablo 6.1.5.3. P7 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	65
Tablo 6.1.6.1. P8 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	66
Tablo 6.1.6.2. P8 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	67
Tablo 6.1.6.3. P8 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	69
Tablo 6.1.6.4. P8 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	70
Tablo 6.1.6.5. P8 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	72
Tablo 6.1.7.1. O1 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	73
Tablo 6.1.7.2. O1 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	75
Tablo 6.1.7.3. O1 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	78
Tablo 6.1.8.1. O2 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	79
Tablo 6.1.8.2. O2 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	81
Tablo 6.1.8.3. O2 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	82
Tablo 6.1.8.4. O2 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	83
Tablo 6.1.8.5. O2 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu.....	86
Tablo 6.2.1.1. P3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	93

Tablo 6.2.2.1. P4 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	95
Tablo 6.2.2.2. P4 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	97
Tablo 6.2.3.1. P7 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	100
Tablo 6.2.4.1. P8 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	102
Tablo 6.2.4.2. P8 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	104
Tablo 6.2.5.1. O1 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	107
Tablo 6.2.6.1. O2 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	110
Tablo 6.3.1. Nesne Koşullarına Verilen Yanıtların Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	115
Tablo 6.3.2. Nesne Koşullarına Verilen Yanıtlardaki Sapma Miktarının Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	117

1. ÖZET

NESNE TEMELLİ SAYI ALGISININ ELEKTROFİZYOLOJİSİ

Nesne sayılarını algılama yetimizde üç-dört nesne sayısından daha az sayıdaki nesnelere doğrudan ve hatasız sayabildiğimiz, daha fazla sayıdaki nesnelere tahmin etme yoluyla dolaylı olarak sayabildiğimiz belirtilmiştir. Sayı algısı yetimizin özellikleri davranışsal çalışmalarla ve son yıllarda yapılan elektrofizyolojik çalışmalarla incelendiğinde belirtilen bu ayrışmanın iki farklı sayı algılama sistemimizin varlığına işaret ettiği bulunmuştur. Ancak yapılan elektrofizyolojik çalışmalarda farklı nesne sayısı koşullarına verilen olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının derinlemesine incelenmediği görülmüştür. Bu incelemeyi gerçekleştirmek amacıyla 30 sağlıklı genç katılımcının olaya ilişkin osilasyon yanıtları analiz edilmiştir. Bu yanıtlar noktalardan oluşan ve sayıları sıfırdan dokuzaya kadar değişen nesne koşullarına verdikleri elektrofizyolojik yanıtlardır. Nesne sayılarını algılama yetimizin elektrofizyolojik zeminini olaya ilişkin faz tutarlılığı ve olaya ilişkin güç analizleriyle incelediğimiz çalışmamızda doğrudan ve hatasız sayabildiğimiz sayı sınırının 3 nesne sayısı olduğu hipotez edilmiştir. Bu doğrultuda olaya ilişkin osilasyon yanıtları nezdinde 3 nesne sayısına kadar olan nesne koşullarıyla 4 ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının farklılaşacağı beklenilmiştir. Yapılan analizler sonucunda nesne sayılarının olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarıyla temsil edildiği bulunmuştur. Bununla birlikte, katılımcıların 3 nesne sayısına kadar olan nesne koşullarıyla 4 ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarına verdiği hem olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarının hem de davranışsal yanıtların farklılaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, iki farklı sayı algılama yetimiz olduğunu ve sayıları doğrudan algılayan birinci yetimizin üst sınırının 3 sayısı; sayıları dolaylı algılayan ikinci yetimizin de alt sınırının 4 sayısı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu ayrışmış sayı algılama sistemimizin zemininde matematiksel nesnelere inşasının bulunduğu iddia edilmiş ve çalışmanın bulgularıyla matematiksel nesnelere inşasına dair teorik yaklaşımın tutarlılıkları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beyin osilasyonları, EEG, Faz tutarlılığı, Nesne, Sayı Algısı

2. ABSTRACT

ELECTROPHYSIOLOGY OF OBJECT BASED NUMBER PERCEPTION

It has been stated that we can directly and accurately count the number of objects which are fewer than three or four objects, and indirectly estimate the number of larger objects in our ability to perceive the number of objects. When the characteristics of our number perception ability were examined through behavioral and electrophysiological studies conducted in recent years, it was found that this separation indicated the existence of two different number perception systems. However, in electrophysiological studies, it has been seen that event-related oscillatory responses to different object based number conditions have not been examined in depth. In order to do this investigation, the event-related oscillatory responses of 30 healthy young participants were analyzed. These electrophysiological responses were in reaction to object conditions composed of dots, with quantities ranging from zero to nine. In our study, where we examined the electrophysiological basis of our ability to perceive object numbers through event-related phase coherence and event-related power analyses, it was hypothesized that the limit of numbers we can count directly and without error is 3 object numbers. Accordingly, it was expected that the object conditions with up to 3 objects and the object conditions with 4 or more objects would differ in terms of event-related oscillatory responses. As a result of the analyses, it was found that object numbers were represented by event-related phase coherence responses. In addition to this, it was reported that both the event-related phase coherence responses and behavioral responses of the participants to the object conditions with up to 3 objects and the conditions with 4 or more objects differed. These results show that we have two different abilities for perceiving the numbers and that the upper limit of our first ability to perceive numbers directly is the number 3; the lower limit of our second ability to perceive numbers indirectly is the number 4. Also, it has been claimed that the basis of this dissociated number perception system lies in the construction of mathematical objects, and the consistency of the findings of the study with the theoretical approach to the construction of mathematical objects has been revealed.

Keywords: Brain oscillations, EEG, Number perception, Phase coherence, Object

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Yaşamımız boyunca her an çevremizdeki nesnelerin bilgisini zihnimize kavrayıp bu bilgiye göre hareket etmeye devam ederiz. Bunu yaparken duyuşal sistemimize giren uyarın çokluğu içerisinde dikkatimizi belli uyarılara yönlendirebilmekte ve zihin sahnemizdeki bu uyarıları bir bütün halinde tutarak odaklanabilmekteyiz. Bununla birlikte, zihin sahnemizdeki bu tutma sırasında farklı unsurlardan oluşan bir nesneyi bu unsurlara parçalanmış halde değil, her zaman bir bütün halinde bireyleştirerek tutmaktayız. Bunu nasıl yaptığımız sorusu her daim merak edilen ve üzerine düşünölen bir soru olmuştur.

Bu yetimizin davranışlarımızda nasıl karşılık bulduğu da uzun yıllar araştırılmış ve bu araştırmalar özellikle nesnelerin sayısını nasıl algıladığımız sorusuna odaklanmıştır (1). Çünkü nesnelerin sayı bilgisi nesnelerin mevcudiyetinden bağımsız olarak, nesnelere zihin sahnemizde bilgilimize konu eden bizlerin, bu nesnelerin ayrı ayrı birler olarak miktarının bilgisini de oluşturmamız ile ilişkilidir. Bu nedenle matematiksel bir nesne olarak sayının neliği üzerine de tartışmalar felsefe tarihi boyunca sürmüştür (2).

Nesnelere nasıl algıladığımız ve özel olarak nesnelerin sayı bilgisini nasıl kavradığımız ile ilişkili araştırmalara dönecek olursak ilk yapılan çalışmalarda nesne sayılarının en az hata ile belirlenmesi hedeflenmiş ve hangi sayıdan sonra hata yapma miktarının net bir şekilde yükseldiği bulunmaya çalışılmıştır (3,4,5). Bir diğer taraftan, benzer yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarda ise bu yeti dikkat süreçleri ile ilişkilendirilmiş ve yetinin sınırları dikkat süreçlerindeki mekanizmaların sınırları ile açıklanmıştır (6). Bununla birlikte, belli bir sayıya kadar olan nesne sayılarının hatasız ve çok hızlı bir şekilde belirlenebilmesi “subitizing” olarak kavramlaştırılmıştır (7).

Bu kapsamda yapılan çalışmalarda belli sayıdaki nesnelerin sayısının doğrudan algılanmasının, insanların algısındaki özelliklerine benzer şekilde farklı türdeki canlılarda da bulunduğu iddia edilmiştir (8,9). Dillerinde özelleşmiş bir sayı sistemi bulunmayan topluluklarla yapılan antropolojik çalışmalarda da sayı algısı mekanizmalarına dair benzer bulgular bulunmuştur (10,11). Aynı şekilde, bebek ve çocuklarla yapılan çalışmalarda da bu yetinin varlığına dair kanıtlar elde edilmiştir (12). Bu bulguların sayı algısına mı yoksa bir tür miktar algısına mı işaret ettiği halen tartışılmaya devam etse de (13) bütün bu

çalışmalarda doğrudan algılanan nesne sayısı sınırının ortaklaşması, ortak bir sistemin bulunduğuna işaret etmektedir. Bulgularda ortaklaşan bu sistemin sınırı bazı çalışmalarda 3 (1,12) bazı çalışmalarda da 4 nesne (14,15,16) olarak belirtilmiştir. Başka bir ifadeyle, nesnelerin sayısının doğrudan algılanmasındaki sayı sınırı 3-4 nesne olarak iddia edilmiş ve bu özelliğin altında yer alan teorik zemin üzerine farklı gürüşler öne sürölmüştür. Bu teorik zemin tartışmalarında sayı algısının kapasitesinin 3-4 nesne sayısı kadar olduğuna dair modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde bazı araştırmacılar, bu yetinin 3-4 nesne sayısı kadar olan sınırının, yetinin özel bir yeti olmasından değil dikkat süreçlerinin kapasitesinden kaynaklanan bir sınır olduğunu belirtmiştir (6). Diğer bir taraftan, bu yetinin nesnelerin sayı algısına dair özelleşmiş bir yeti olduğunu ve 3-4 nesne sınırının bu özel yetinin kapasite sınırı olduğunu belirten araştırmacılar da bulunmaktadır (15,16).

Bir diğer açıdan, bu sistemin nörolojik ve elektrofizyolojik temelleri incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan tek hücre kaydı çalışmalarında sayı algısına özelleşmiş hücrelerin olduğu (17) ve bu hücrelerin özellikle intraparietal sulcus bölgesinde bulunduğu belirtilmiştir (18). Elektrofizyolojik çalışmalarda ise nöron hücrelerindeki elektrik aktivitenin bütün beyinde oluşturduğu ve kafatası dışına da yansıyan toplam elektriksel aktivitenin yüksek bir zamansal çözünürlükle kaydedilmesini sağlayan elektroensefalografi (EEG) cihazı ve bu yansıyan toplam elektrik aktivitenin oluşturduğu manyetik alanın kaydedilmesini sağlayan magnetoensefalografi (MEG) cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmalarla nesnelerin sayı algısının zamansal sınırları incelenmiş ve bu yeti ile ilişkili olduğu düşünölen elektriksel aktivite değişimleri üzerinden teorik bakış açıları geliştirilmiştir (19,20,21).

Ancak yapılan çalışmalarda kullanılan deney yöntemlerinde katılımcılara iki farklı nesne çeşidi birlikte sunulmuştur. Bu nesne çeşitlerinden bir tanesi hedef olarak belirlenmiş ve katılımcılardan hedef uyaranların sayısını saymaları istenmiştir. Ancak bu yöntemler hedef nesnelerin, hedef olmayan nesne uyaranları ile birlikte bireyleştirilmesi ve bu hedef olmayan uyaranlardan hedef uyaranların ayrıştırılarak sayısının belirlenmesini gerektirmektedir (22,23,24). Bu nedenle elektriksel aktivitede görölen değişimde ve bu değişimler üzerine kurulan teorik bakış açılarında hedef nesnelerin

bireyleştirilmesi ile birlikte hedef olan ve hedef olmayan nesnelere ayrıştırılmasının etkisinin ne seviyede olduğunu belirlemek mümkün görünmemektedir.

Ek olarak, yapılan EEG çalışmalarında nesnelere sayı algısının, ağırlıklı olarak elektriksel aktivitenin potansiyel olarak değişimi üzerinden yapılan olaya ilişkin potansiyel analizleri ile incelendiğini görülmektedir (20,21). Bu yansıyan toplam elektriksel aktivite içerisinde farklı hızlarda salınan ve bu nedenle farklı özelliklere sahip olan aktivitelerin hızlarına göre frekanslara ayrılarak incelenmesi osilasyon teorisinin bakış açısını oluşturmaktadır (25). Çünkü bu bakış açısına göre farklı özelliklere sahip frekansların farklı yetilerle ilişkili olduğu düşünülmektedir (25,26). Bahsi geçen olaya ilişkin potansiyel çalışmaları ile birlikte nesnelere sayılarını algılama yetimizin farklı frekanslar ile beyinde nasıl temsil edildiğinin derinlemesine incelenmesinin gerekli olduğunu düşünmekteyiz.

Bununla birlikte, nesnelere sayılarını algılama yetimizin özelliklerinin literatürde kurulan teorik bakış açılarından farklı bir teorik zemin ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Bu teorik zemin Ahmet Ayhan Çitil (27) tarafından ileri sürülen matematiksel nesnelere inşasında Sıfır, Bir, İki ve Üç'ün dolaysız bir şekilde algılanabildiğini iddia eden teorik bakış açıdır. Literatürde nesnelere sayısını doğrudan algılama sınırı 3 ya da 4 olarak tartışılırken, doğrudan algı sınırımızın Çitil tarafından kurulan bu teorik zeminle ilişkili olduğunu ve bu sınırın 3 olduğunu düşünmekteyiz.

Bu çerçevede yapmış olduğumuz tez çalışmamızda;

Nesnelere sayısını algılama yetimizin farklı frekanslarda nasıl temsil edildiğini incelemeyi amaçladık ve bu kapsamda nesne sayılarını doğrudan algıladığımız nesne sayısı sınırına kadar olan koşullar ile bu sınırı aşan sayıdaki nesne koşullarının elektrofizyolojik yanıtlar nezdinde farklılaşacağını hipotez ettik.

Nesne sayılarını doğrudan algılayabildiğimiz nesne sayısı sınırının da 3 olduğunu hipotez ettik. Bununla birlikte, bu sınırlılıkla matematiksel nesnelere inşası arasındaki bağlantıyı açıklamayı amaçladık.

4. GENEL BİLGİLER

Bir nesnenin nasıl farkına varabiliriz? Bilinç ve dikkat üzerine yapılan çalışmalarda filozofların bu soruya odaklandıklarını görmekteyiz. Örneğin James, "Dikkat, zihnin ayrıntılı ve belirgin bir biçimde, aynı anda birkaç olası nesne veya düşünce dizisinden birini tutmasıdır" demiştir (28, s.404). James'in bu ifadesinde görüldüğü gibi dikkatin tanımında nesnenin farkına varılması vurgulanmaktadır. Biraz daha geçmişe gidecek olursak, James'in dikkat tanımından önce Hamilton'ın bu soruyu bağlantılı bir soruyla açmaya çalıştığını görebiliriz: "Aynı anda birden fazla nesneye dikkat kesilebilir miyiz?" (29, s.173). Hamilton felsefi araştırmasında, konsantrasyon mekanizması nedeniyle odağımız tek bir nesne üzerindeyken bilincimizin maksimum kapasitede kullanıldığından bahsetmiştir. Fakat, bilincimizde birden fazla nesneyi ayrıntılı ve belirgin bir şekilde tutabilme yetimize dayanarak Hamilton, bu tutma mekanizmasının sınırını sorgulamıştır. Bu hususta, Charles Bonnet (29) ve Destutt de Tracy (29), tutma mekanizmasının sınırlarının altı nesne olduğunu iddia etmişlerdir. Ancak Abraham Tucker (29) bu sınırın dört nesne olduğunu belirtmiştir.

Tutma mekanizmasının sınırları hakkındaki bu farklı iddiaları araştırmak isteyen Jevons (3) bir deney dizayn etmiştir. Deneyinde, beyaz bir kağıda rastgele sayıda siyah fasulyeler atan ve sayılarını mümkün olan en kısa sürede tahmin etmeye çalışan Jevons daha sonra bu tahminini gerçek fasulye sayısı ile karşılaştırmıştır. Bu yöntemle, tahminlerin ortalama hatasını hesaplamıştır ve bu hesaplamalara göre, Hamilton'un bahsettiği tutma mekanizmasının sınırının beş sayısının altında olduğu sonucuna varmıştır. Bu nedenle Jevons, Abraham Tucker'ın tutma mekanizmasının sınırı olarak dört nesneyi işaret ettiği düşüncesinin diğerlerinden daha doğru olduğunu savunmuştur.

Jevons'ın çalışması, tutma mekanizmasının limitinin beş nesnenin altında olduğunu ortaya koymuş olsa da, bu mekanizmanın limiti sonraki çalışmalarda altı nesne olarak belirtilmiş ve subitizing (doğrudan algılama) olarak adlandırılmıştır (7). Kaufman ve arkadaşları (7) tarafından alıntılanan bir çalışmada Taves, katılımcılara farklı sayıda noktalar içeren görseller göstermiş ve noktaların sayısını söylemelerini istemiştir. Daha sonra cevaplarından ne kadar emin olduklarını belirtmelerini istediği çalışmada, 6 noktadan daha fazla sayıda noktanın olduğu görevler için katılımcıların cevaplarına olan

güven düzeylerinde 6 nokta veya daha az sayıda nokta olan görevlere göre belirgin bir fark olduğunu belirtmiştir (4). Kaufman ve arkadaşlarının (7) Taves'in araştırma sonuçlarını destekler nitelikte yaptıkları çalışmada ise katılımcılar 5 ve daha az sayıda nokta içeren görevlerde nokta sayısını doğru bilirken, 6 ve üzeri nokta içeren görevlerde bu doğruluğu koruyamamışlardır. Ayrıca Kaufman ve arkadaşları 6'dan fazla nesne içeren görsel uyarılardaki nesne sayısını belirlemede kullandığımız sisteme tahmin etme (estimating) mekanizması adını vermişlerdir. 6 nesneden daha az nesne içeren görsel uyarılardaki nesne sayısını algılamada kullanılan sistem için ise doğrudan algılama (subitize-subitizing) kavramını öneren ilk araştırmacılar olmuşlardır. Ayrıca diğer bazı çalışmalarda bu mekanizma için ortaya konulan limite benzer şekilde “sihirli sayılar” kavramı kullanılarak farklı sayı limitleri önerilmiştir. Örneğin, bir yanda Miller (30) ünlü sihirli sayı 7'yi dikkatin genişliği için önermiştir. Miller, ünlü sihirli sayı olarak 7'den bahsettiği çalışmasında farklı çeşitte işitsel, görsel ve talsal uyarıları birbirlerinden nasıl ayırdığımız sorusuna odaklanan deneysel çalışmalardan bahsetmekte ve bütün bu deneylerde ortak olarak 7 sayısının bizim bu ayırıştırma yetimizdeki kapasite sınırimız olduğunu belirtmektedir. Diğer yanda Cowan (6) sihirli sayı 4'ü kısa süreli hafızanın ve dikkatin genişliği için önermiştir. Cowan bu kapsamda bellekte gruplama (chunking) stratejisi ile ilgili olarak kısa süreli bellek kapasitesi sınırı teorisi önermiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda insanların kısa süreli hafızalarında ve dikkatlerinde tutmak istedikleri bilgileri 3 ile 5 birim arasında değişen gruplamalar yaparak tuttuklarını belirtmiştir. Bu çalışmalar ışığında, Cowan sınırlı dikkat kapasitesinin 4 olduğunu iddia etmiştir.

4.1. Sayı Algısı İle İlgili Araştırma Bulguları

Sayı algısına dair yapılan çalışmalarda farklı türlerdeki canlıların buldukları ortamdaki çoğunluk bilgisini kullanarak davranış sergileyebildikleri ve bu çoğunluk bilgisi kullanma davranışlarının insanlarda gördüğümüz sayı algısı sistemine benzer bir mekanizmaya sahip olduğu belirtilmiştir (8,9,17,31,32). Bu çoğunluk bilgisini kullanma kabiliyetinin sıçanlarda (33), kedilerde (34), köpeklerde (35), kuşlarda (36), sürüngenlerde (37) ve balıklarda (38,39) bulunduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular ışığında

daha birçok farklı türde bu yeti incelenmiş ve karşılaştırmalı bakış açıları geliştirilmiştir (8). Bir diğer taraftan, bebeklerle yapılan çalışmalarda da daha birkaç saatlik bebeklerin çoğunluk bilgisine göre hareket ettikleri (40), birkaç aylık bebeklerin 3 nesneye kadar olan nesne sayılarını başarılı bir şekilde ayırt edebildikleri bulunmuştur (12). Bu sonuçlar ışığında araştırmacılar bebeklerin 3 nesneye kadar olan nesne sayılarını ayırt edebilmelerini nesne sayılarının doğrudan algılanma yetisi ile ilişkilendirmişlerdir. Kurallı bir sayı sistemi bulunmayan ve sayıları sembollerle göstermeyen Mundurukú ve Pirahã toplumlarında yapılan antropolojik çalışmalarda ise bu toplumlardaki insanların 3 nesneden daha fazla sayıdaki nesnelere ilgili sayma görevlerindeki performanslarında ciddi bir düşüş görülse de 3 nesneye kadar olan nesnelere başarılı bir şekilde ayırt edebildikleri görülmüştür (10,11). Yerel dillerinde kurallı bir sayı sistemi bulunmasa da 3'e kadar olan miktar bilgisinin karşılığı olan kelimelerin bulunduğu belirtilmiştir.

Yapılan ilk beyin görüntüleme çalışmalarında insanlar aritmetik sayı işlemleri yaparken ve nesne temelli sayı (nokta adetleri) hesaplamalarında parietal lobda bulunan intraparietal sulcus bölgesinin aktive olduğu görülmüştür (41, 42). İntraparietal sulcus bölgesi ile birlikte daha üst bilişsel fonksiyonlarla ilişkilendirilen prefrontal korteks bölgesinin de hem sembol temelli (1, 2, 3... sembolleriyle gösterilmesi) hem de nesne temelli (noktalar kullanılarak gösterilmesi) sayıların algısında aktive olduğu görülmüştür (43). Makak maymunları ile yapılan tek hücre kaydı çalışmalarında intraparietal sulcus bölgesinde sayılara özel hücreler olduğu iddia edilmiştir (17). Daha açık bir ifadeyle, sayıların ayrıştırılması konusunda eğitilen maymunların intraparietal sulcus bölgelerindeki hücrelerden alınan tek hücre kayıtlarında belli bir hücrenin belli bir sayı gösterildiğinde yanıt verdiği bulunmuştur. Bu sayı nöronlarının gerçekten sayı nöronları mı yoksa eğitimin etkisi ile belli uyaranlara karşı aktive olan nöronlar mı olduklarına dair soruya cevap vermek için yapılan takip çalışmasında Viswanathan ve Nieder (18) sadece renk ayırt etmeye eğitilen maymunlarda da aynı hücrelerin sayı algısına özgü olarak yanıt verdiklerini bulmuşlardır. Buna ek olarak intraparietal sulcus bölgesindeki sayı nöronlarının zaman aralıklarıyla sunulan uyaranlardaki sayı bilgisini kodladığını iddia etmişlerdir (44,45). Parietal lobun frontal lob ile olan bağlantısı düşünüldüğünde de sayı bilgisinin ilk olarak intraparietal sulcus bölgesinde bulunan hücreler tarafından kodlandığı

ve bu bilginin davranışlardaki kontrol mekanizmalarında kullanılmak üzere frontal loba aktarılıyor olabileceği düşünülmüştür (42).

Görsel uyaran temelli yapılan deneyler sonucunda farklı duyuusal uyararlardaki sayı algısını incelemek isteyen araştırmacılar sayıların doğrudan algılanması ile ilişkili görsel uyarınlarla birlikte dokunsal ve işitsel uyarınlarn da kullanıldığı çalışmaları incelediğinde, ortak ve net bir sınıra ulaşamadığını belirtse de doğrudan algılama mekanizmasının sistemsal olarak bütün uyaran çeşitlerinde geçerli olduğunu söylemişlerdir (46). Bu ve daha önce bahsettiğimiz bulgular ışığında, sayı algısı temel bir algısal nitelik olarak değerlendirilmiştir (18,47,48,49). Ancak bunun aksini düşünen yani sayı algısının temel bir algısal nitelik değil de diğer algı mekanizmaları ile açığa çıkan bir bilgi olduğunu iddia edenler de bulunmaktadır (50,51,52). Yapılan psikofizik araştırmaları ile bu temel algısal niteliğin daha küçük sayılar arasındaki farkın daha hassas algılanması ancak daha büyük sayılar arasında aynı farkın aynı hassasiyette algılanamaması olarak tanımlanan Weber yasasına uygun olarak çalıştığı düşünülmüştür. Ancak daha sonra bu yasanın bütün sayıların algılanmasında geçerli olmadığı, 3 ile 4 sayılarına kadar olan sayıların doğrudan algılanmasını sağlayan bir sistemin ve daha büyük sayıların algılanmasında Weber yasasına uygun olarak çalışan ayrı bir sistemin olduğu iddia edilmiştir (49,53,54).

4.2. Sayı Algısı Sistemleri

Sayı algısı, dikkat mekanizmaları ve kısa süreli bellek konusundaki araştırmalarda insanların başka bir yetiye daha sahip oldukları bulunmuştur. Stanislas Dehaene tarafından “Approximate Number System” (Yaklaşık Sayı Sistemi) olarak isimlendirilen yeti bir kümedeki elemanların sayısının çok hızlı bir şekilde yaklaşık olarak tahmin edilebilme yetisi olarak tanımlanmaktadır (1). Bu yetinin tanımlanması ile birlikte bir kümedeki elemanların sayısının tam olarak sayılması ve bu sayının tahmin edilmesi olarak ikili bir sistem ayrımı yapılmıştır. Araştırmacılar sayının tahmin edilmesini sağlayan bu ikinci sistemin kümenin elemanlarının tek tek bireyleştirilerek sayı bilgisinin çıkarılmasından ziyade daha genel bir temsil ile eleman sayısına yakınsayacak bir tahmin yapılmasına olanak sağladığını belirtmişlerdir. Ancak ilk sistemin çalışmasında eleman

sayısındaki artış bir bilişsel yük oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, sayı arttıkça sayının tam olarak sayılması doğal olarak zorlaşmaktadır. Bilişsel yükün eleman sayısı arttıkça artıyor oluşu düşüncesine dayanarak küçük sayıların ve büyük sayıların tek bir sistem ile algılandığı, küçük sayıların hatasızca algılanabilmesinin nedeninin bilişsel yükün az olması olduğu iddia edilmiştir. Bu tek sistemin de Weber yasasına uygun olarak çalıştığı hipotez edilerek incelemelerde bulunulmuştur. Ancak daha önce de belirtildiği gibi bu yasanın 3 ile 4 sayısına kadar olan sayılarda geçerli olmadığı bulunmuştur (54). Burada ilginç olan kısım belli bir sayıya kadar olan eleman sayılarının doğrudan ve hatasız algılanmasıdır. Bu yetinin hangi sayıya kadar geçerli olduğu sorgulanmış (5,7,12,16,19,20,55,56,57) ve bu yetinin altında bulunan sisteme dair teorik bakış açıları geliştirilmiştir.

4.3. Nesne Sayılarının Doğrudan Algılanmasına Dair Teorik Yaklaşımlar

Geliştirilen bu teorik bakış açılarını inceleyecek olursak, bakış açılarından bir tanesinde deneyler sonucunda nesne sayılarını doğrudan algılamamanın sınırı olarak 4 sayısını bulan araştırmacılar bu konuya teorik bir yaklaşım olarak 2, 3 ve 4 sayıdaki nesnenin oluşturduğu kurallı desenleri öneri olarak sunmuşlardır. Başka bir deyişle 2 nesne bir doğru, 3 nesne bir üçgen ve 4 nesne de bir dörtgen oluşturduğu için daha aşına olunan desenler oluşturduklarını ve bu nedenle doğrudan algılandıklarını iddia etmişlerdir (55). Deneysel çalışmalarda ve hesaplamalı bilgisayar modellemelerinde (58,59) bu teorik bakış ile açıklanabilecek sonuçlar bulunmuş olsa dahi bu teorinin farklı sayılardaki nesne kümelerinden bazılarının neden doğrudan algılandığını açıklayamadığı belirtilmektedir (60).

Konu hakkındaki bir başka teoride ise FINST (Fingers of INSTantiation) yani örneklemenin parmakları olarak isimlendirilen model, belirli bir sayıdaki konumda bulunan nesnelerin, bu nesnelerin özelliklerinden ve diğer koşullardan bağımsız olarak, bir kerede bireyleştirildikleri ve bunun dikkat mekanizmalarından önce yapıldığı şeklinde önerilmiştir (16). Başka çalışmalar tarafından da desteklenen bu teorik yaklaşımda nesnelerin bireyleştirilmesi süreci hakkında görsel sistemde en fazla 4 adet zihinsel işaretin olduğu ve bu işaretlerin nesnelere değişen özelliklerinden bağımsız olarak

tuttukları öne sürülmüştür (61). Ancak teoride zihinsel işaretlerin 4 olarak belirtilen sınırına dair teorik bir çerçeve çizilmemektedir.

Bu sınırın temelini çalışma belleğinin sınırları ile ilişkili olduğunu ve kısa süreli dikkat mekanizmalarının kapasitesinin çalışma belleğinin bu sınırından dolayı 4 olduğunu belirten Cowan (6) bunu sihirli sayı 4 olarak nitelendirmiştir. Ancak yapılan çalışmalarda çalışan belleğin kapasitesinin genişliği ile nesne sayılarının doğrudan algılanma sınırı arasında birbirini pozitif olarak etkileyen bir ilişki bulunamamıştır (62). Bellek yükündeki artışın da nesne sayılarının doğrudan algılanma sınırını etkilememesi bu yetinin çalışma belleğinin sınırından daha farklı bir mekanizma ile ilişkili olabileceğini düşündürmüştür (16). Ancak daha sonra bu yetinin zamansal sınırlarını belirlemek için yapılan deneylerde kapalı bir doğrudan algılama sınırına sahip olduğu düşünülen bu nesne sayılarını algılama sisteminin dikkat süreçlerinden etkilendiği, yani dikkat genişliğini daraltıcı etkenler (örn. iki farklı göreve odaklanmak) olduğunda doğrudan algının sınırını geçmeyen sayıda nesnenin algısındaki doğruluğun etkilendiği görülmüştür (63,63,65). Dolayısıyla bu çalışmalar, nesne sayılarının doğrudan algısının dikkat süreçlerine dayalı olduğunu iddia etmişlerdir.

Nesnelerin sayısını saymadaki bu doğrudan algının, nesne sayılarının tahmin edilmesini sağlayan yetiden ayrı bir yeti olmadığını, sadece bu yeti içerisinde özel bir durum olduğunu belirten nesne normalleştirme modelinde (object normalization model) ise sayı saymanın nesneleri konumlandırmak ve belli bir sayıya yansıtma ile ilişkili olduğu iddia edilmektedir (56). Doğrudan algılama yetisi ile tahmin etme yetisinin beyinde farklı lokasyonlarda ya da farklı beyin ağlarında temsil edilmediğinin bulunmuş olması (57) bu bakış açısını desteklemektedir. Buna ek olarak bu bakış açısı daha küçük sayılar arasındaki farkın daha büyük sayılar arasındaki farktan çok daha hassas algılandığını söyleyen Weber yasasına uygun görünmektedir. Başka bir deyişle ayrı iki sistemden ziyade Weber yasasının söylediği gibi küçük sayılar arasındaki farkın çok daha hassas algılanması belli bir sayıya kadar nesne sayılarının doğrudan algılanmasına ve bu sınırdan sonra tahmin etme yetisinin başlamasına neden olmaktadır. Ancak davranışsal olarak tahmin etme yetisindeki performans ile doğrudan algılama yetisindeki performans arasında Weber yasasının bir sonucu olarak birbirinin devamı niteliği taşıyan bir ilişki

bulunamamıştır (54). Bu durumun nitelik olarak farklı işleyen iki sisteme işaret ettiği düşünülmüştür.

Çoklu nesne bireyleştirme teorisinde ise sayıların doğrudan algılanması dikkat mekanizması ile ilişkilendirilen sinirsel süreçlerde sınırlı sayıda nesnenin bireyleştirilebilmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir (20). Başka bir deyişle, dikkat temelli bireyleştirme mekanizmasının sınırlarından dolayı belli bir sayıya kadar olan nesnelerin sayısının doğrudan algılandığı iddia edilmektedir. Nesne sayılarının algılanması görevlerinde açığa çıkan olaya ilişkin potansiyel yanıtlarının incelenmesi sonucunda erken evredeki yanıtlar nesnelerin bireyselleştirilmesinden önceki algısal değişim ile orta zaman penceresindeki yanıtlar ise nesnelerin bireyselleştirilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, geç zaman penceresindeki yanıtlar ise sınırlı sayıdaki nesnenin, orta evrede bireyselleştirilmesinin ardından oluşan haritasının aktif bir şekilde hafızada muhafaza edilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda orta zaman penceresindeki olaya ilişkin potansiyel yanıtlarının toplam nesne sayısı sabitken hedef uyaran olarak belirlenen nesnelerin sayısındaki değişimden etkilendiği görülmüştür (66,67,68). Olaya ilişkin potansiyel yanıtlarındaki bu değişim eğrisinin de 3 ile 4 nesne sayısı arasında asimptotunun olmasının ve bunun davranışsal yanıtlara da yansımalarının nesnelerin bireyselleştirilmesinde belli bir kapasitenin olduğuna işaret ettiğini söylemektedirler. Geç zaman penceresindeki yanıtlar ise görsel çalışma belleğinin muhafaza mekanizmasının işareti olarak görülmüştür. Dolayısıyla olaya ilişkin potansiyel yanıtlarındaki bu işaretlerden yola çıkarak dikkat mekanizmalarında çoklu olarak nesnelerin bireyselleştirilmesindeki kapasitenin sayıların doğrudan algılanmasındaki sınırı oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Bebeklerle ve yetişkinlerle yapılan deneysel çalışmalar ışığında sayıların algılanma sürecinde iki temel sistem olduğunu belirten araştırmacılar bu açıklamalarında 3'ten daha fazla sayıdaki nesnelerin algılanması sürecinde nesnelerin kümeler halinde temsil edildiğini ve iki nesne grubunun karşılaştırılması gerektiğinde temsil edilen kümelerin yaklaşık eleman sayılarının karşılaştırıldığını belirtmektedirler (12). Bu sistemin birinci temel sistem olduğunu; bebeklerde, çocuklarda ve yetişkin bireylerde ortak olarak bulunduğunu söylemişlerdir. Bununla birlikte, 3 ve daha az sayıdaki

nesnelerin algılanması sürecinde nesnelerin birey olarak ayrıştırılarak algılandığını söylemişlerdir. İkinci temel sistem olarak belirtilen bu sistemin de bebeklerde, çocuklarda ve yetişkinlerde ortak olduğunu vurgulamışlardır. Bu iki temel sistemin özelliklerinin insan dışındaki canlılarda incelendiği deneylerde de aynı sonuçların görüldüğünü dolayısıyla farklı türlerde de aynı ikili sistemin bulunduğunu iddia etmişlerdir.

Nesne sayılarının doğrudan algısının zamansal sınırlarını incelemek için bir dizi çalışma gerçekleştiren başka araştırmacılar nesne sayılarının doğrudan algılanması ve sayının doğru bir şekilde cevaplanması için gerekli olan bir süre olduğunu belirtmektedirler (19). Gerekli olan bu sürenin duyuşal bilginin bütünleştirilmesi ve nesnenin bireyselleştirilmesi için gerekli olduğunu vurgulamaktadırlar. Bu işlemlerin 4 nesne için gerçekleştiği zaman penceresinin 100 ms olduğunu belirtmekte ve bu zaman penceresini görsel algı süreçleri ile ilişkilendirilen alfa frekansının faz uyumunun 1 döngüsü ile ilişkilendirmektedirler. Bu durumun nesnelerin sayısının doğrudan algılanmasının sınırını belirleyen etken olduğunu belirtmektedirler. Başka bir deyişle, görsel algı ile ilişkilendirilen alfa frekansının faz uyumunun 1 döngüsünün yaklaşık olarak 100 ms gibi bir zaman penceresine sahip olması durumunun nesnelerin sayısının doğrudan algılanmasındaki sınır olan 4 nesne kapasitesini belirlediğini iddia etmektedirler.

4.4. Nesne Sayılarının Algısına Dair Elektrofizyolojik Bulgular

Nesnelerin sayı bilgisinin doğrudan mı yoksa diğer bileşenlerin işlenmesi ile birlikte mi algılandığını incelemek için Park ve arkadaşları (69) yaptıkları çalışmada katılımcıların nokta dizilerinden oluşan görsel uyarılara (8-11-16-23-32 nokta) verdikleri olaya ilişkin potansiyel yanıtlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak erken dönemde ortaya çıkan olaya ilişkin potansiyel yanıtlarının sayısallığa diğer temel görsel bileşenlerden (nokta dizisindeki bir noktanın kapladığı alan, nokta dizisindeki noktaların kapladığı toplam alan, noktaların çizildiği çember ve noktalar arasındaki boşluk bölgenin ortalama alanı) daha hassas olduğunu bulmuşlardır. Dolayısıyla sayısallığın beyinde diğer temel görsel bileşenlerden bağımsız olarak çok daha kısa bir sürede (görsel kortekste - OZ ~75 ms ve parietal korteks dorsal görsel yolakta - PO7 ve PO8 ~180 ms) ve doğrudan işlemlendiği sonucuna ulaşmışlardır. Aynı zamanda bu çalışmanın sayısallığın olaya

ilişkin yanıtları etkilediğini gösteren ilk çalışma olma özelliği taşıdığını belirtmişlerdir. Bu bulguların devamı olarak yaptıkları çalışmada ise sayı bilgisinin parietal kortekse ulaşmadan önce görsel korteksin hangi bölgelerinde işlendiğini olaya ilişkin potansiyel yanıtları üzerinden incelemişlerdir (70). Sonuçta 90 ms civarında açığa çıkan olaya ilişkin potansiyel yanıtının sayısallık bilgisine özgü bir yanıt olduğunu ve bu yanıtın görsel V2 ve V3 bölgelerinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Sayısallık bilgisi ile bu bölgelerin ilişkisinin incelendiği fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme çalışmasında farklı sayılarda (17-24-34) noktalardan oluşan görseller kullanılmıştır (71). Görsel korteksin ilk seviyeleri olan V1, V2, ve V3'ün özel olarak incelendiğinde görsel uyarandaki nokta sayısı arttıkça bu bölgelerdeki aktivite yoğunluğunun da arttığı görülmüştür ve bu artışın diğer görsel bileşenlerin sabit tutulduğu ancak sadece sayı değişiminin olduğu durumlarda görülmesinin sayısallık bilgisinin görsel korteksin ilk seviyelerinde işlendiğine işaret ettiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, literatürün aksine intraparietal sulkus bölgesinde sayısallığa özgü bir aktivite bulamadıklarını söylemişlerdir.

Bir diğer taraftan, nesne sayılarının algısına dair yapılan olaya ilişkin potansiyel çalışmalarında nesne sayılarının algısının dikkat mekanizmaları temelli nesne bireyleştirmesine bağlı olduğu vurgulanmıştır (19,20,21). Nesne sayılarının doğrudan ve tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanmasının farklı çalışmalarda olaya ilişkin potansiyellerde nasıl bir iz oluşturduğunu inceledikleri derleme çalışmalarında Mazza ve Caramazza (20) nesne sayılarının algılanmasını 3 farklı bileşen ile ilişkilendirilebileceğini belirtmişlerdir. Bu 3 bileşen; algısal değişimle ilişkili erken zaman evresindeki bir yanıt olan N1, dikkat mekanizmasının süreçlerinde duyuşal girdideki hedeflenen bütün nesnelerin bireyleştirilmesi ile ilişkilendirdikleri daha orta zaman evresinde bir yanıt olan N2pc ve çalışma belleği ile ilişkili geç bir yanıt olan CDA'dır. Önceki yapılan çalışmalarda nesne sayısı arttıkça uyaran sonrasında ilk 100 ms civarındaki aktivite olan N1 yanıtının gücünde de bir artış görülmüştür. Dolayısıyla bu aktivitenin nesne bireyselleştirmesi ile alakalı olabileceği düşünülmüştür ancak sonraki yapılan çalışmalarda bu aktivitenin hedef nesnelerin bireyleştirilmesinden daha çok görsel uyarandaki bütün nesnelerin sayısı ile ilgili olduğu bulunmuştur (72). Bu nedenle bu

bileşenin görsel bir uyarandaki bütün nesnelerin sayı bilgisi ile ilişkili olabileceğini ve hedef nesnelerin bireleştirilmesinden önceki aşama olduğunu belirtmişlerdir. Bu aşamanın ardından gelen ve uyarı sonrasındaki yaklaşık 200 ms civarlarındaki bir aktivite olan N2pc aktivitesinin ise hedef nesnelerin bireleştirilmesi ile ilgili olabileceğini öne sürmüşlerdir çünkü yapılan çalışmalarda (66,67,68) bu aktivitenin görsel uyarandaki nesne sayısının sabit tutulduğu durumlarda hedef uyarı sayısındaki artıştan etkilendiği dolayısıyla dikkat mekanizmalarının da içinde bulunduğu nesnelerin bireleştirilmesi mekanizması ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir. Daha sonra uyarı sonrasındaki yaklaşık 300 ms civarlarındaki bir aktivite olan CDA'nın (Contralateral Delayed Activity) katılımcıların uyarandaki nesne sayısını ezberlemesi gerektiği hafıza deneylerinde açığa çıktığı ve uyarıda bulunan nesne sayısından etkilenen bir aktivite olduğu görülmüştür. Özellikle aktivitenin oluşturduğu eğrinin asimtotunun 3-4 nesne sayısına doğru oluşmasını çalışan bellek kapasitesi ile ilişkilendirmişlerdir ancak Mazza ve Caramazza bunun bir önceki aşama olan N2pc aktivitesinden kaynaklanan bir sonuç durumu olduğunu düşünmektedirler.

Olaya ilişkin osilasyon çalışmalarına baktığımızda ise Van Rinsveld ve arkadaşları (73), katılımcıların EEG yanıtlarını kaydederken nesne uyarılarının farklı özelliklerinin (sayısalılık, toplam alan, dışbükeylik, yoğunluk, ve nokta büyüklüğü) kontrollü olarak sunulduğu denemelerle farklı miktarlardaki nesne uyarılarının (10'dan 15 noktaya kadar) nasıl temsil edildiği araştırmışlardır. Görsel korteksteki delta yanıtlarının gücünü incelediklerinde farklı özelliklerin etkisi eşitlendiğinde sayı bilgisinin yine de ayırt edilebildiğini buldukları için sayısalılığın görsel kortekste tespit edilen birincil bir duyuşsal özellik olduğunu öne sürmüşlerdir. Ancak delta yanıtının gücündeki değişim sadece nesne sayısı 1,5 kat değiştiğinde yani nesne sayısı 10'dan 15'e çıktığı durumlarda görülmüş daha düşük oranlardaki değişimlerde bu yanıt farklılaşması görülmemiştir.

Nesne sayılarının doğru belirlenebilmesi için gerekli olan süreyi inceledikleri çalışmaların sonuçları ışığında oluşturdukları teorik yaklaşımda araştırmacılar bu bilginin doğruluğunun alfa frekansının faz tutarlılığı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (19). Daha açık bir ifadeyle, nesnelerin sayısının doğru belirlenebilmesi için dikkat mekanizmaları aracılığıyla nesnelerin her birinin bireleştirilmesi gerekmekte ve bu işlem için bir süre

gerekmektedir. Yaptıkları MEG çalışmasında katılımcılar öncelikle düzgün olmayan birbirine geçmiş siyah çizgilerden oluşan bir maske görmüşlerdir. Daha sonra 0 ile 4 nesne sayısı arasında X işareti ekranda belirlemiştir. Ardından da uyarın öncesinde görülen aynı düzgün olmayan birbirine geçmiş siyah çizgilerden oluşan maske ekranda belirlemiştir. X'lerden oluşan uyarın ekrana uyarın öncesindeki maskeden 0, 33, 50, ya da 200 ms sonra gelmiş ve ekranda 50 ms boyunca kalmıştır. Uyarın sonrası maskeden sonra da katılımcılar kaç adet X gördüklerini 0 ile 4 sayı seçenekleri arasında işaretlemişlerdir. Analiz kısmında doğru cevap verilen koşullardaki olaya ilişkin osilasyon yanıtlarıyla yanlış cevap verilen koşullardaki olaya ilişkin osilasyon yanıtları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, 1 nesne için yaklaşık 25 ms, 2 nesne için yaklaşık 50 ms ve nesne sayılarının doğrudan algılanmasının sınırı olarak iddia edilen 4 nesne için ise yaklaşık 100 ms kadar bir süreye ihtiyaç duyulduğunu bulmuşlardır. 100 ms'nin de alfa frekansının 1 faz açısı döngüsü için gerekli süre olmasından dolayı nesne sayılarının doğrudan algılanmasındaki sınırın bu süre ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (24).

Bahsettiğimiz bu metot sonucunda elde edilen bulgular ışığında, nesnelerin sayısının doğrudan algılanmasındaki sınırlılığın dikkat mekanizmaları aracılığıyla nesnelerin her birinin bireyleştirilmesi için gereken süre ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (19). Ancak kullanılan metot incelendiğinde bu metodun sadece bireyleştirmeyi değil ayrıştırmayı da içerdiği görülmektedir. Çalışmada kullanılan metotta düzgün olmayan birbirine geçmiş siyah çizgilerden oluşan maskeler ardında görsel sistemde bir iz bırakmaktadır. Makalede görsel sistemde farklı temsiller oluşturulmaması için bu şekilde maskeler seçildiği belirtilse de katılımcılar düzgün X işaretlerinden oluşan uyarınları maskelerin ardından görsel sistemde kalan iz ile birlikte görmektedirler. Bu durumda katılımcılar adeta kalabalık bir nesne grubu içerisinde hedeflenen nesnelere belirlemeye çalışmaktadırlar. Yani her bir nesnenin sınırlarının belirlendiği bireyleştirme işlemi ile birlikte hedef nesnelere hedef olmayan nesne kalabalığından ayrıldığı bir ayrıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, kullanılan metodun bu özelliğinden dolayı katılımcıların yanlış cevaplarının sebebinin nesnelere bireyleştirememeleri mi yoksa kalabalık nesne grubundan hedef nesnelere ayrıştıramamaları mı olduğu kesin değildir. Bununla birlikte nesne sayıları doğrudan algının sayı sınırı olarak iddia edilen 4

nesnenin altında ise nesnelerin sayı bilgisini insanlar tarafından hatasız cevaplanabildiği için doğrudan algılandığı iddiası düşünüldüğünde yanlıştın ayrıştırma ile ilgili olabileceği akıllara gelmektedir. Başka bir ifadeyle, katılımcıların hedef nesnelere kalabalıktan ayrıştıramadığı için hata yapıyor olma ihtimali daha olası görünmektedir çünkü uyaranda görülen nesnelerin sayısı nesne sayısının doğrudan ve hatasız algılanabildiği sınırın içinde yer almaktadır. Dolayısıyla, nesnelerin bireyleştirilmesi ile ilgili olduğu iddia edilen zamansal sınırlılığın da hedef nesnelerin kalabalıktan ayrıştırılması ile ilişkili bir zamansal sınırlılık olma ihtimali daha olası görünmektedir. Bununla birlikte çalışmada sadece nesne sayılarının doğru rapor edildiği olaya ilişkin osilasyon yanıtlarıyla yanlışt rapor edildiği olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının karşılaştırılması, osilasyon yanıtları nezdinde farklı sayıdaki nesne koşullarının nasıl farklı yanıtlar oluşturduğunun incelenmediği anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle, sadece bir nesnenin bulunduğu bir uyarının oluşturduğu elektrofizyolojik osilasyon yanıtları ile sadece iki nesnenin bulunduğu bir uyarının oluşturduğu elektrofizyolojik osilasyon yanıtları arasında bir farklılık var mı, varsa nasıl bir farklılık var sorusunun henüz nesne bireyleştirmesine uygun bir metotla incelenmediği anlaşılmaktadır.

4.5. Tez Çalışmasının Amacı ve Beklenen Katkısı

Elektrofizyolojik osilasyon yanıtları nezdinde hem nesne sayılarının doğrudan algılandığı sayı sınırı içinde kalan nesne miktarlarının hem de nesne sayılarının tahmin etme yoluyla algılandığı nesne miktarlarının nasıl temsil edildiğinin nesne bireyleştirmesine uygun bir metotla incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla oluşturduğumuz tez çalışmada farklı sayıdaki nesne uyarılarının nasıl algılandığı ve olaya ilişkin osilasyon yanıtları ile nasıl temsil edildiğini inceledik. Literatürde bu yöntem kullanılarak olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının henüz kapsamlı olarak incelenmediğini gördük. Dolayısıyla, bu açığı kapatmak için nesne bireyleştirmesine uygun olduğunu düşündüğümüz yöntemle sıfırdan dokuz nesne (daire) sayısına kadar oluşan görsel uyarıların olaya ilişkin osilasyon yanıtlarında nasıl farklılaştıklarını inceledik. Bu çalışmamızla nasıl belli sayıda nesneye kadar olan nesne sayılarını doğrudan, daha fazla sayıda nesne sayılarını tahmin etme yoluyla algıladığımızın elektrofizyolojik izlerini açığa

çıkardığımızı düşünmekteyiz. Kullandığımız yöntemde uyaran öncesi ve sonrası maskeler olarak gauss gürültüsünden oluşan maskeler kullandık. Sıfırdan dokuz nesne sayısına kadar olan görsel uyaranlar kullandığımız deneyimizde uyaranlar ekranda uyaranların gösterilebildiği en kısa süre olan ~8,3 ms boyunca kalmıştır. Uyarandan sonra gelen maskenin ardından da katılımcılardan kaç tane daire gördüklerini belirtmeleri istenmiştir. Bu işlemler sırasında katılımcıların EEG kaydı alınmıştır. Her bir katılımcının farklı sayılardaki nesne uyaranlarına verdikleri EEG kayıtları farklı frekanslara ayrıştırılarak olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu yöntemle farklı sayıdaki nesnelerin bireyleştirilmesi süreçlerindeki farklılaşmaları incelemeyi hedefledik. Tez çalışmamızda nesne sayılarının doğrudan algılandığı sayı sınırını geçmeyen nesne koşulları arasında olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının özellikleri açısından bir farklılaşma görmeyeceğimizi ancak bu nesne koşulları ile nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanabildiği nesne miktarları kadar nesne bulunan koşullar arasında olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının özelliklerinde bir farklılaşma göreceğimizi hipotez ettik. Bununla birlikte, nesne sayılarının doğrudan algılandığı sayı sınırında farklılaşmayan belli seviyedeki olaya ilişkin osilasyon yanıtlarından sonra nesne sayısı arttıkça olaya ilişkin osilasyon yanıtının da daha yoğun bir yanıt olmasını beklemekteyiz. Ek olarak, sıfır nesne koşulunun diğer bütün nesne koşullarından farklı bir yanıt oluşturmasını beklemekteyiz.

Tez çalışmamızda nesne sayılarının doğrudan algılandığı sayı sınırının literatürde genel olarak kabul görmüş 4 nesne sayısında değil bu sınırın 3 nesne sayısında olacağını düşünmekteyiz. Çünkü doğrudan algılama yetisinin literatürde bulunan açıklamalardan farklı olarak matematiksel nesnelerin zihinde kuruluşu ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Tezimizin bir diğer amacı da nesne sayılarını doğrudan algılama yetisi ile matematiksel nesnelerin zihinde kuruluşu arasındaki ilişkiyi açıklamaktır.

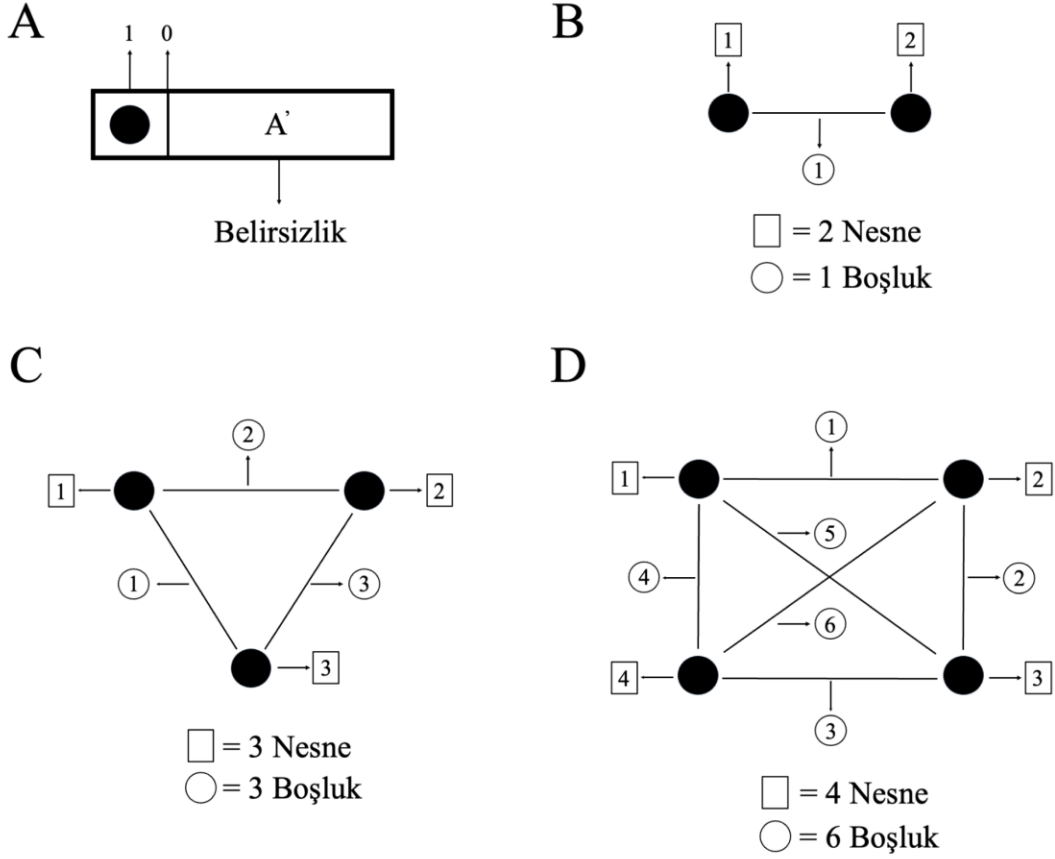
Burada matematiksel nesnelerin zihinde kuruluşu ile Ahmet Ayhan Çitil'in "Matematik ve Metafizik Kant"ın transandantal düşüncesinin derinleştirilmesi yoluyla nesne-merkezli bir matematik felsefesinin geliştirilmesi" kitabında (27, s. 127) bahsettiği matematiksel nesnelerin kuruluşu ile ilgili teorisini kastetmekteyiz. Bu teoride Çitil,

Kant'ın saf görü dediği, aritmetik ve geometrik malzemelerin saf çokluk olarak inşa edildiği yerde bu insanın gerçekleşmesi için gerekli olan özellikleri belirterek araştırmasına başlamaktadır. Matematiksel nesnelerin inşasının yerlerin kalıcı ve dolaysız çokluğunu gerektirdiğini belirtmekte ve bu çokluğun doğal sayılar olarak Bir, İki ve Üç'ün görüsel izleri vasıtasıyla elde edilebileceğini iddia etmektedir. Burada görüsel iz ifadesini dolaysızca inşa olunmuş unsurlar bütünü olarak tanımlamaktadır. Buradan anladığımız kadarıyla, zihinde unsurlarıyla bir bütün halinde inşa edilen bir şeyin dolaysızca yani doğrudan, herhangi başka bir sürece tabi olmaksızın inşa edilmesi o şeyin görüsel izidir. Bu doğrultuda matematiksel nesnelerin nasıl inşa edildiğini incelemek için Çitil, ilk olarak Sıfırın görüsel izinin işlevini açıklamaktadır. Sıfırın görüsel izinin bir nesnenin, diğer nesnelere ve belirsizlikten ayrılmasının ilkesi olduğunu belirtmektedir. Başka bir ifade ile, "A" bir şey olarak birlik halinde düşünülüyorsa "A", "A olmayan" her şeyden bir boşluk ile ayrılmaktadır ve bu ayırma işlemi ne "A" ne de "A olmayan"dan farklı bir boşluk ile gerçekleştirilmektedir. Yani, Sıfırın görüdeki izinin işlevi bu boşluk ile bir şeyin o şey olmayan her şeyden ayrılmasıdır. Bununla birlikte "A"nın bir şey olarak birlik halinde düşünülmesi Bir'in görüdeki izinin işlevini gerektirmektedir çünkü "A vardır demek" a priori nesnelere olarak Sıfır ve Bir'in varlığına ihtiyaç duymaktadır. Diğer bir taraftan, Çitil İki şeyin düşünülebilmesinin de "A"nın "B" ve "B"nin de "A olmamasının" aynı fiilde düşünülebilmesi ile mümkün olduğunu belirtmektedir. Bu ifadenin aynı fiilde düşünülebilmesi için "A" ve "B"yi ayıran bir boşluğun düşünülmesinin yeterli olduğunu ve sonuç olarak iki şeyin düşünülebilmesi için iki şey ve bir boşluk gerektiğini söylemektedir. Dolayısıyla bir boşluk ile iki şeyin ayrılması ve aynı fiilde dolaysızca düşünülebilmesi İkinci görüsel izini oluşturmaktadır. Üç'ün görüsel izi için ise üç şeyin ikişerli olarak birer boşlukla ayrılması ile kurulduğunu belirtmektedir. Burada üç şeyin birbirinden ayrılması için üç boşluğun yeterli olduğunu yani üç şeyin birbirinden ayrılması üçten büyük bir sayının bilgisine ihtiyaç duymadan yapılabildiği için aynı fiilde dolaysızca düşünülebildiğini söylemektedir. Çitil bütün bunları şu şekilde özetlemektedir;

Belirsizlik ve belirsizlikten Bir'in bir boşlukla ayrılarak düşünülmesi Bir'in görüsel izini; İki Bir'in, bir boşlukla ayrılarak düşünülmesi İki'nin görüsel izini; Üç Bir'in, ikişer ikişer bir boşlukla ayrılarak düşünülmesi Üç'ün görüsel izini kurar (s. 141-142).

Ancak Dört'ün görüsel izinin kuruluşunda niteliksel bir değişim meydana gelmektedir çünkü dört'ün görüsel izinin kurulabilmesi için altı ayrı iki şeyin ayrılarak düşünülmesinin gerektiğini belirtmektedir. Dolayısıyla, Dört'ün görüsel izinin kurulması, Altı'nın görüsel izinin kullanılmasını gerektirdiği için dolaysızca düşünülebilmesinden bahsedemeyeceğimizi söylemektedir. Bu durumun Dört'ten büyük bütün sayılar için geçerli olduğunu ve Dört'ten büyük sayıların görüsel izlerle değil kavramlar yoluyla dolaylı olarak kurulduğunu öne sürmektedir (Şekil 4.5).

Matematiksel Nesnelerin İnşası



Şekil 4.5. Matematiksel nesnelere inşasının temsili gösterimi. (A) Bir nesnenin diğer nesnelere ve belirsizlikten bir boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (B) İki nesnenin bir boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (C) Üç nesnenin ikişer ikişer üç boşluk ile ayrılmasını temsili olarak göstermektedir. (D) Dört nesnenin ikişer ikişer ayrılması için gereken altı boşluğu temsili olarak göstermektedir.

Çitil'in Kant'ın transandantal düşüncesinin derinleştirilmesi yoluyla nesne merkezli olarak kurduğu bu teorinin ışığında nesne sayılarının doğrudan algısının Bir, İki ve Üç'ün görüsel izi ile ilişkili olduğunu, nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanmasının da Dört ve daha büyük sayıların kavramlar yoluyla dolaylı olarak kurulması ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Başka bir deyişle, Bir, İki ve Üç'ün görüsel izinin dolaysız mevcudiyeti üç ve daha az sayıdaki nesne miktarlarının sayısının doğrudan algılanmasını sağlamakta iken Dört ve daha büyük sayıların kavramlar yoluyla dolaylı olarak kurulması da dört ve daha fazla sayıdaki nesne miktarlarının sayısının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda da nesne sayılarının doğrudan algısının sınırının 3 nesne sayısı olacağını hipotez etmekteyiz.

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Katılımcılar

Çalışmamızda katılımcılarımız 19-28 yaşları (*ort.* = 23,6, *sd.* = 2,2) arasında 30 (15 erkek) sağlıklı katılımcıdan oluşmaktadır. Katılımcılarımızın herhangi bir nörolojik hastalık geçmişi olmamasına ve son aylarda nörolojik etkisi olan bir ilaç kullanmamış olmasına dikkat edilmiştir. Katılımcılarımız deneyimize gönüllü olarak katılmışlardır ve katılımlarından dolayı herhangi bir ödüllendirilme yapılmamıştır. Bütün deneyler İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Kampüsü, Sinirbilim Araştırma Merkezi, Klinik Elektrofizyoloji, Nörogörüntüleme ve Nöromodülasyon Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarımızda, deneye katılan bütün katılımcıların normal ya da düzeltilmiş-normal görüşü olduğundan emin olunmuştur.

5.2. Cihaz ve Uyarılar

Katılımcılarımızın EEG kayıtları sessiz, loş ışıklı ve elektromanyetik dalgalara karşı korumalı faraday kafesinde alınmıştır. Deneyin hazırlık aşamasında katılımcıların kafa derisi alkollenerek elektriksel direnci düşürülmüştür. 32 Ag/AgCl elektrotlu Easy-Cap (Brain Products) uluslararası 10-20 sistemine göre EEG kaydı alınmak üzere katılımcıların kafa derisi üzerine yerleştirilmiştir. Direnç düşürücü iletken maddeler yardımıyla bütün elektrotların direnci 15 k Ω altına düşürülmüştür. Bütün elektrotlar katılımcıların iki kulak memesine yerleştirilen iki elektrota referansla beyin elektriksel sinyalini kaydetmiştir. EEG kayıtları için BrainAmp 32 kanallı DC sistem makinesi kullanılmıştır. EEG kayıtlarının bant sınırları 0,01 ile 250 Hz arasında olacak şekilde düzenlenmiştir ve 500 Hz örnekleme hızında çevrimiçi olarak dijitalleştirilmiştir. Bununla birlikte katılımcıların sağ gözlerinin üst medial ve lateral orbitaline yerleştirilen iki elektrot ile elektrookülogram kaydedilmiştir.

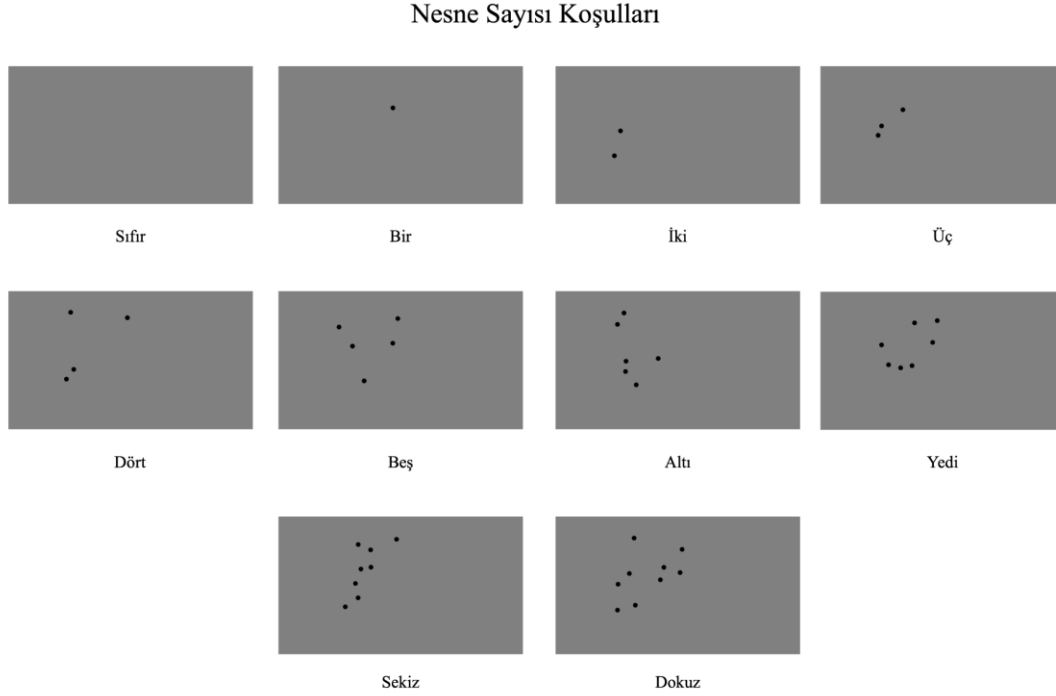
Katılımcıların iki gözlerinin orta noktası ile ekran arasında tam 60 santimetre uzaklık olacak şekilde ve iki gözlerinin orta noktası ekranın orta noktasına denk gelecek şekilde oturmaları sağlanmıştır. Monitör olarak 120 Hz yani yaklaşık 8,3 milisaniye yenileme hızına sahip Rampage RM-244 FLASH 24 kullanılmıştır. Monitörün 531,36 milimetre genişliği ve 298,89 milimetre yüksekliği olup 1920x1080 piksel çözünürlüğü

bulunmaktadır. Deney için kullandığımız bilgisayarda ekran kartı olarak Radeon RX550/550 Series mevcuttur. Deney boyunca katılımcılar spontan EEG çekimi, alıştırma bölümü ve 4 bölümden oluşan deney aşaması olmak üzere 6 bölüme katılmışlardır. Bütün çekim toplamda yaklaşık 120 dakika sürmüştür. Katılımcılar deney yürütücüsü ile birlikte alıştırma bölümünde bulunan 10 denemeyi tamamlamışlardır ve katılımcıların deneyi anladıklarından emin olunmuştur. Daha sonra deney koşulları olarak 10 farklı deney koşulunun her birinden 10 deneme olacak şekilde her bir bölümde 100 denemeyi tamamlamışlardır. Toplamda 4 bölümden oluşan deney aşamasında 400 deneme yapılmıştır ve sonuç olarak her bir deney koşulundan 40 denemenin sonuçları kaydedilmiştir.

5.3. Uyarın Özellikleri

Deneyimizde kullandığımız uyarınlar gri zemin (RGB: 128,128,128) üzerinde farklı sayılarda siyah renkte (RGB: 0,0,0) yuvarlak noktalardan oluşturulmuştur. Uyarınlardaki nokta sayıları 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 olmak üzere 10 çeşittir (Şekil 5.3). Uyarınlar ekranda görüldüğü alan monoküler görme alanının sınırları içerisinde kalacak şekilde ekranın tam orta noktasına göre yatay eksen ve dikey eksen 15° görsel açı alanı (570x570 piksel) ile sınırlı tutulmuştur. Bu alan içerisinde gösterilecek noktaların konumları rastgele belirlenmiştir. Ancak, noktaların birbiri üzerinde gelmesini engellemek için iki nokta arasında en az 1° görsel açıklık (37 piksel) mesafe olacak şekilde ayarlanmıştır. Uyarınlardaki her bir noktanın büyüklüğü de 1° görsel açı yani 37 pikseldir. Yukarıda da bahsedildiği gibi katılımcılar alıştırma bölümünde her bir uyarın çeşidinden 1 tane olmak üzere toplam 10 deneme yapmışlardır. Deney aşamasındaki her bir bölümde ise her bir uyarın çeşidinden 10 tane olmak üzere toplam 100 deneme, bütün bölümler sonunda ise toplamda 400 deneme yapmışlardır. Deney boyunca her bir uyarının öncesinde ve sonrasında gauss gürültüsünden oluşan maskeler (1920x1080 piksel) kullanılmıştır. Bu gauss gürültüleri bir görsele gürültü eklemek için kullanılan MATLAB fonksiyonu “imnoise” kullanılarak oluşturulmuştur. Bu fonksiyon ile gri renkten (RGB: 128,128,128) oluşan görsel üzerine gauss gürültüsü (ortalama = 0, varyans = 10) eklenmiştir. Bir denemede uyarın öncesi ve sonrası gauss gürültüsü maskeleri 3000

milisaniye boyunca ekranda kalmıştır. Uyarı ise ekranın bir karelik (frame) süresi boyunca yani yaklaşık 8,3 ms ekranda kalmıştır. Deneyimiz Psychophysics Toolbox uzantıları kullanılarak MATLAB üzerinden tasarlanmıştır (74,75,76,78).



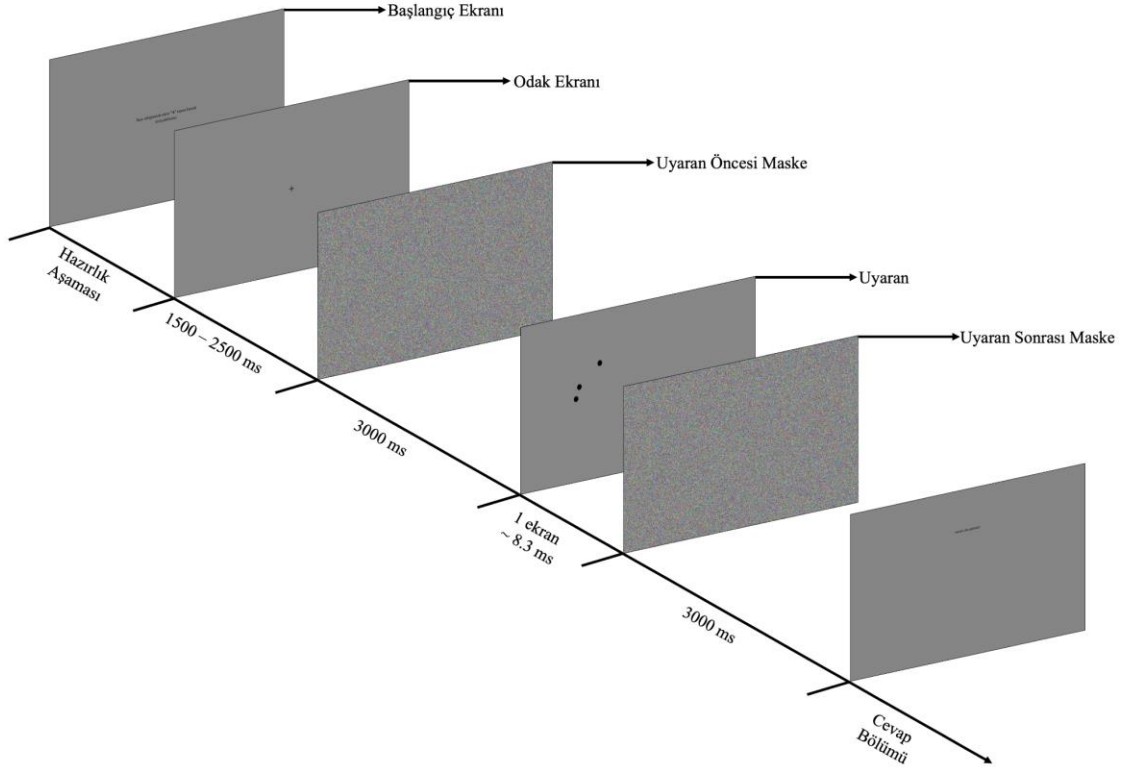
Şekil 5.3. Nesne sayısı koşullarının örnekleri.

5.4. Yöntem

Yönergeler kendisine sunulduktan sonra deneye katılım için onayı alınan katılımcıların kafa derileri alkollendikten sonra inyon ve nazyon kemikleri arası ölçümlenmiştir ve 32 kanallı Easy-Cap katılımcıların kafa derisi üzerine yerleştirilmiştir. Elektrot kanallarındaki direnç 15 k Ω altına düşürüldükten sonra katılımcılar yönergeler ile deney hakkında bilgilendirilmiştir. Deney başlangıcında 3 dakika gözler açık ve 3 dakika gözler kapalı olacak şekilde katılımcının spontan EEG kaydı alınmıştır. Bu kayıt sonrası katılımcı görsel uyarıları ve deneyin işleyişini daha iyi anlaması için alıştırma bölümünü deney yürütücüsü ile birlikte tamamlamıştır. Alıştırma bölümündeki başlangıç yönergelerinde katılımcıya ekranda farklı sayılarda nesne uyarıları göreceği ve nesne sayılarının 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 arasında değişeceği söylenmiştir. Katılımcının deneyi

anladığından emin olunmuş, bu şekilde alıştırma bölümü tamamlanmış ve deney aşamasına geçilmiştir. Deneyin ilk aşamasında katılımcı hazır olduğunu hissettiğinde deneyi başlatmış ve ekranın orta noktasında uyarılar arası aralık süresi her bir uyarı için 1500 ile 2500 milisaniye (ms) arasında rastgele olacak şekilde artı işareti görmüştür. Katılımcıdan görev tamamlanmaya kadar bu noktaya odaklanması istenmiştir. Artı işaretinin süresi tamamlandığında uyarı öncesindeki maske 3000 ms boyunca ekranda kalmıştır. Uyarı öncesi maske süresi tamamlandığında ise noktalardan oluşan uyarı bir karelik (frame) sürede (120 Hz ~ 8,3 ms) ekranda görünmüştür. Daha sonra ise uyarı sonrası maske 3000 ms boyunca ekranda kalmıştır. Katılımcı bu aşamadan sonra ekranda beliren “Kaç tane daire gördünüz?” sorusuna klavyede bulunan rakamları kullanarak cevap vermiştir (deney dizaynı için bakınız Şekil 5.4). Uyarı ile alakalı soruya cevap verdikten sonra bir sonraki deneyi hazır olduklarında klavyede yönlendirilen tuşa basarak başlatmışlardır. Deneye başlamadan önce uyarı aralarındaki bu hazırlık süresince bir rahatsızlık hissettikleri takdirde bu rahatsızlıklarını giderdikten sonra bir sonraki deneyi başlatmaları istenmiştir. Bu yöntem EEG kaydındaki kas ve göz hareketi artefaktlarının önüne geçmek için uygulanmıştır. Katılımcı ilk bölümdeki 100 deneyi tamamladıktan sonra bir sonraki bölüme geçilmiştir. Diğer 3 bölüm de ilk bölüm ile aynıdır ve her biri yaklaşık 20 dakika sürmüştür. Katılımcı bölüm aralarında dinlenme imkanı bulmuştur. Dört bölüm de tamamlandıktan sonra katılımcı online bir demografik bilgi formu doldurmuş ve deney tamamlanmıştır.

Deney Dizaynı



Şekil 5.4. Katılımcıların deney boyunca her bir uyaran için uyguladıkları deney dizaynı.

5.5. EEG Veri İşleme

EEG verisindeki ön işleme aşamaları BrainVision Analyzer 2 (77) programı üzerinden tamamlanmıştır. Bu aşamalarda ilk olarak EEG verisindeki şehir şebeke gürültüsünü temizlemek için 50 Hz Notch filtre uygulanmıştır. Bütün EEG verisine, ilgilenilecek frekans aralığı (0,01 - 48 Hz) ile sınırlamak için bant geçiren filtre uygulanmıştır. Bu aşamaların ardından elde edilen EEG verisi ilgilenilecek olan zaman aralıklarında evrelere (epoch) bölünmüştür. Bu zaman aralıkları uyaran öncesindeki -3000 ms ve uyaran sonrasındaki 3000 ms olarak belirlenmiştir. Ayrıca her bir nesne sayısı koşulu için ayrı gruplama yapılmıştır. Daha sonra, her bir nesne sayısı koşulu için ayrı ayrı olacak şekilde EEG verisinde bulunan artefakt gürültüleri (göz hareketi, kas hareketi,

v.b.) görsel olarak tespit edilip veriden manuel olarak çıkarılmıştır. Bu işlemde bütün nesne sayısı koşullarından eşit sayıda artefakt gürültüsü içeren evre çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu işlemlerin ardından artefaktların oluşturduğu gürültüden temizlenmiş EEG verisi analize hazır hale getirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan temizlenmiş EEG verileri BrainVision Analyzer 2 programında dışarı aktarılmıştır. Dışa aktarılan verilerin ileri analizleri için MATLAB (78) üzerinden çalışan EEGLAB (79, versiyon 2023) programı kullanılmıştır. EEGLAB üzerinden temizlenmiş EEG verileri ile zaman-frekans analizlerinden olaya ilişkin faz tutarlılığı ve güç analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları geleneksel olarak kabul edilmiş frekans bantları olan delta (0,5-3,5 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (14-28 Hz) ve gama (28-48 Hz) frekans bantlarına göre yorumlanmıştır.

5.6. EEG Analizi Metodu

5.6.1. Olaya İlişkin Zaman-Frekans Düzleminde Faz Tutarlılığı Analizi

Bu analizde olaya ilişkin olarak her bir uyarın sonrası açığa çıkan EEG yanıtlarının oluşturduğu faz açılarının ne kadar tutarlı olduğunu incelenmiştir. Temel olarak uyarılara verilen yanıtlar arasında bir senkronizasyonun olup olmadığını incelediğimiz bu analizde aynı uyarın için benzer faz açısında yanıtlar oluşmuş ise bu durum faz açılarının tutarlı olduğunu göstermiştir. Başka bir deyişle, verilen EEG yanıtlarının senkronize verilen yanıtlar olarak değerlendirilebileceği anlamına gelmektedir. Faz tutarlılığı 0 ile 1 arasında değişen bir değer almaktadır ve bu değer 1'e ne kadar yakınsa uyarılara verilen yanıtların faz açıları o kadar tutarlı anlamına gelmektedir. Her bir uyarın için oluşan yanıtlardaki faz açısını hesaplamak için Morlet wavelet kullanılarak dalgacık (wavelet) dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Analiz EEGLAB programında yapılırken dalgacık döngüsü sınırları 3 ile 10 olarak belirlenmiştir. Bu parametre, analizde delta frekansının alt sınırı 1 Hz'den, teta, alfa, beta ve gama frekansının üst sınırı 48 Hz'e kadar 3 dalgacık döngüsünden başlayarak 10 dalgacık döngüsüne kadar adım adım artacak şekilde otomatik olarak program tarafından belirlenmiştir. Delta frekansının alt sınırı 1 Hz'den gama frekansının üst sınırı 48 Hz'e kadar olan frekans aralığı 150 parçaya bölünmüştür. Frekans ölçeği logaritmik olarak

alınmıştır. Uyarın öncesinde -3000 ms'den uyarın sonrasındaki 3000 ms'ye kadar olan zaman aralığı da 200 parçaya bölünmüştür. Bu belirlenen parametrelere göre her bir frekans için denemeler arası tutarlılık (inter trial coherence ya da ITC) formülü ile faz açısı tutarlılığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada $\varphi_j(t, f)$ dalgacığın t zamanında ve f frekansındaki fazı olmak üzere kullanılan formül şu şekildedir;

$$|ITC(t, f)| = \frac{1}{N} \times \left| \sum_j \left(\frac{W_j(t, f)}{|W_j(t, f)|} \right) \right| = \frac{1}{N} \times \left| \sum_j \exp(i\varphi_j(t, f)) \right|$$

Hesaplama sonucunda elde edilecek değerler istatistiksel analizde kullanılmıştır. Ek olarak, EEG analizleri için özel olarak 8 elektrot bölgesi seçilmiştir. Bu bölgeler F3, F4, P3, P4, P7, P8, O1 ve O2 bölgeleridir. P3, P4, P7 ve P8 elektrotları literatürde sayı algısı ile ilişkili olduğu belirtilmiş beyin bölgelerine karşılık gelen elektrot bölgeleri olduğu için seçilmiştir. F3 ve F4 bölgeleri sayı algısının frontal bölgeye yansımaları görmek için, O1 ve O2 bölgeleri de görsel bir uyarın kullanıldığı için seçilmiştir.

5.6.2. Olaya İlişkin Zaman-Frekans Düzleminde Güç Analizi

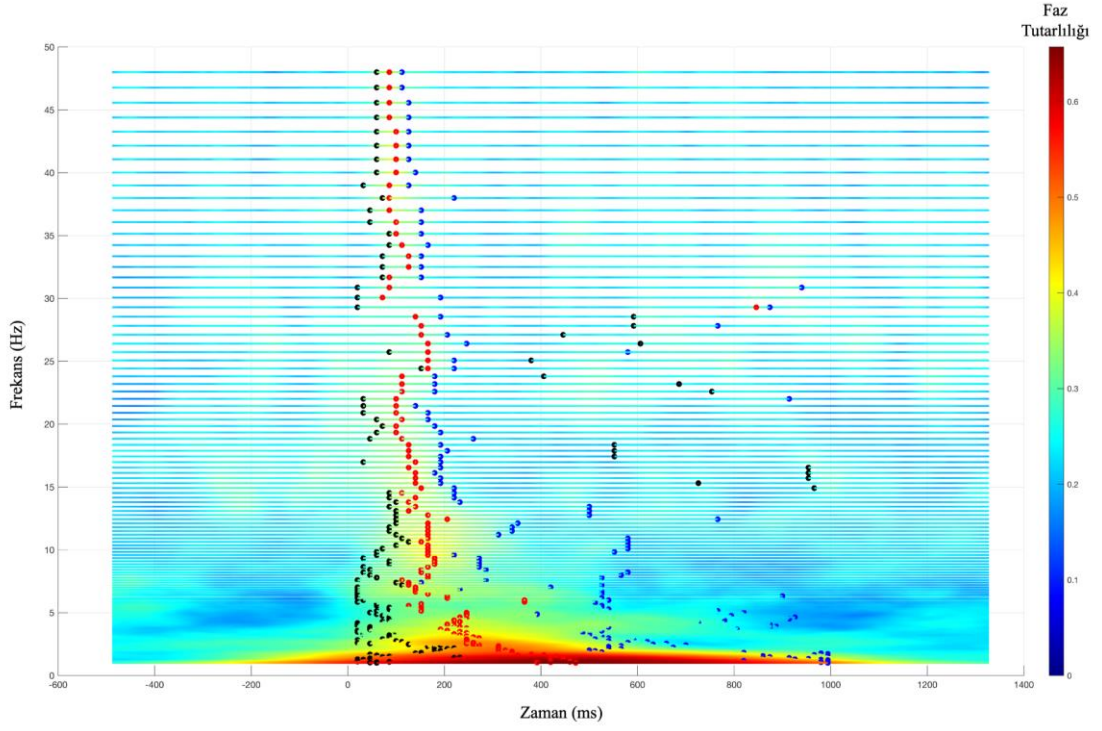
Bu analizde bir EEG sinyalinin belli bir frekans ve zaman penceresinde vektörel gücünün ne kadar yüksek olduğu incelenmektedir. Olaya ilişkin EEG verilerinde Morlet wavelet kullanılarak dalgacık dönüşümü bir önceki olaya ilişkin zaman-frekans düzleminde faz analizi bölümünde anlatıldığı gibi yapılmıştır. Ek olarak uyarın sonrasındaki bölgenin vektörel gücünü hesaplamak için -300 ile -100 ms'lik zaman penceresindeki EEG verisi referans olarak belirlenmiştir. Başka bir deyişle, uyarın sonrasındaki EEG verisinin vektörel gücünün bu zaman penceresindeki veriye göre nasıl değiştiği incelenmiştir. Diğer parametreler önceki bölümde verilen parametrelerle aynıdır. Hesaplama sonucunda elde edilecek değerler istatistiksel analizde kullanılmıştır.

5.6.3. Uyarın Sonrası Açığa Çıkan EEG Yanıtının Sınırlarının Belirlenmesi

Uyarın sonrasında açığa çıkan EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için MATLAB yazılım programında her bir elektrot ve her bir nesne sayısı koşulu için ayrı ayrı türev hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar faz tutarlılığı analizi sonuçları için ve güç analizi sonuçları için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. İlk olarak olaya ilişkin faz tutarlılığı

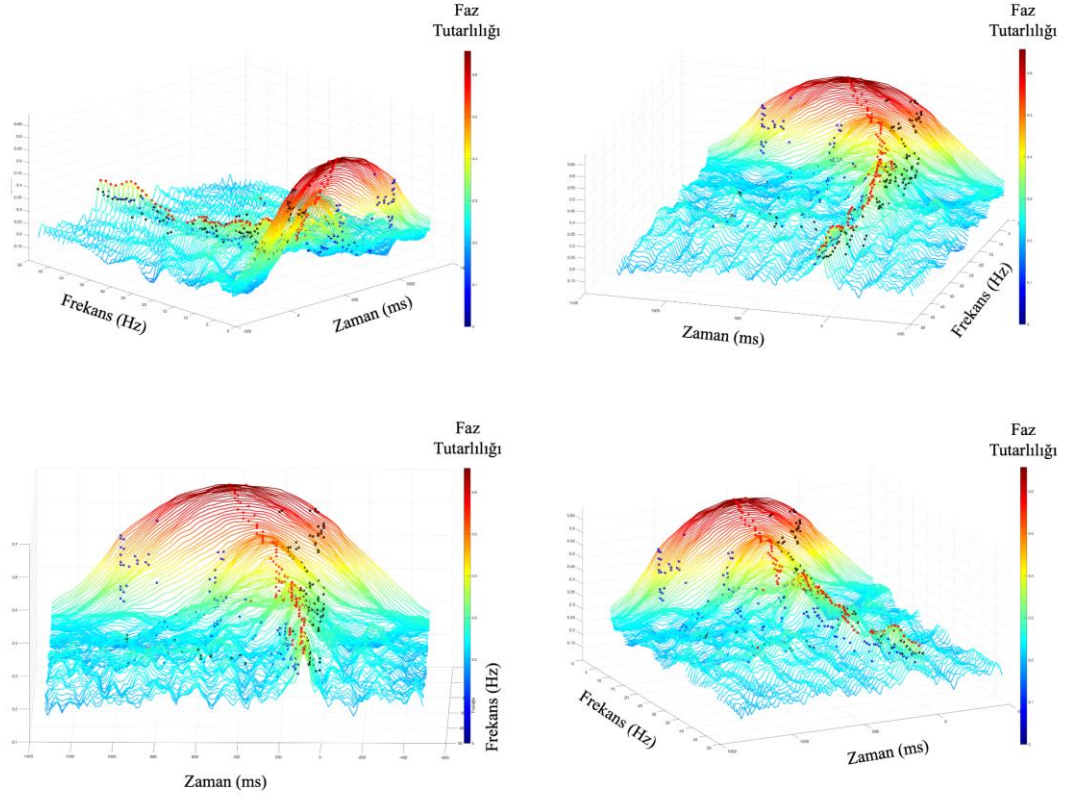
analizinde uyarının geldiği sıfır anından sonra EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için her bir frekans için ayrı ayrı olarak her bir zaman noktasındaki ortalama faz tutarlılığı değerlerinin sıfırdan sonraki ilk zaman olan t_1 anındaki değeri ile ikinci zaman olan t_2 anındaki değeri arasındaki türev hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar t_2 ile t_3 , daha sonra t_3 ile t_4 ve bu şekilde adım adım ilerlenerek en son t_{n-1} ile en son zaman noktası olan t_n arasında yapılmıştır. Bu hesaplanın türev değerleri iki nokta arasındaki değişim miktarını bize göstermiştir. Uyarının geldiği sıfır anından sonra EEG yanıtının başladığı anı belirlemek için türevin en yüksek olduğu yani değişimin en yüksek olduğu zaman noktası bulunmuştur. Nesne sayısı koşulundaki incelenen frekans için bu zaman noktasından sonraki ilk zaman noktasında EEG yanıtı başlamıştır. Bu zaman noktası yanıtın başlangıç noktası olarak kaydedilmiştir. Uyarana verilen yanıtın faz tutarlılığı değerinin maksimum olduğu zaman noktasından sonra EEG yanıtının bittiği anı belirlemek için de hesaplanan türevler arasında bu maksimum değerinin olduğu zaman noktasından sonra hangi zaman noktasında minimum türevin olduğu yani değişimin en düşük olduğu zaman noktası bulunmuştur. Bu zaman noktası bize yanıtın bittiği noktayı belirtmektedir (Şekil 5.6.3.1 ve 5.6.3.2). İstatistiksel analiz sonuçları da bu başlangıç ve bitiş noktalarına göre yorumlanmıştır. Nesne sayısı koşullarının ikili karşılaştırmalarındaki istatistiksel analiz sonuçları istatistiksel anlamlılığın olduğu frekans ve zaman pencerelerindeki her iki nesne sayısı koşulu için de bütün frekanslardaki yanıtların başlangıç zaman noktasının en düşük olduğu nokta alınmıştır. Bitiş zaman noktası için de yine en düşük olduğu nokta alınmıştır. Eğer anlamlılık bu iki noktanın oluşturduğu aralığı geçmişse bu iki noktaya göre ortalama ve standart değişimler hesaplanmıştır. Ancak anlamlılık bu iki noktanın oluşturduğu aralığın içinde daha küçük bir alana denk düşmüşse anlamlılığın olduğu en uç sınırlara göre ortalama ve standart değişimler hesaplanmıştır. Olaya ilişkin güç analizinde de aynı işlemler bu kez hesaplamalar sonucunda elde edilen EEG sinyalinin vektörel gücün zaman noktalarındaki değişimi üzerinden yapılmıştır.

P4 Elektrodu Bir Nesne Koşulu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Türev Hesaplamaları



Şekil 5.6.3.1. P4 elektrodunda bir nesne koşulundaki uyarana sonrasında açığa çıkan EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için faz tutarlılığı değerleri üzerinden hesaplanan türev sonuçlarının 2 boyutlu gösterimi. Siyah noktalar yanıtın başladığı anı, kırmızı noktalar faz tutarlılığının en yüksek olduğu anı, mavi noktalar da yanıtın bittiği anı göstermektedir.

P4 Elektrodu Bir Nesne Koşulu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Türev Hesaplamaları



Şekil 5.6.3.2. P4 elektrodunda bir nesne koşulundaki uyarın sonrasında açığa çıkan EEG yanıtının sınırlarını belirlemek için faz tutarlılığı değerleri üzerinden hesaplanan türev sonuçlarının 3 boyutlu gösteriminin 4 farklı açıdan görünüşü. Siyah noktalar yanıtın başladığı anı, kırmızı noktalar faz tutarlılığının en yüksek olduğu anı, mavi noktalar da yanıtın bittiği anı göstermektedir.

5.7. Davranışsal Analiz Metodu

Katılımcıların deneyde nesne sayısı koşullarını ve uyarın sonrasındaki maskeyi gördükten sonra “Kaç tane daire gördünüz?” sorusuna klavyede bulunan rakamları kullanarak verdikleri cevaplar davranışsal yanıtları oluşturmuş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. İlk olarak katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdiği yanıtlar “Linear Mixed Effect” analizleri ile karşılaştırılmıştır. Her bir nesne koşulu modele ayrı faktörler olarak girilmiş ve katılımcıların yanıtları bu sabit değişkenlerle (fixed factors)

modellenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte katılımcılar da modele rastgele değişken (random factor) olarak tanımlanmıştır. Bu analiz bize katılımcıların yanıtlarının her bir nesne koşulundan etkilenerek nasıl bir değişime uğradığını ve bu değişimlerin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olup olmadığı göstermektedir. Genel karşılaştırmanın ardından nesne koşullarının ikili karşılaştırılmasında da “Linear Mixed Effect” analizi kullanılmıştır. İkili karşılaştırmalarda da her bir nesne koşulu modele ayrı faktörler olarak girilmiş, katılımcıların yanıtları bu sabit değişkenlerle ve katılımcıların rastgele değişken olarak tanımlanması ile modellenmeye çalışılmıştır. Bu ikili karşılaştırmalar da bize katılımcıların yanıtlarının bu iki nesne koşulundan etkilenerek nasıl bir değişime uğradığını ve bu değişimlerin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olup olmadığı göstermektedir.

Bu analizle birlikte “Kaç tane daire gördünüz?” sorusuna verdikleri cevapların doğru cevaplardan ne kadar saptığı da analiz edilmiştir. Bu analiz için katılımcıların verdiği yanıtın doğru cevaptan farkının mutlak değeri alınarak bir sapma hesaplaması yapılmıştır. Bu hesaplamanın sonucu davranışsal yanıtlardaki sapma miktarını oluşturmuş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdiği yanıtlardaki sapma miktarları “Linear Mixed Effect” analizleri ile karşılaştırılmıştır. Sabit değişkenlerin ve rastgele değişkenin yanıtların analiz edildiği modellemelerle aynı olarak belirlendiği bu karşılaştırmalarda da önce nesne koşulları arasındaki genel farklılık incelenmiş daha sonra ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu analizler de bize katılımcıların yanıtlarındaki sapma miktarının her bir nesne koşulundan etkilenerek nasıl bir değişime uğradığını ve bu değişimlerin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olup olmadığı önce genel bir karşılaştırma ile daha sonra da ikili karşılaştırmalar ile göstermektedir.

Katılımcıların verdikleri davranışsal yanıtlara göre subitizing sınırını belirlemek için yanıtlarındaki ortalama sapma miktarındaki kırılma noktası incelenmiştir. Bu inceleme literatürdeki genel tartışma göz önünde bulundurularak sıfır ile beş nesne koşulu arasındaki nesne koşullarında yapılmıştır. İnceleme için sıfır ile beş nesne koşulu boyunca yanıtlardaki ortalama sapma miktarları arasında türev hesabı yapılmıştır. Bu hesaplama iki nesne koşulu arasında ortalama sapma miktarı açısından değişimi belirtmektedir. Değişimin en yüksek olduğu iki nokta arasındaki bölge sapma miktarındaki kırılmanın

gerçekleştigi yer olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre kırılma noktasından önceki nokta da subitizing sınırını oluşturmaktadır.

5.8. İstatistiksel Analiz

EEG verileri ile yapılan olaya ilişkin faz tutarlılığı ve güç analizleri EEGLAB programının içindeki Fieldtrip uzantısı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu analizlerde parametrik olmayan çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon analizi (nonparametric montecarlo/permutation analysis with cluster-correction for multiple comparisons) kullanılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde dalgacık dönüşümünün bir artefaktı olan dağılma etkisi (smearing effects) görülmüştür. Bu nedenle analiz sonuçları “5.6.3 Uyarın Sonrası Açığa Çıkan EEG Yanıtının Sınırlarının Belirlenmesi” isimli bölümde anlatıldığı gibi EEG yanıtının başlangıç ve bitiş noktalarına göre incelenmiştir. Sonuçların karşılaştırılmasında hesaplanan ortalama ve standart değişim değerleri bu başlangıç ve bitiş noktalarına göre belirlenen zaman penceresinde hesaplanmıştır.

Davranışsal olarak nesne sayısı koşullarına verilen yanıtların ve bu yanıtlardaki sapma miktarlarının analizi için “Linear Mixed Effect” analizleri R (80, versiyon 2023) programı kullanılarak yapılmıştır. Genel analizde ve ikili karşılaştırmalarda her bir nesne koşulu sabit faktörler olarak katılımcılar ise rastgele faktör olarak modele dahil edilmiştir. Bütün karşılaştırmalar için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

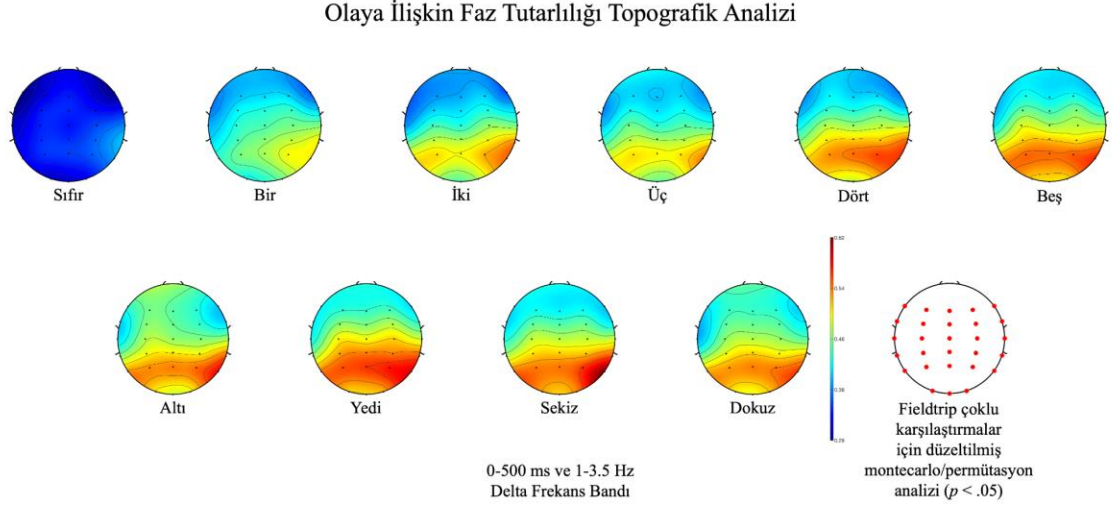
6. BULGULAR

6.1. Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi Sonuçları

Farklı sayılardaki nesnelerin beyindeki elektrofizyolojik osilasyon yanıtlarıyla nasıl temsil edildiğini incelemek için kaydedilen beyin aktivitesinin olaya ilişkin olarak faz tutarlılığı incelenmiştir. Başka bir deyişle katılımcıların deney sırasında 40 kez maruz kaldığı bir uyarın (örn. 3 daire uyarını) sonrası kaydedilen beyin aktivitelerindeki yanıtların, bu 40 deneme boyunca sürekli aynı zaman diliminde mi, yoksa farklı zamanlarda mı meydana geldiği araştırılmıştır. Bu yanıtların sürekli aynı zaman diliminde meydana geldiği durumlarda dalgaların faz açısı aynı olacaktır ve bu durum faz tutarlılığı olarak ifade edilmektedir. Nesne sayısı koşullarının faz tutarlılığı özelliklerine göre karşılaştırıldığı çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltilmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon analizleri sonuçlarına göre;

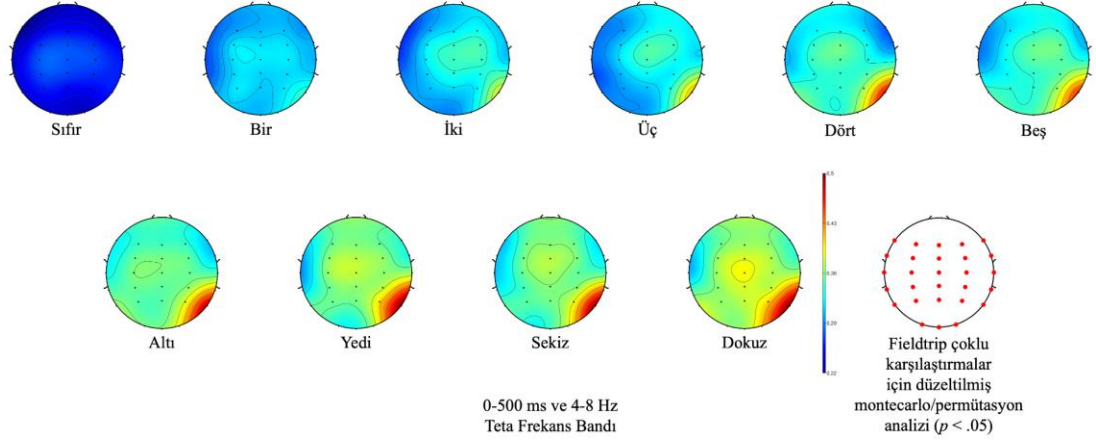
- F3 elektrodunda: ortalama 45-472 ms zaman aralığında, 1,5-5 Hz delta, teta, ile ortalama 94-314 ms zaman aralığında 5,5-19 Hz teta, alfa ve beta frekans bantlarında,
- F4 elektrodunda: ortalama 45-425 ms zaman aralığında, 1,5-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında ve ortalama 70-389 ms zaman aralığında, 5-13 Hz teta ve alfa frekans bantlarında,
- P3 elektrodunda: ortalama 58-498 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında
- P4 elektrodunda: ortalama 55-461 ms zaman aralığında, 1-27 Hz delta, teta, alfa, ve beta frekans bantlarında,
- P7 elektrodu: ortalama 62-476 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında,
- P8 elektrodu: ortalama 41-466 ms zaman aralığında, 1-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında,
- O1 elektrodunda: ortalama 62-485 ms zaman aralığında, 1-15 Hz delta, teta, alfa, ve beta frekans bantlarında,
- O2 elektrodunda: ortalama 47-472 ms zaman aralığında, 1-14 Hz delta, teta, alfa, ve beta frekans bantlarında,

anlamli farklılıklar tespit edilmiştir (p 'ler $< .05$) (Topografik analiz sonuçları için Şekil 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4 ve 6.1.5'e bakınız.).



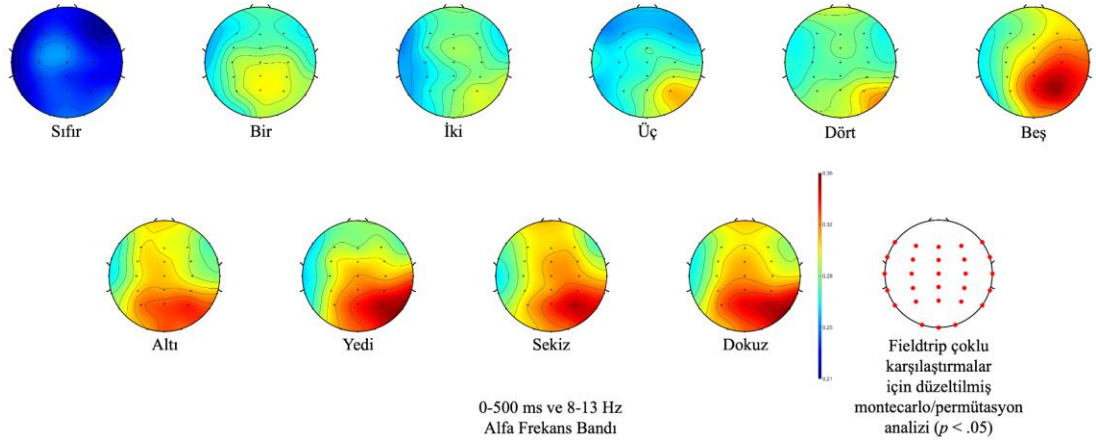
Şekil 6.1.1. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 1-3,5 Hz Delta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Topografik Analizi

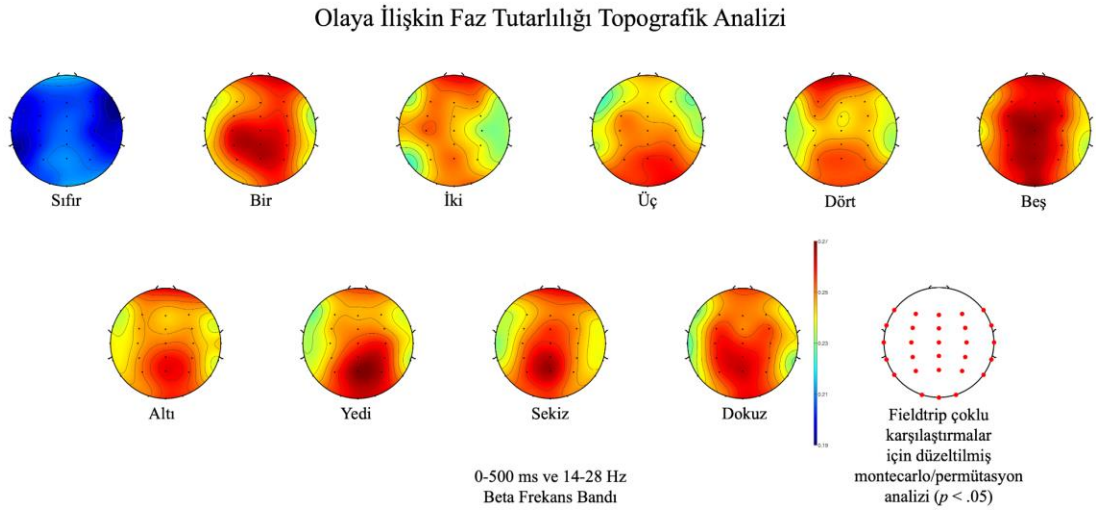


Şekil 6.1.2. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 4-8 Hz Teta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Topografik Analizi

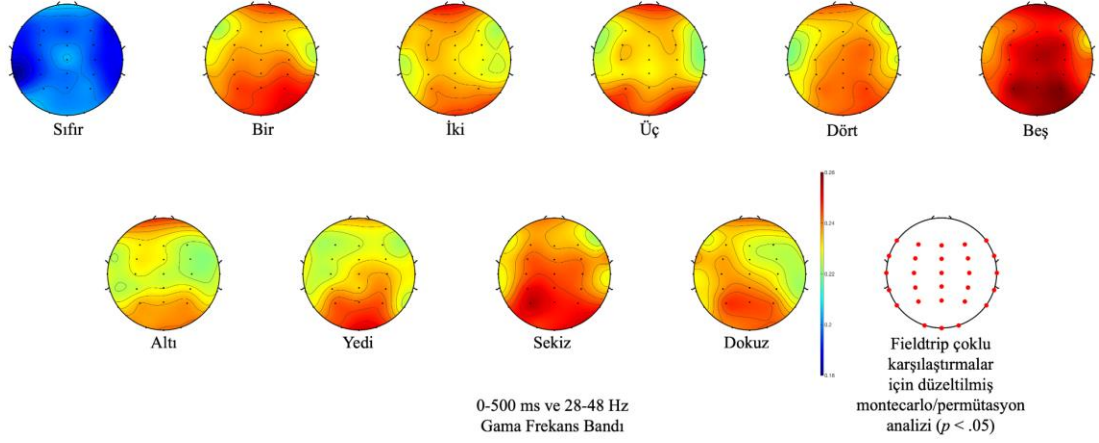


Şekil 6.1.3. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 8-13 Hz Alfa frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.



Şekil 6.1.4. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 14-28 Hz Beta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Topografik Analizi



Şekil 6.1.5. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 28-48 Hz Gama frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

6.1.1 F3 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre F3 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.1.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 141 ile 559 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 190 ile 574 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 141 ile 559 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 91 ile 559 ms zaman aralığında, 2-24 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 110 ile 559 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları

arasında 96 ile 530 ms zaman aralığında, 1,5-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 96 ile 494 ms zaman aralığında, 1,5-12 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 114 ile 505 ms zaman aralığında, 1-19 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 65 ile 515 ms zaman aralığında, 1,5-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< .05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.1.1).

Tablo 6.1.1.1. F3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Sayısı Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

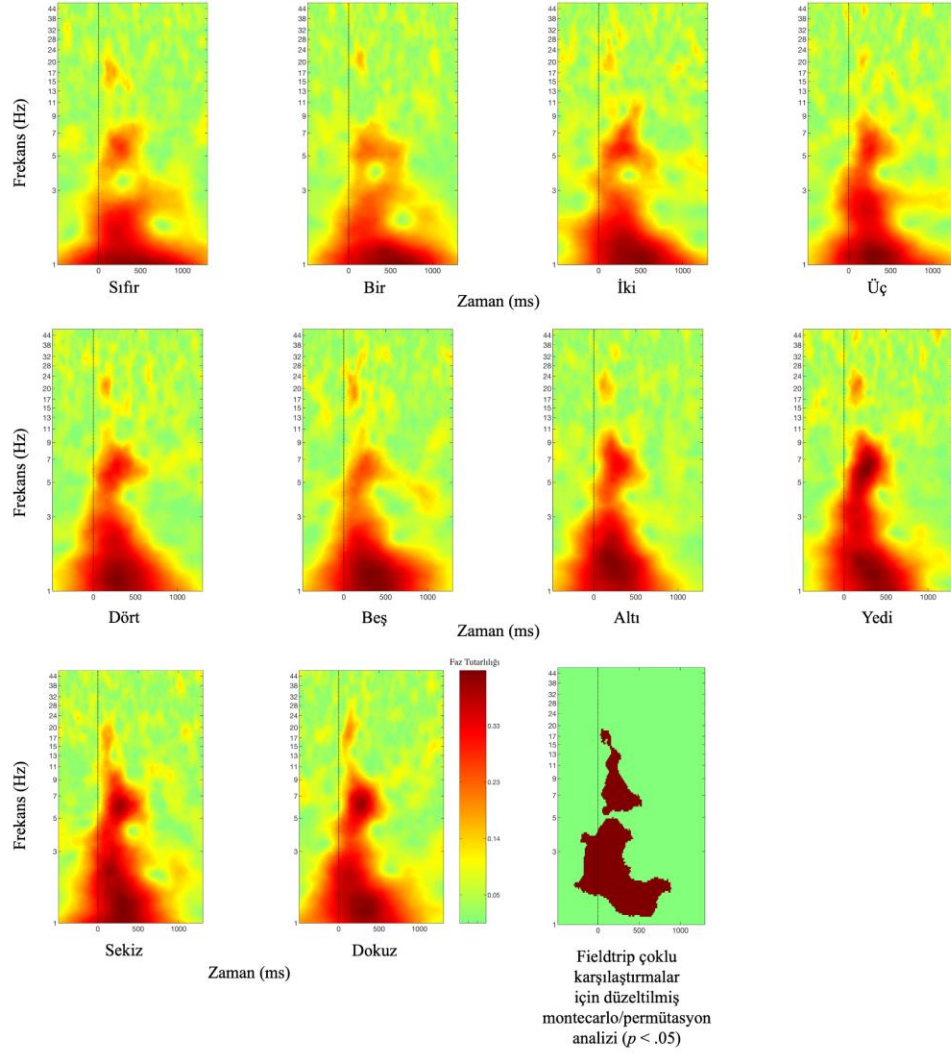
İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,39	,07	,52	,09	1-3	141-559
Sıfır ile İki*	,44	,05	,60	,04	1-2	190-574
Sıfır ile Üç*	,31	,03	,41	,05	2-4	141-559
Sıfır ile Dört*	,25	,05	,36	,11	2-24	91-559
Sıfır ile Beş*	,28	,04	,42	,08	2-7	110-559
Sıfır ile Altı*	,28	,06	,43	,10	1,5-13	96-530
Sıfır ile Yedi*	,29	,06	,46	,10	1,5-12	96-494
Sıfır ile Sekiz*	,30	,09	,44	,13	1-19	114-505

Sıfır ile Dokuz*	,27	,06	,40	,10	1,5-20	65-515
------------------	-----	-----	-----	-----	--------	--------

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ($Ort = ,47$, $SD = ,06$) ile Altı ($Ort = ,53$, $SD = ,05$) nesne koşulları arasında 96 ile 530 ms zaman aralığında, 1,5-3 Hz delta frekans bandında; Bir ($Ort = ,35$, $SD = ,05$) ile Yedi ($Ort = ,43$, $SD = ,08$) nesne koşulları arasında 97 ile 494 ms zaman aralığında, 2,5-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Bir ile İki, Üç, Dört, Beş, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- İki ($Ort = ,41$, $SD = ,06$) ile Altı ($Ort = ,46$, $SD = ,06$) nesne koşulları arasında 96 ile 530 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). İki ($Ort = ,38$, $SD = ,07$) ile Yedi ($Ort = ,45$, $SD = ,08$) nesne koşulları arasında 97 ile 494 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ile Üç, Dört, Beş, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Üç ile Dört, Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında uyaran sonrası zaman aralığı için bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında da bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.1.2).

F3 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.1.1. Nesne sayısı koşullarının F3 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.1.2. F3 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	-	-	1<6	1<7	-	-
2	2>0	-	-	-	-	-	2<6	2<7	-	-
3	3>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	4>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	6>1	6>2	-	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	-	-	-	-	-	-	-
8	8>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	9>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6.1.2 F4 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre F4 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.2.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 129 ile 562 ms zaman aralığında, 1-2,5 Hz delta frekans bandında ve 129 ile 562 ms zaman aralığında, 4-30 Hz teta, alfa, beta

ve gama frekans bantlarında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 300 ile 534 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında ve 94 ile 534 ms zaman aralığında, 4-13 Hz teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 96 ile 561 ms zaman aralığında, 1-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 113 ile 562 ms zaman aralığında, 2,5-22 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 94 ile 562 ms zaman aralığında, 1-48 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 108 ile 543 ms zaman aralığında, 1-15 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 73 ile 558 ms zaman aralığında, 1-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 84 ile 549 ms zaman aralığında, 1-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 64 ile 562 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.2.1).

Tablo 6.1.2.1. F4 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

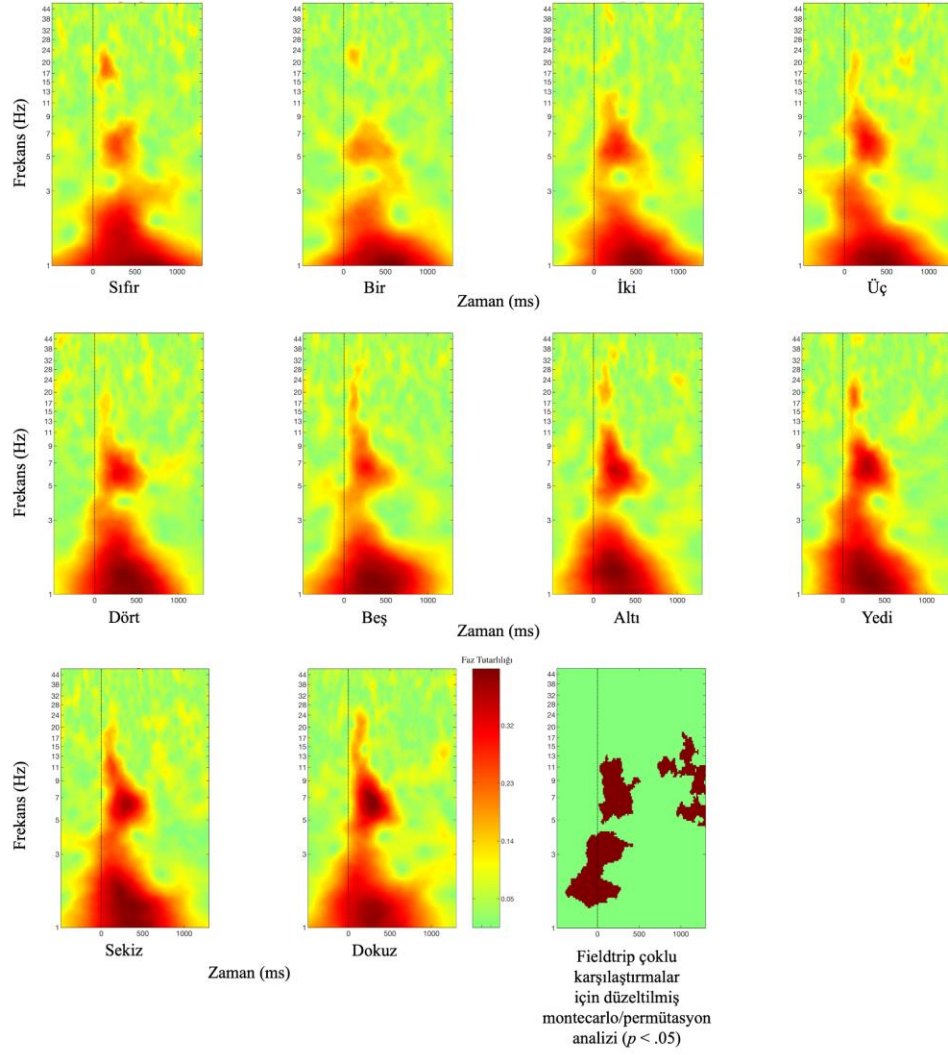
İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,29	,09	,37	,13	1-30	129-562
Sıfır ile İki*	,31	,09	,42	,13	1-13	94-534
Sıfır ile Üç*	,32	,09	,43	,12	1-10	96-561
Sıfır ile Dört*	,24	,05	,34	,10	2,5-22	113-562

Sıfır ile Beş*	,27	,09	,39	,14	1-48	94-562
Sıfır ile Altı*	,31	,09	,45	,12	1-15	108-543
Sıfır ile Yedi*	,30	,09	,45	,14	1-20	73-558
Sıfır ile Sekiz*	,30	,09	,44	,14	1-20	84-549
Sıfır ile Dokuz*	,30	,09	,44	,13	1-18	64-562

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile İki, Üç, Dört, Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- İki ile Üç, Dört, Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Üç ile Dört, Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında uyaran sonrası zaman aralığı için bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında da bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.2.2).

F4 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.2.1. Nesne sayısı koşullarının F4 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.2.2. F4 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	3>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	4>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	8>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	9>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6.1.3 P3 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P3 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.3.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 115 ile 578 ms zaman aralığında, 1-2,5 Hz delta frekans bandında ve 115 ile 238 ms zaman aralığında, 9-17 Hz alfa ve beta

frekans bantlarında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 147 ile 583 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 138 ile 604 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 103 ile 549 ms zaman aralığında, 1-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 134 ile 579 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 64 ile 534 ms zaman aralığında, 1-16 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 83 ile 526 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 58 ile 501 ms zaman aralığında, 1-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 64 ile 562 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.3.1).

Tablo 6.1.3.1. P3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Sıfır ile Bir*	,38	,08	,52	,10	1-2,5	115-578
Sıfır ile İki*	,32	,09	,44	,14	1-7	147-583
Sıfır ile Üç*	,37	,08	,52	,10	1-3	138-604
Sıfır ile Dört*	,29	,08	,40	,13	1-20	103-549
Sıfır ile Beş*	,33	,09	,48	,14	1-7	134-579

Sıfır ile Altı*	,30	,08	,43	,12	1-16	64-534
Sıfır ile Yedi*	,29	,08	,43	,14	1-18	83-526
Sıfır ile Sekiz*	,29	,08	,42	,13	1-20	58-501
Sıfır ile Dokuz*	,29	,08	,42	,13	1-18	60-531

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile Dört nesne koşulları arasında 103 ile 549 ms zaman aralığında, 2-3,5 Hz delta frekans bandında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 115 ile 578 ms zaman aralığında, 1,5-3,5 Hz delta frekans bandında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 64 ile 534 ms zaman aralığında, 2-3,5 Hz delta frekans bandında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 83 ile 526 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 58 ile 501 ms zaman aralığında, 1,5-3,5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 60 ile 531 ms zaman aralığında, 1-3,5 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Bir ile İki ve Üç nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.3.2).

Tablo 6.1.3.2. P3 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Bir ile İki	,34	,11	,35	,14	1-48	50-500
Bir ile Üç	,34	,11	,35	,13	1-48	50-500
Bir ile Dört*	,35	,04	,47	,06	2-3,5	103-549
Bir ile Beş*	,40	,08	,51	,09	1,5-3,5	115-578
Bir ile Altı*	,35	,04	,46	,06	2-3,5	64-534
Bir ile Yedi*	,34	,04	,43	,08	2-5	83-526
Bir ile Sekiz*	,40	,08	,49	,08	1,5-3,5	58-501
Bir ile Dokuz*	,46	,12	,53	,11	1-3,5	60-531

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ($Ort = ,37$, $SD = ,05$) ile Yedi ($Ort = ,44$, $SD = ,07$) nesne koşulları arasında 83 ile 390 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak İki ile Üç, Dört, Beş, Altı, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Üç ($Ort = ,34$, $SD = ,06$) ile Yedi ($Ort = ,40$, $SD = ,08$) nesne koşulları arasında 50 ile 505 ms zaman aralığında, 2-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark

bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Üç ile Dört, Beş, Altı, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

- Dört ($Ort = ,55$, $SD = ,03$) ile Beş ($Ort = ,61$, $SD = ,03$) nesne koşulları arasında 103 ile 549 ms zaman aralığında, 1,5-2 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Dört ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında uyaran sonrası zaman aralığı için bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında da bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.3.3).

Tablo 6.1.3.3. P3 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	1<4	1<5	1<6	1<7	1<8	1<9
2	2>0	-	-	-	-	-	-	2<7	-	-
3	3>0	-	-	-	-	-	-	3<7	-	-
4	4>0	4>1	-	-	-	4<5	-	-	-	-
5	5>0	5>1	-	-	5>4	-	-	-	-	-
6	6>0	6>1	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	-	-	-	-	-	-	-	-
9	9>0	9>1	-	-	-	-	-	-	-	-

6.1.4 P4 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P4 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.4.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 79 ile 646 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 41 ile 736 ms

zaman aralığında, 1-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 140 ile 592 ms zaman aralığında, 1-4 Hz delta ile 5-28 Hz teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 116 ile 586 ms zaman aralığında, 1-30 Hz delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 145 ile 582 ms zaman aralığında, 1-32 Hz delta, teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarında, Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 58 ile 598 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 54 ile 603 ms zaman aralığında, 1-24 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 69 ile 603 ms zaman aralığında, 1-24 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 70 ile 605 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,01$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.4.1).

Tablo 6.1.4.1. P4 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir**	,31	,09	,39	,12	1-13	79-646
Sıfır ile İki**	,35	,09	,46	,12	1-5	41-736
Sıfır ile Üç**	,28	,09	,37	,13	1-28	140-592
Sıfır ile Dört**	,28	,09	,40	,15	1-30	116-586
Sıfır ile Beş**	,28	,10	,40	,15	1-32	145-582

Sıfır ile Altı**	,30	,09	,43	,13	1-18	58-598
Sıfır ile Yedi**	,29	,09	,43	,15	1-24	54-603
Sıfır ile Sekiz**	,29	,09	,42	,14	1-24	69-603
Sıfır ile Dokuz**	,30	,09	,44	,13	1-17	70-605

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile Dört nesne koşulları arasında 43 ile 581 ms zaman aralığında, 2-3,5 Hz delta frekans bandında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 41 ile 412 ms zaman aralığında, 1,5-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 41 ile 419 ms zaman aralığında, 3-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak Bir ile İki, Üç, Beş, Altı ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.4.2).

Tablo 6.1.4.2. P4 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Bir ile İki	,35	,12	,36	,14	1-48	50-500
Bir ile Üç	,35	,12	,36	,12	1-48	50-500

Bir ile Dört*	,41	,06	,50	,06	2-3,5	43-581
Bir ile Beş	,35	,12	,39	,14	1-48	50-500
Bir ile Altı	,35	,12	,39	,14	1-48	50-500
Bir ile Yedi*	,39	,08	,49	,08	1,5-9	41-412
Bir ile Sekiz*	,34	,03	,43	,05	3-9	41-419
Bir ile Dokuz	,35	,12	,39	,14	1-48	50-500

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ile Dört nesne koşulları arasında 56 ile 540 ms zaman aralığında, 2-6,5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 388 ms zaman aralığında, 2,5-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Sekiz nesne koşulları arasında 42 ile 408 ms zaman aralığında, 3-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Dokuz nesne koşulları arasında 49 ile 423 ms zaman aralığında, 4,5-10 Hz teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak İki ile Üç, Beş ve Altı nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.4.3).

Tablo 6.1.4.3. P4 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
İki ile Üç	,36	,14	,36	,12	1-48	50-500
İki ile Dört*	,38	,07	,44	,08	2-6,5	56-540
İki ile Beş	,36	,14	,39	,14	1-48	50-500
İki ile Altı	,36	,14	,39	,14	1-48	50-500
İki ile Yedi*	,36	,05	,45	,07	2,5-12	45-388
İki ile Sekiz*	,35	,05	,42	,05	3-10	42-408
İki ile Dokuz*	,33	,05	,42	,06	4,5-10	49-423

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Üç ile Dört nesne koşulları arasında 44 ile 537 ms zaman aralığında, 2,5-4,5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Yedi nesne koşulları arasında 42 ile 370 ms zaman aralığında, 2-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Üç ile Sekiz nesne koşulları arasında 41 ile 436 ms zaman aralığında, 2,5-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak Üç ile Beş, Altı ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.4.4).

Tablo 6.1.4.4. P4 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Değişim Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Üç ile Dört*	,37	,03	,46	,06	2,5-4,5	44-537
Üç ile Beş	,36	,12	,40	,14	1-48	50-500
Üç ile Altı	,36	,12	,39	,14	1-48	50-500
Üç ile Yedi*	,36	,05	,45	,07	2-9	42-370
Üç ile Sekiz*	,35	,05	,42	,05	2,5-9	41-436
Üç ile Dokuz	,36	,12	,39	,14	1-48	50-500

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

Tablo 6.1.4.5. P4 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	1<4	-	-	1<7	1<8	-
2	2>0	-	-	-	2<4	-	-	2<7	2<8	2<9
3	3>0	-	-	-	3<4	-	-	3<7	3<8	3<9
4	4>0	4>1	4>2	4>3	-	-	-	-	-	-
5	5>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	8>2	8>3	-	-	-	-	-	-
9	9>0	-	9>2	9>3	-	-	-	-	-	-

6.1.5 P7 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P7 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.5.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 113 ile 587 ms zaman aralığında, 1-2,5 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 113 ile 614 ms zaman

aralığında, 1-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 199 ile 595 ms zaman aralığında, 1-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 70 ile 505 ms zaman aralığında, 1-15 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 199 ile 627 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında, Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 61 ile 523 ms zaman aralığında, 1-23 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 79 ile 498 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 50 ile 518 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 53 ile 503 ms zaman aralığında, 1-18 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.5.1).

Tablo 6.1.5.1. P7 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,37	,06	,49	,07	1-2,5	113-587
Sıfır ile İki*	,33	,07	,47	,11	1-5	113-614
Sıfır ile Üç*	,34	,06	,48	,10	1-4	199-595
Sıfır ile Dört*	,31	,07	,47	,09	1-15	70-505
Sıfır ile Beş*	,31	,08	,45	,13	1-7	199-627

Sıfır ile Altı*	,27	,07	,40	,13	1-23	61-523
Sıfır ile Yedi*	,28	,07	,42	,13	1-17	79-498
Sıfır ile Sekiz*	,28	,07	,42	,13	1-18	50-518
Sıfır ile Dokuz*	,28	,07	,42	,12	1-18	53-503

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile Dört nesne koşulları arasında 70 ile 505 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta frekans bandında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 113 ile 587 ms zaman aralığında, 1,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 61 ile 523 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 78 ile 498 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 50 ile 518 ms zaman aralığında, 1,5-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 53 ile 503 ms zaman aralığında, 1-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak Bir ile İki, Üç nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.5.2).

Tablo 6.1.5.2. P7 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Bir ile İki	,32	,10	,34	,13	1-48	50-500
Bir ile Üç	,32	,10	,34	,12	1-48	50-500
Bir ile Dört*	,33	,04	,43	,07	2-6	70-505
Bir ile Beş*	,36	,07	,45	,10	1,5-6	113-587
Bir ile Altı*	,33	,04	,45	,08	2-6	61-523
Bir ile Yedi*	,34	,04	,45	,09	2-6	78-498
Bir ile Sekiz*	,37	,07	,48	,09	1,5-5	50-518
Bir ile Dokuz*	,37	,10	,46	,11	1-9	53-503

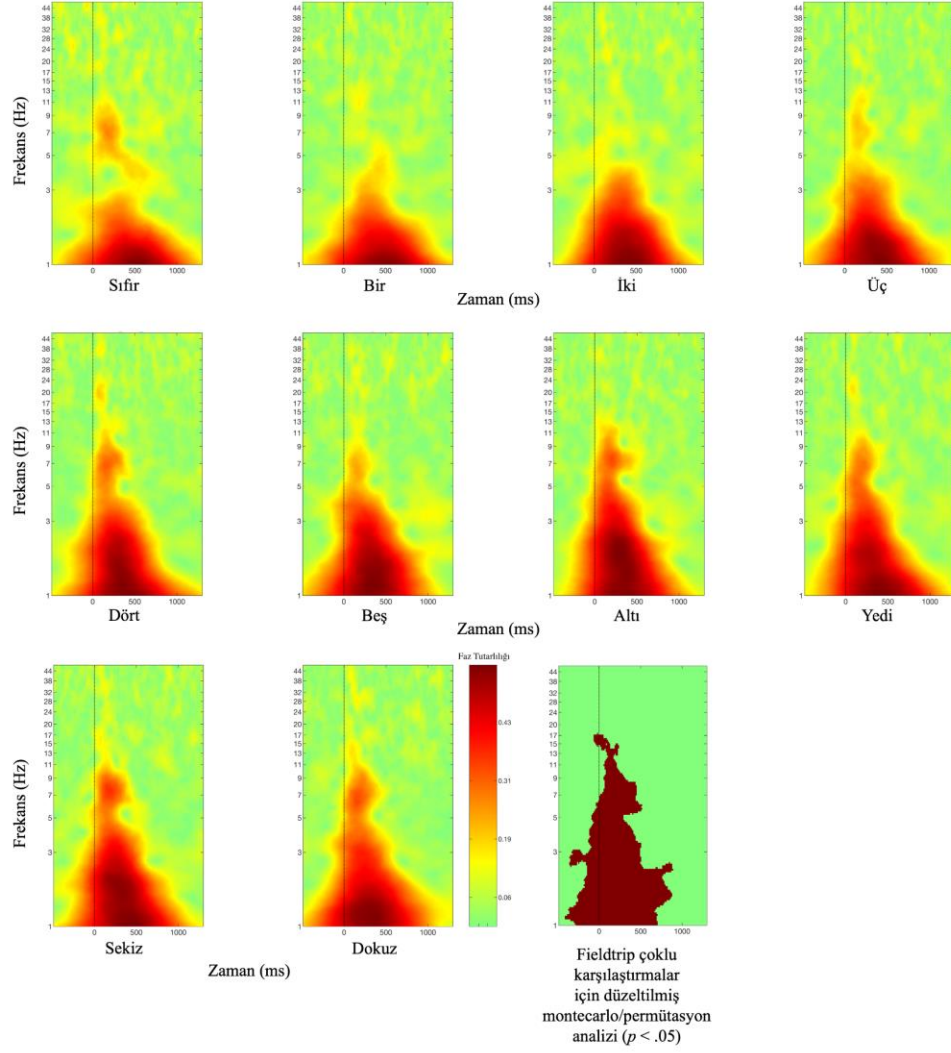
* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ($Ort = ,34$, $SD = ,09$) ile Altı ($Ort = ,40$, $SD = ,10$) nesne koşulları arasında 61 ile 523 ms zaman aralığında, 2-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ($Ort = ,41$, $SD = ,06$) ile Yedi ($Ort = ,49$, $SD = ,05$) nesne koşulları arasında 78 ile 360 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ($Ort = ,27$, $SD = ,03$) ile Dokuz ($Ort = ,35$, $SD = ,07$) nesne koşulları arasında 53 ile 492 ms zaman aralığında, 5-12 Hz teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır

($p'ler < ,05$). Ancak İki ile Üç, Dört, Beş ve Sekiz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

- Üç ($Ort = ,34$, $SD = ,07$) ile Altı ($Ort = ,42$, $SD = ,09$) nesne koşulları arasında 61 ile 450 ms zaman aralığında, 2-11 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ($Ort = ,36$, $SD = ,07$) ile Yedi ($Ort = ,45$, $SD = ,07$) nesne koşulları arasında 79 ile 340 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Üç ($Ort = ,30$, $SD = ,05$) ile Dokuz ($Ort = ,38$, $SD = ,07$) nesne koşulları arasında 53 ile 480 ms zaman aralığında, 3-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak Üç ile Dört, Beş ve Sekiz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.5.3).

P7 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.5.1. Nesne sayısı koşullarının P7 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.5.3. P7 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	1<4	1<5	1<6	1<7	1<8	1<9
2	2>0	-	-	-	-	-	2<6	2<7	-	2<9
3	3>0	-	-	-	-	-	3<6	3<7	-	3<9
4	4>0	4>1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5>0	5>1	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	6>1	6>2	6>3	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	-	-	-	-	-	-	-	-
9	9>0	9>1	9>2	9>3	-	-	-	-	-	-

6.1.6 P8 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P8 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.6.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 85 ile 573 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 47 ile 509 ms

zaman aralığında, 1-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 67 ile 501 ms zaman aralığında, 1-15 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 49 ile 460 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 59 ile 529 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında, Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 42 ile 521 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 512 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 40 ile 508 ms zaman aralığında, 1-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 41 ile 509 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.6.1).

Tablo 6.1.6.1. P8 Elektrofundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,35	,07	,45	,09	1-7	85-573
Sıfır ile İki*	,34	,07	,49	,10	1-8	47-509
Sıfır ile Üç*	,32	,08	,45	,12	1-15	67-501
Sıfır ile Dört*	,33	,07	,50	,12	1-13	49-460

Sıfır ile Beş*	,31	,08	,47	,13	1-17	59-529
Sıfır ile Altı*	,32	,08	,51	,13	1-13	42-521
Sıfır ile Yedi*	,31	,08	,49	,14	1-17	45-512
Sıfır ile Sekiz*	,33	,08	,54	,13	1-12	40-508
Sıfır ile Dokuz*	,32	,08	,51	,11	1-13	41-509

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile İki nesne koşulları arasında 47 ile 280 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Üç nesne koşulları arasında 67 ile 390 ms zaman aralığında, 4-8 Hz teta frekans bandında; Bir ile Dört nesne koşulları arasında 49 ile 452 ms zaman aralığında, 2-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 59 ile 529 ms zaman aralığında, 2-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 42 ile 521 ms zaman aralığında, 2-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 480 ms zaman aralığında, 2-10 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 40 ile 508 ms zaman aralığında, 1,5-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 41 ile 509 ms zaman aralığında, 2,5-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.6.2).

Tablo 6.1.6.2. P8 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul	İkinci Koşul	Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
------------------------	---------------	--------------	----------------------	--------------------

	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Bir ile İki*	,44	,06	,52	,06	2-6	47-280
Bir ile Üç*	,36	,03	,45	,08	4-8	67-390
Bir ile Dört*	,41	,08	,52	,11	2-9	49-452
Bir ile Beş*	,39	,09	,49	,12	2-10	59-529
Bir ile Altı*	,39	,09	,52	,13	2-10	42-521
Bir ile Yedi*	,40	,09	,53	,11	2-10	45-480
Bir ile Sekiz*	,41	,09	,55	,13	1,5-10	40-508
Bir ile Dokuz*	,38	,08	,51	,12	2,5-10	41-509

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ile Dört nesne koşulları arasında 47 ile 373 ms zaman aralığında, 4-9 Hz teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Altı nesne koşulları arasında 42 ile 509 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 509 ms zaman aralığında, 3-11 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Sekiz nesne koşulları arasında 40 ile 508 ms zaman aralığında, 1,5-11 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Dokuz nesne koşulları arasında 41 ile 490 ms zaman aralığında, 3-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak İki ile Üç ve Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.6.3).

Tablo 6.1.6.3. P8 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
İki ile Üç	,38	,14	,39	,13	1-48	50-500
İki ile Dört*	,41	,07	,50	,10	4-9	47-373
İki ile Beş	,38	,14	,41	,15	1-48	50-500
İki ile Altı*	,46	,09	,55	,11	2,5-7	42-509
İki ile Yedi*	,39	,10	,49	,13	3-11	45-509
İki ile Sekiz*	,45	,11	,54	,13	1,5-11	40-508
İki ile Dokuz*	,41	,10	,51	,12	3-10	41-490

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Üç ile Dört nesne koşulları arasında 49 ile 448 ms zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Altı nesne koşulları arasında 42 ile 501 ms zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 386 ms zaman aralığında, 2,5-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Üç ile Sekiz nesne koşulları arasında 40 ile 501 ms zaman aralığında, 1-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Üç ile Dokuz nesne koşulları arasında 41 ile 501 ms zaman aralığında, 3-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak Üç ile Beş nesne

koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.6.4).

Tablo 6.1.6.4. P8 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Üç ile Dört*	,49	,07	,55	,08	2,5-6	49-448
Üç ile Beş	,39	,13	,41	,15	1-48	50-500
Üç ile Altı*	,48	,09	,57	,10	2,5-6	42-501
Üç ile Yedi*	,46	,09	,56	,09	2,5-10	45-386
Üç ile Sekiz*	,48	,10	,56	,12	1-10	40-501
Üç ile Dokuz*	,42	,10	,50	,12	3-10	41-501

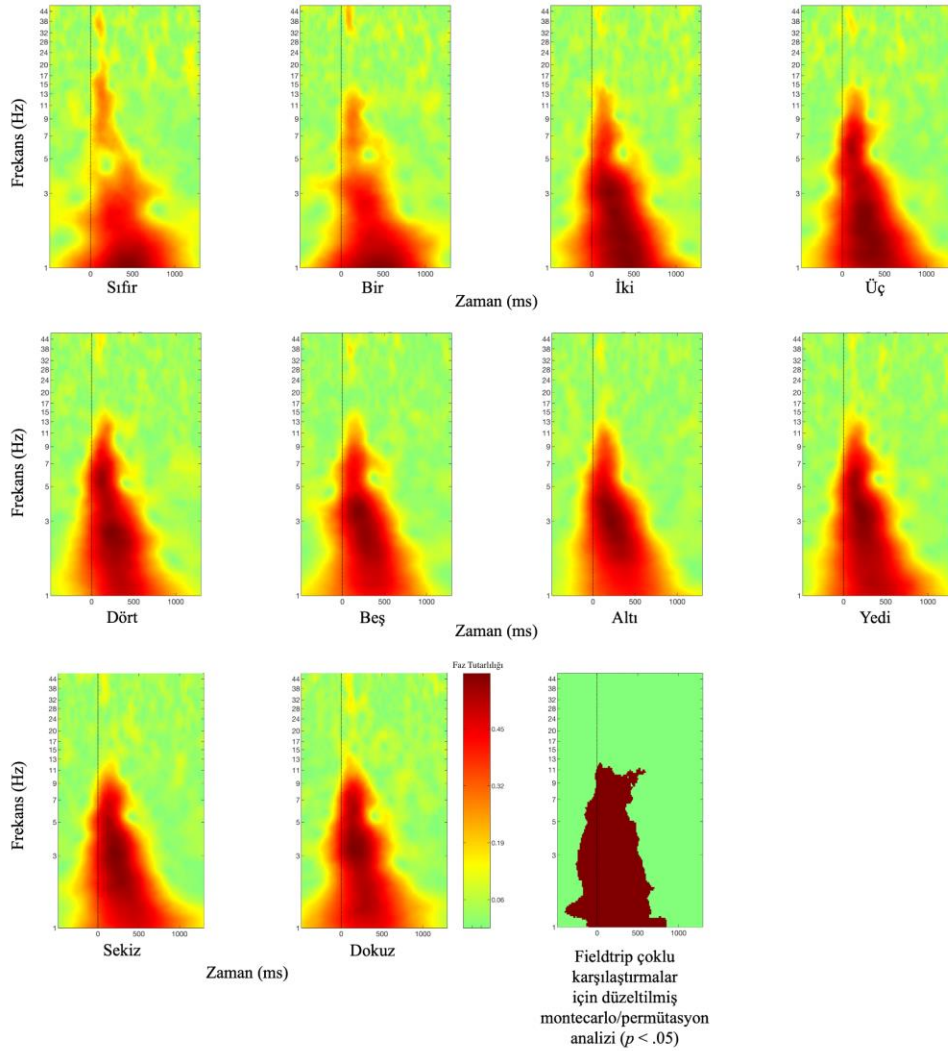
* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Dört ($Ort = ,55$, $SD = ,03$) ile Sekiz ($Ort = ,62$, $SD = ,04$) nesne koşulları arasında 40 ile 460 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Dört ile Beş, Altı, Yedi ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).
- Beş ($Ort = ,58$, $SD = ,05$) ile Sekiz ($Ort = ,63$, $SD = ,04$) nesne koşulları arasında 40 ile 465 ms zaman aralığında, 1,5-3 Hz delta frekans bandında fark

bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Beş ile Altı, Yedi ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.6.5).

P8 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.6.1. Nesne sayısı koşullarının P8 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.6.5. P8 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	1<2	1<3	1<4	1<5	1<6	1<7	1<8	1<9
2	2>0	2>1	-	-	2<4	-	2<6	2<7	2<8	2<9
3	3>0	3>1	-	-	3>4	-	3<6	3<7	3<8	3<9
4	4>0	4>1	4>2	4>3	-	-	-	-	4<8	-
5	5>0	5>1	-	-	-	-	-	-	5<8	-
6	6>0	6>1	6>2	6>3	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	8>2	8>3	8>4	8>5	-	-	-	-
9	9>0	9>1	9>2	9>3	-	-	-	-	-	-

6.1.7 O1 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre O1 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.7.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 99 ile 548 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 125 ile 547 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 160 ile 562 ms zaman aralığında, 1-3,5 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 85 ile 500 ms zaman aralığında, 1-16 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 74 ile 564 ms zaman aralığında, 1-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında, Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 76 ile 502 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 70 ile 500 ms zaman aralığında, 1-17 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 79 ile 513 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 53 ile 559 ms zaman aralığında, 1-16 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.7.1).

Tablo 6.1.7.1. O1 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,33	,05	,44	,08	1-3	99-548

Sıfır ile İki*	,34	,05	,49	,08	1-3	125-547
Sıfır ile Üç*	,33	,05	,48	,09	1-3,5	160-562
Sıfır ile Dört*	,28	,06	,40	,11	1-16	85-500
Sıfır ile Beş*	,28	,06	,43	,12	1-10	74-564
Sıfır ile Altı*	,28	,06	,43	,10	1-13	76-502
Sıfır ile Yedi*	,28	,06	,41	,12	1-17	70-500
Sıfır ile Sekiz*	,29	,06	,43	,13	1-13	79-513
Sıfır ile Dokuz*	,28	,06	,41	,11	1-16	53-559

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile Dört nesne koşulları arasında 85 ile 466 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 59 ile 529 ms zaman aralığında, 1-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 76 ile 502 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 70 ile 427 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 79 ile 513 ms zaman aralığında, 1-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 53 ile 559 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Bir ile İki ve Üç nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.7.2).

Tablo 6.1.7.2. O1 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Bir ile İki	,32	,09	,33	,11	1-48	50-500
Bir ile Üç	,32	,09	,34	,11	1-48	50-500
Bir ile Dört*	,34	,04	,43	,03	2-4	85-466
Bir ile Beş*	,42	,09	,51	,09	1-4	74-548
Bir ile Altı*	,34	,04	,45	,05	2-4	76-502
Bir ile Yedi*	,34	,04	,45	,04	2-4	70-427
Bir ile Sekiz*	,42	,08	,52	,10	1-4	79-513
Bir ile Dokuz*	,49	,04	,57	,05	1-2	53-559

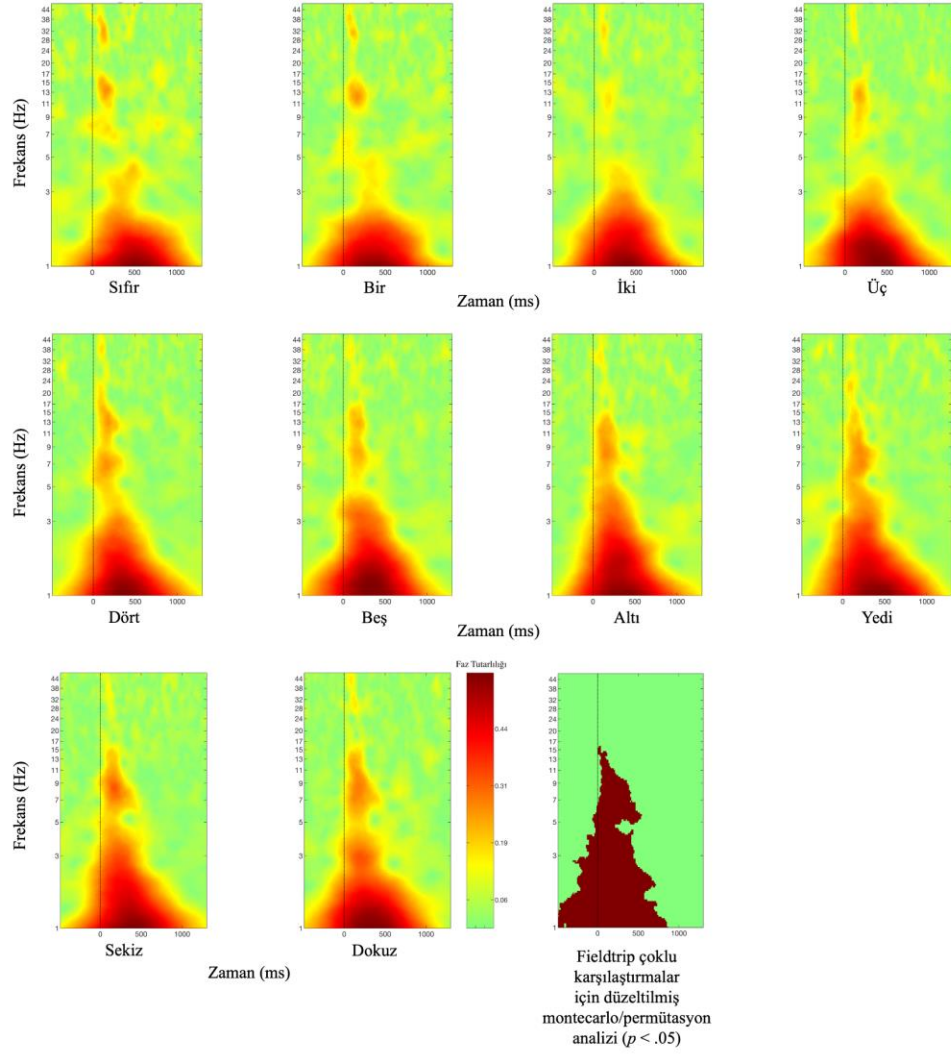
* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ($Ort = ,36$, $SD = ,02$) ile Altı ($Ort = ,44$, $SD = ,03$) nesne koşulları arasında 76 ile 426 ms zaman aralığında, 2,5-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ($Ort = ,37$, $SD = ,04$) ile Yedi ($Ort = ,45$, $SD = ,04$) nesne koşulları arasında 70 ile 330 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ($Ort = ,41$, $SD = ,07$) ile Sekiz ($Ort = ,47$, $SD = ,08$) nesne koşulları arasında 79 ile 513 ms zaman

aralığında, 1,5-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak İki ile Üç, Dört, Beş ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

- Üç ($Ort = ,36$, $SD = ,04$) ile Yedi ($Ort = ,44$, $SD = ,05$) nesne koşulları arasında 70 ile 292 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak Üç ile Dört, Beş, Altı, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.7.3).

O1 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.7.1. Nesne sayısı koşullarının O1 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.7.3. O1 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	1<4	1<5	1<6	1<7	1<8	1<9
2	2>0	-	-	-	-	-	2<6	2<7	2<8	-
3	3>0	-	-	-	-	-	-	3<7	-	-
4	4>0	4>1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5>0	5>1	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	6>1	6>2	-	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	7>2	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	8>2	-	-	-	-	-	-	-
9	9>0	9>1	-	-	-	-	-	-	-	-

6.1.8 O2 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre O2 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.1.8.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında 63 ile 542 ms zaman aralığında, 1-13 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 80 ile 500 ms

zaman aralığında, 1-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 114 ile 508 ms zaman aralığında, 1-11 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 60 ile 479 ms zaman aralığında, 1-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 69 ile 541 ms zaman aralığında, 1-20 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında, Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 49 ile 503 ms zaman aralığında, 1-16 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 47 ile 485 ms zaman aralığında, 1-24 Hz delta, teta, alfa ve beta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 57 ile 497 ms zaman aralığında, 1-12 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 66 ile 492 ms zaman aralığında, 1-11 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.8.1).

Tablo 6.1.8.1. O2 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Sıfır ile Bir*	,29	,07	,38	,10	1-13	63-542
Sıfır ile İki*	,29	,06	,40	,10	1-12	80-500
Sıfır ile Üç*	,30	,06	,40	,10	1-11	114-508
Sıfır ile Dört*	,29	,06	,44	,10	1-12	60-479
Sıfır ile Beş*	,28	,07	,41	,11	1-20	69-541

Sıfır ile Altı*	,29	,06	,43	,09	1-16	49-503
Sıfır ile Yedi*	,27	,06	,42	,12	1-24	47-485
Sıfır ile Sekiz*	,29	,06	,46	,11	1-12	57-497
Sıfır ile Dokuz*	,29	,06	,47	,10	1-11	66-492

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile Dört nesne koşulları arasında 60 ile 440 ms zaman aralığında, 2-5,5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 69 ile 466 ms zaman aralığında, 3-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 49 ile 503 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 47 ile 426 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 57 ile 497 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 63 ile 492 ms zaman aralığında, 2,5-10 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Bir ile İki ve Üç nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.8.2).

Tablo 6.1.8.2. O2 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Bir ile İki	,34	,10	,35	,11	1-48	50-500
Bir ile Üç	,34	,10	,35	,10	1-48	50-500
Bir ile Dört*	,37	,04	,46	,04	2-5,5	60-440
Bir ile Beş*	,36	,02	,48	,05	3-4	69-466
Bir ile Altı*	,36	,05	,46	,06	2-6	49-503
Bir ile Yedi*	,37	,04	,46	,06	2-6	47-426
Bir ile Sekiz*	,36	,05	,46	,06	2-6	57-497
Bir ile Dokuz*	,33	,05	,43	,08	2,5-10	63-492

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ile Dört nesne koşulları arasında 60 ile 479 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ile Beş nesne koşulları arasında 69 ile 500 ms zaman aralığında, 3-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ile Altı nesne koşulları arasında 49 ile 500 ms zaman aralığında, 2,5-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Yedi nesne koşulları arasında 45 ile 509 ms zaman aralığında, 3-11 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ile Sekiz nesne

koşulları arasında 57 ile 440 ms zaman aralığında, 1,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ile Dokuz nesne koşulları arasında 66 ile 492 ms zaman aralığında, 3-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak İki ile Üç ve Yedi nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.8.3).

Tablo 6.1.8.3. O2 Elektrodundaki İki Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
İki ile Üç	,35	,11	,35	,10	1-48	50-500
İki ile Dört*	,36	,05	,43	,06	2,5-7	60-479
İki ile Beş*	,36	,05	,42	,07	3-6	69-500
İki ile Altı*	,34	,06	,42	,08	2,5-9	49-500
İki ile Yedi	,35	,11	,38	,13	1-48	50-500
İki ile Sekiz*	,42	,06	,49	,06	1,5-6	57-440
İki ile Dokuz*	,33	,06	,43	,08	3-9	66-492

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Üç ile Dört nesne koşulları arasında 60 ile 479 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Altı nesne koşulları arasında 49 ile 503 ms

zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Yedi nesne koşulları arasında 47 ile 373 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Üç ile Sekiz nesne koşulları arasında 57 ile 450 ms zaman aralığında, 2-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Üç ile Dokuz nesne koşulları arasında 66 ile 386 ms zaman aralığında, 2,5-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) ancak Üç ile Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.1.8.4).

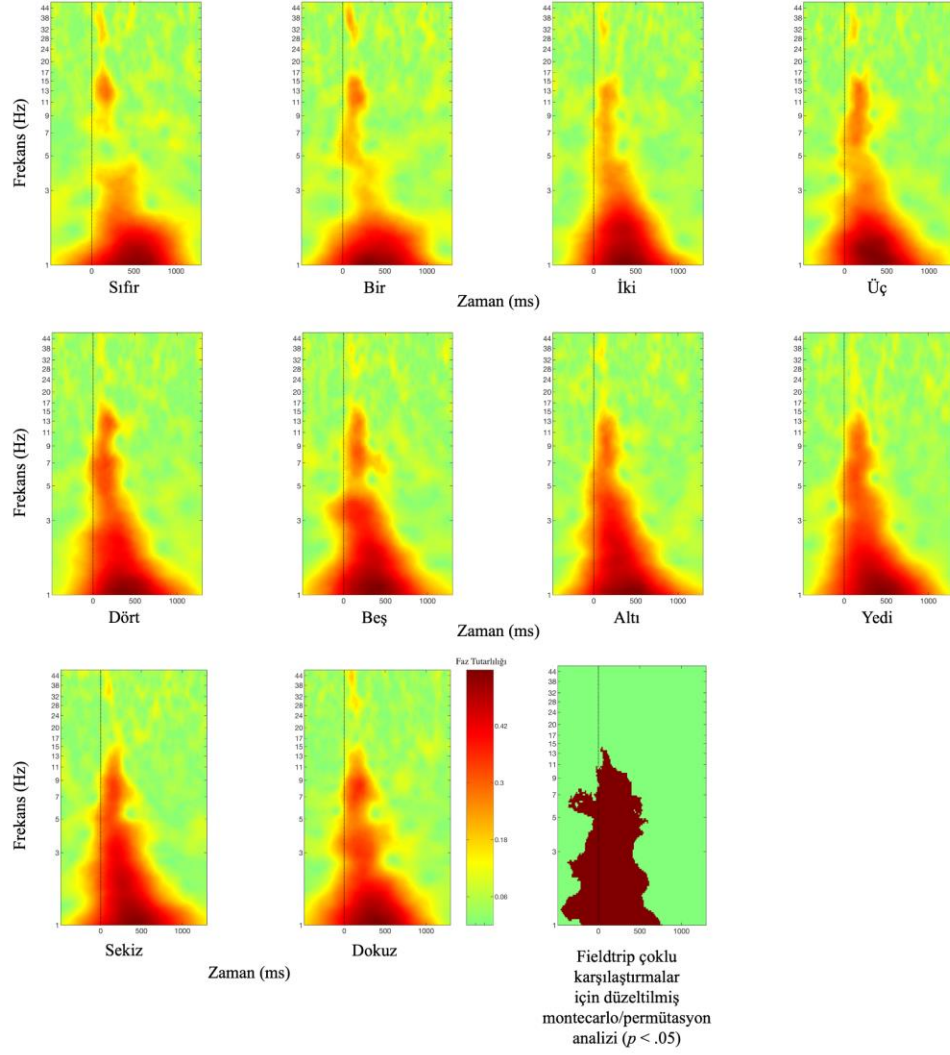
Tablo 6.1.8.4. O2 Elektrodundaki Üç Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Üç ile Dört*	,38	,04	,45	,05	2-6	60-479
Üç ile Beş	,35	,10	,38	,12	1-48	50-500
Üç ile Altı*	,37	,04	,45	,06	2,5-6	49-503
Üç ile Yedi*	,41	,03	,49	,03	2-4	47-373
Üç ile Sekiz*	,37	,05	,44	,08	2-9	57-450
Üç ile Dokuz*	,37	,04	,46	,05	2,5-9	66-386

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Dört ile Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Beş ile Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Altı ($Ort = ,49$, $SD = ,02$) ile Sekiz ($Ort = ,56$, $SD = ,03$) nesne koşulları arasında 49 ile 497 ms zaman aralığında, 1,5-2 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Altı ile Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Yedi ile Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Sekiz ile Dokuz nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Sonuçların özet tablosu için Tablo 6.1.8.5).

O2 Elektrodu Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizi



Şekil 6.1.8.1. Nesne sayısı koşullarının O2 elektrodundaki faz tutarlılığı sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

Tablo 6.1.8.5. O2 Elektrodundaki Nesne Sayısı Koşullarının Faz Tutarlılığı Sonuçlarının Karşılaştırılmasındaki Anlamlı Farklılıkların Özet Tablosu

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1>0	-	-	-	1<4	1<5	1<6	1<7	1<8	1<9
2	2>0	-	-	-	2<4	2<5	2<6	-	2<8	2<9
3	3>0	-	-	-	3<4	-	3<6	3<7	3<8	3<9
4	4>0	4>1	4>2	4>3	-	-	-	-	-	-
5	5>0	5>1	5>2	-	-	-	-	-	-	-
6	6>0	6>1	6>2	6>3	-	-	-	-	-	-
7	7>0	7>1	-	7>3	-	-	-	-	-	-
8	8>0	8>1	8>2	8>3	-	-	-	-	-	-
9	9>0	9>1	9>2	9>3	-	-	-	-	-	-

6.1.9 Olaya İlişkin Faz Tutarlılığı Analizleri Genel Sonuçları

Olaya ilişkin faz tutarlılığı analizleri genel olarak incelendiğinde Sıfır nesne koşulu ile diğer nesne koşullarının incelenen bütün elektrotlarda farklılaştığı görülmektedir. Ayrıntılı incelendiğinde genel olarak Sıfır nesne koşulu ile Bir, İki ve Üç nesne koşullarının sol hemisferde bulunan F3, P3, P7 ve O1 elektrotlarında tutarlı bir şekilde delta frekans bandında farklılaştığı, ancak Sıfır nesne koşulu ile Dört ve daha fazla sayıda nesne koşulunun delta, teta ve alfa frekans bantlarında farklılaştığı görülmektedir.

Bununla birlikte P8 elektrodu haricinde incelenen bütün elektrotlarda Bir, İki ve Üç nesne koşulları arasında faz tutarlılığı açısından bir farklılaşma görülmemektedir. Bu durumlar bu üç nesne koşulunun algılanma süreçlerinde bir ortaklaşma olduğunu göstermektedir. P8 elektrodunda ise sadece Bir nesne koşulu diğer iki nesne koşulundan sırasıyla delta ve teta frekans bantlarında farklılaşmaktadır. Bir diğer yandan, P3 ve P8 elektrotları haricinde incelenen bütün elektrotlarda Dört, Beş, Altı, Yedi, Sekiz ve Dokuz nesne koşulları arasında bir farklılaşma görülmemektedir. Bu durumlar da Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının algılanma süreçlerinde bir ortaklaşma olduğunu göstermektedir. P3 elektrodunda sadece Dört ile Beş nesne koşulları arasında bir farklılaşma görülürken Dört ve daha fazla sayıdaki diğer nesne koşulları arasında yine bir farklılaşma görülmemektedir. P8 elektrodunda ise Sekiz ile Dört ve Beş nesne koşulları arasında bir farklılaşma görülürken Dört ve daha fazla sayıdaki diğer nesne koşulları arasında yine bir farklılaşma görülmemektedir. Bu ortaklaşmalarla birlikte Bir, İki ve Üç nesne koşulların Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarından parietal ve oksipital elektrotlarda delta ve teta frekanslarında bazı elektrotlarda da delta, teta ve alfa frekans bantlarında farklılaştıkları görülmektedir. Görsel sayı algısı ile ilişkili bölgelerdeki bu farklılaşmalar da Bir, İki ve Üç nesne koşulları ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşulları için iki farklı mekanizma olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuçlar sayı algısı mekanizmaları olarak bilinen subitizing ve tahmin etme mekanizmalarının farklılaştığı sınırlara işaret ettiği düşünülmektedir. Başka bir deyişle, kendi arasında belli bir farklılaşma görülmeyen ve Dört ile daha fazla sayıdaki nesne koşullarından farklılaşan Bir, İki ve Üç nesne koşulları subitizing mekanizmasının sınırına işaret etmektedir. Aynı şekilde kendi arasında belli bir farklılaşma görülmeyen ve Bir, İki ile Üç nesne koşullarından farklılaşan Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşulları da tahmin etme mekanizmasının sınırına işaret etmektedir.

6.2. Olaya İlişkin Güç Analizi Sonuçları

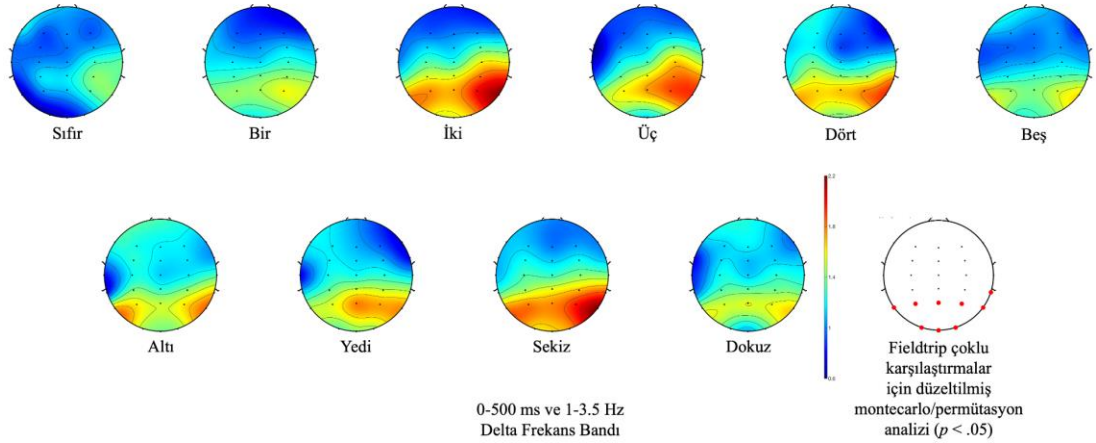
İstatistik analizinde bu belirlenen süreden sonraki anlamlılıklar incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre;

- F3 elektrodunda anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

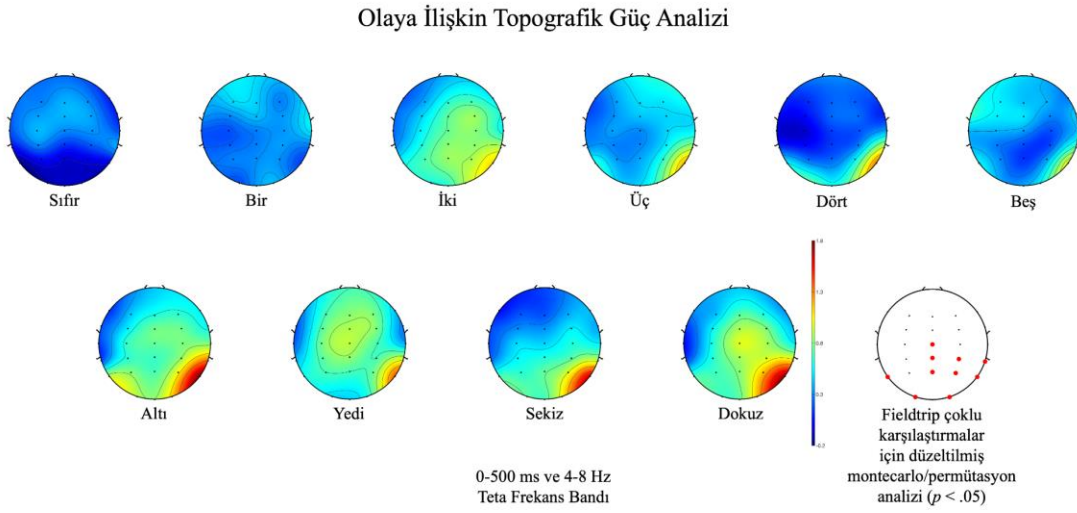
- F4 elektrodunda anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.
- P3 elektrodunda: ortalama 141-448 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında,
- P4 elektrodunda: ortalama 109-445 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında,
- P7 elektrodu: ortalama 126-438 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında,
- P8 elektrodu: ortalama 127-421 ms zaman aralığında, 1,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında,
- O1 elektrodunda: ortalama 146-427 ms zaman aralığında, 1-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında,
- O2 elektrodunda: ortalama 148-418 ms zaman aralığında, 2,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında,

anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (p 'ler $< ,05$) (Topografik analiz sonuçları için Şekil 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4 ve 6.2.5'e bakınız.).

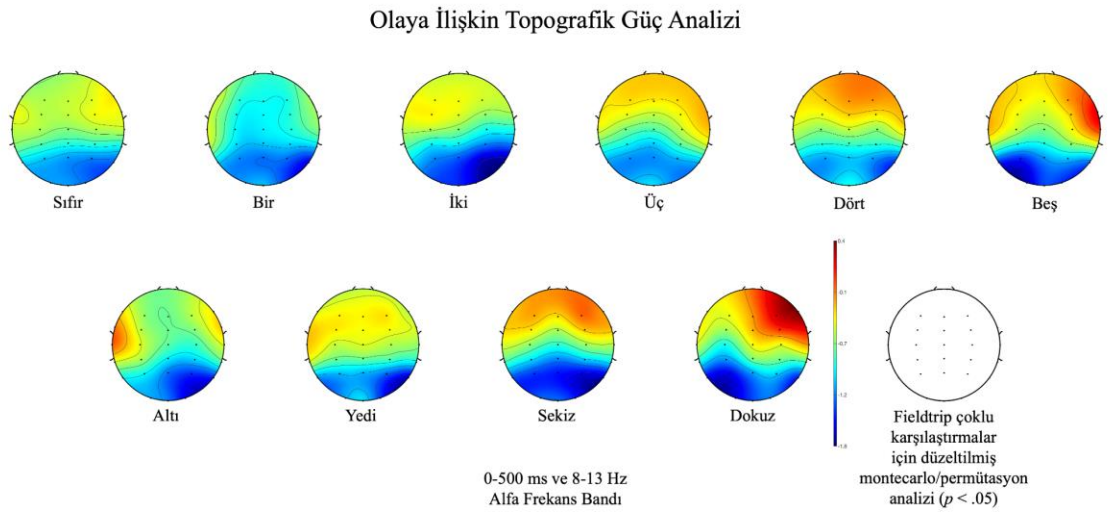
Olaya İlişkin Topografik Güç Analizi



Şekil 6.2.1. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 1-3,5 Hz Delta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

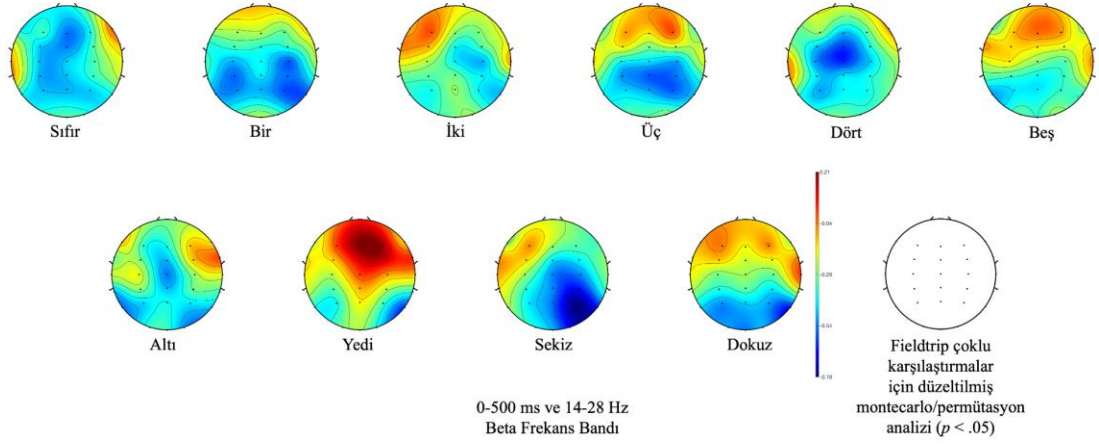


Şekil 6.2.2. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 4-8 Hz Teta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.



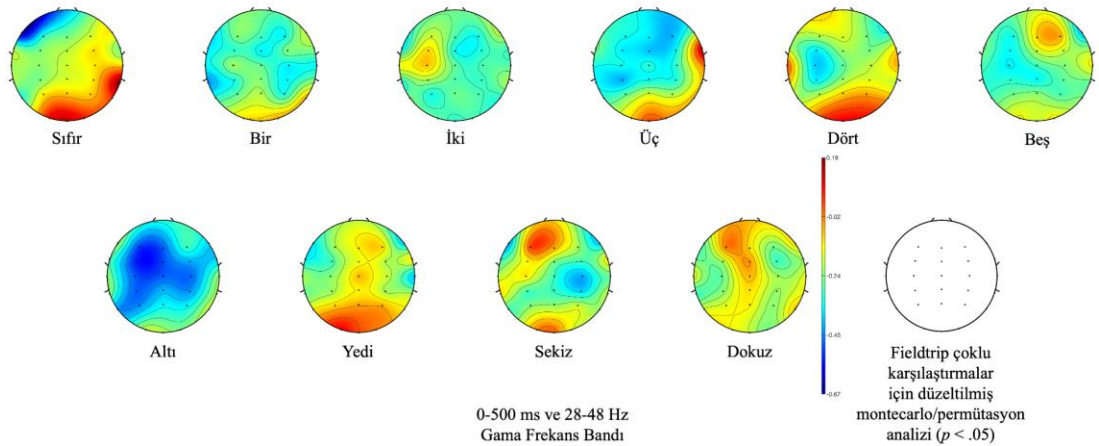
Şekil 6.2.3. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 8-13 Hz Alfa frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

Olaya İlişkin Topografik Güç Analizi



Şekil 6.2.4. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 14-28 Hz Beta frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

Olaya İlişkin Topografik Güç Analizi



Şekil 6.2.5. Nesne sayısı koşullarındaki olaya ilişkin güç analizi sonuçlarının 0-500 ms zaman penceresinde 28-48 Hz Gama frekans bandında ortalama topografik yanıtları ve çoklu karşılaştırmalar için düzeltilmiş montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonuçları. İstatistik analizindeki kırmızı noktalar anlamlı farklılığın olduğu elektrotları göstermektedir.

6.2.1 P3 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P3 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.1.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 200 ile 480 ms zaman aralığında, 1-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 208 ile 486 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 233 ile 489 ms zaman aralığında, 2-4 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 140 ile 450 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 165 ile 595 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 149 ile 462 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 168 ile 468 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Sıfır ile Bir ve Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.1.1).

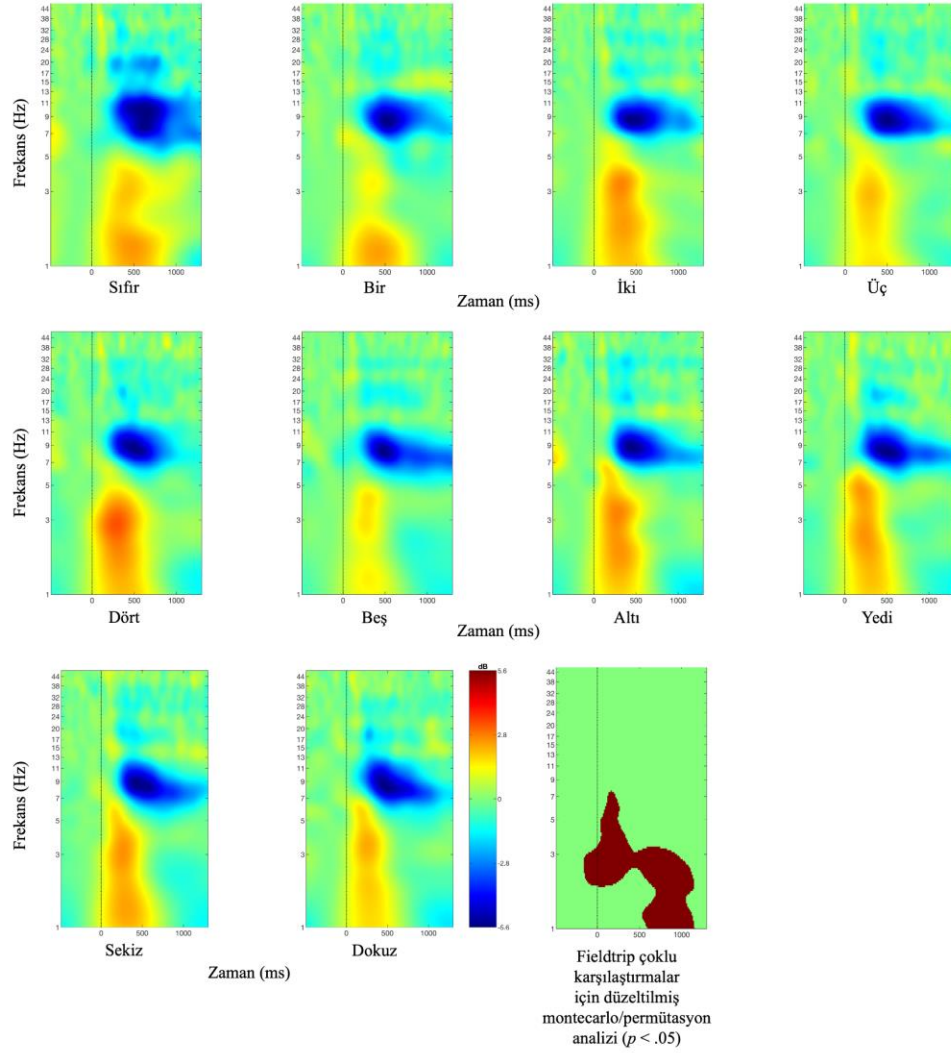
Tablo 6.2.1.1. P3 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir*	,13	1,00	,27	1,25	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	1,30	,26	2,01	,31	1-5	281-511
Sıfır ile Üç*	1,07	,16	1,81	,37	2-5	208-486
Sıfır ile Dört*	1,14	,12	2,05	,30	2-4	233-489
Sıfır ile Beş	,13	1,00	,28	1,32	1-48	50-500
Sıfır ile Altı*	,54	,70	1,45	,93	2-8	140-450
Sıfır ile Yedi*	,87	,38	1,20	,75	2-6	165-595
Sıfır ile Sekiz*	,97	,54	1,75	,72	1-7	149-462
Sıfır ile Dokuz*	,75	,51	1,45	,77	2-7	168-468

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).

P3 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.1.1. Nesne sayısı koşullarının F3 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.2 P4 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P4 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.2.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır.

Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 238 ile 453 ms zaman aralığında, 1,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 193 ile 497 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 206 ile 455 ms zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta frekans bandında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 163 ile 440 ms zaman aralığında, 3-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 169 ile 346 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 156 ile 400 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 113 ile 386 ms zaman aralığında, 3-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak Sıfır ile Bir ve Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.2.1).

Tablo 6.2.2.1. P4 Elektrofundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir	,21	1,17	,31	1,31	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	1,37	,50	2,31	,50	1,5-6	238-453
Sıfır ile Üç*	1,00	,76	1,77	,87	2-7	193-497
Sıfır ile Dört*	1,07	,50	1,99	,80	2,5-6	206-455

Sıfır ile Beş	,21	1,17	,38	1,31	1-48	50-500
Sıfır ile Altı*	,66	,65	1,92	,73	3-7	163-440
Sıfır ile Yedi*	,88	,56	1,89	,53	2-7	169-346
Sıfır ile Sekiz*	1,07	,50	2,39	,59	2-6	156-400
Sıfır ile Dokuz*	,38	,69	1,89	,86	3-8	113-386

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile İki nesne koşulları arasında 238 ile 507 ms zaman aralığında, 2,5-4,5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dört nesne koşulları arasında 206 ile 486 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 178 ile 477 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 163 ile 462 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 169 ile 561 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 156 ile 464 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 113 ile 471 ms zaman aralığında, 3-9 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Bir ile Üç nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.2.2).

Tablo 6.2.2.2. P4 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Bir ile İki*	1,49	,31	2,49	,40	2,5-4,5	238-507
Bir ile Üç	,34	,11	,35	,13	1-48	50-500
Bir ile Dört*	2,30	,33	1,70	,18	1-2	206-486
Bir ile Beş*	2,27	,34	1,50	,14	1-2	178-477
Bir ile Altı*	2,25	,34	1,67	,18	1-2	163-462
Bir ile Yedi*	2,25	,36	1,70	,31	1-2	169-561
Bir ile Sekiz*	1,18	,60	1,99	,96	2-7	156-464
Bir ile Dokuz*	,51	1,34	1,35	1,40	3-9	113-471

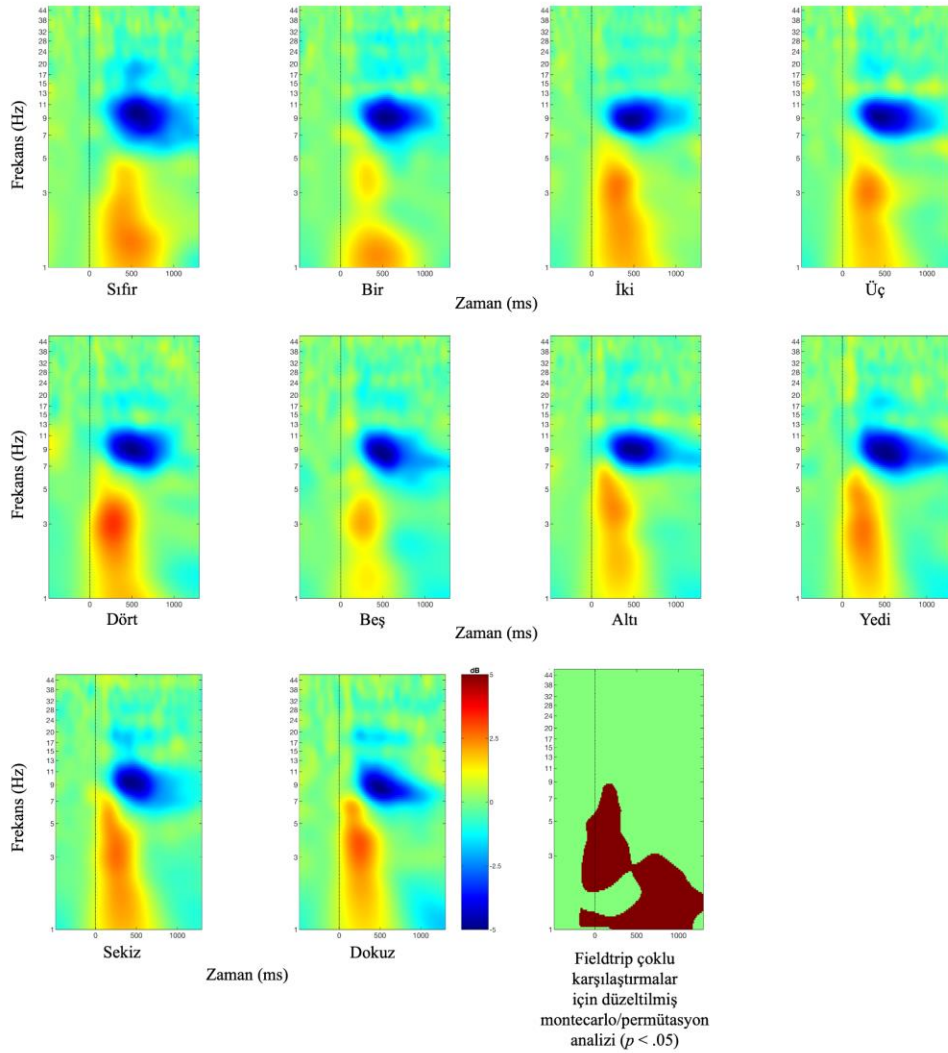
* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ($Ort = 2,30$, $SD = ,21$) ile Beş ($Ort = 1,64$, $SD = ,35$) nesne koşulları arasında 200 ile 477 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; İki ($Ort = 2,42$, $SD = ,27$) ile Yedi ($Ort = 1,87$, $SD = ,36$) nesne koşulları arasında 255 ile 460 ms zaman aralığında, 1-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında; İki ($Ort = 2,29$, $SD = ,13$) ile Dokuz ($Ort = 1,53$, $SD = ,14$) nesne koşulları arasında 334 ile 471 ms zaman aralığında, 1-2,5 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır (p 'ler <

,05). Ancak İki ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).

- Üç ($Ort = 2,40$, $SD = ,24$) ile Beş ($Ort = 1,87$, $SD = ,47$) nesne koşulları arasında 178 ile 477 ms zaman aralığında, 2-3 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Üç ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).
- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).

P4 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.2.1. Nesne sayısı koşullarının P4 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.3 P7 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P7 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.3.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 288 ile 512 ms zaman aralığında, 1-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 221 ile 425 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 204 ile 525 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 185 ile 454 ms zaman aralığında, 2-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 123 ile 445 ms zaman aralığında, 1,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 134 ile 491 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 143 ile 459 ms zaman aralığında, 1-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 151 ile 425 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.3.1).

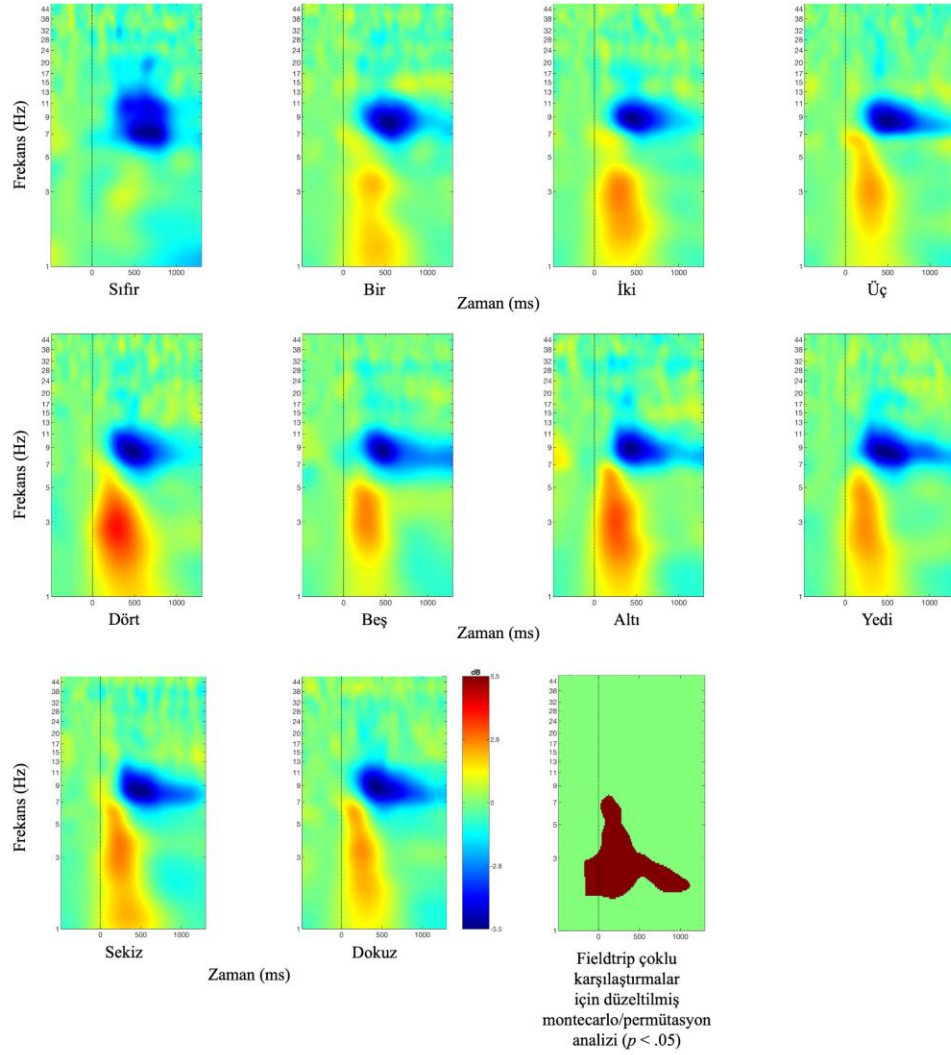
Tablo 6.2.3.1. P7 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir	-,06	,78	,28	1,18	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	,41	,78	1,33	1,12	1-8	288-512
Sıfır ile Üç*	,41	,46	1,60	,66	2-7	221-425
Sıfır ile Dört*	,38	,53	1,61	1,10	2-7	204-525
Sıfır ile Beş*	,52	,31	2,04	,62	2-6	185-454
Sıfır ile Altı*	,32	,56	1,76	,91	1,5-8	123-445
Sıfır ile Yedi*	,36	,47	1,39	,90	2-7	134-491
Sıfır ile Sekiz*	,35	,69	1,46	1,30	1-9	143-459
Sıfır ile Dokuz*	,23	,57	1,43	1,02	2-8	151-425

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır (p 'ler $> ,05$).

P7 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.3.1. Nesne sayısı koşullarının P7 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.4 P8 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre P8 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.4.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır.

Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 171 ile 413 ms zaman aralığında, 1,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 186 ile 450 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 156 ile 459 ms zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 151 ile 415 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 144 ile 447 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 121 ile 360 ms zaman aralığında, 2,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 127 ile 440 ms zaman aralığında, 2-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 113 ile 400 ms zaman aralığında, 3-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak Sıfır ile Bir nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.4.1).

Tablo 6.2.4.1. P8 Elektrofundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir	,26	1,20	,28	1,46	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	1,24	,80	2,56	,90	1,5-7	171-413
Sıfır ile Üç*	,92	1,08	2,06	1,33	2-8	186-450

Sıfır ile Dört*	1,11	,73	3,12	1,01	2,5-6	156-459
Sıfır ile Beş*	,88	,79	2,51	1,25	2,5-7	151-415
Sıfır ile Altı*	,89	,83	2,81	1,12	2,5-7	144-447
Sıfır ile Yedi*	,63	,80	2,44	1,09	2,5-8	121-360
Sıfır ile Sekiz*	,72	1,15	2,30	1,91	2-9	127-440
Sıfır ile Dokuz*	,44	,77	2,59	1,46	3-8	113-400

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ile İki nesne koşulları arasında 171 ile 463 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Üç nesne koşulları arasında 186 ile 451 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Dört nesne koşulları arasında 156 ile 459 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Beş nesne koşulları arasında 151 ile 450 ms zaman aralığında, 2,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Altı nesne koşulları arasında 144 ile 447 ms zaman aralığında, 2,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Yedi nesne koşulları arasında 121 ile 320 ms zaman aralığında, 2-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ile Sekiz nesne koşulları arasında 127 ile 454 ms zaman aralığında, 2-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Bir ile Dokuz nesne koşulları arasında 113 ile 373 ms zaman aralığında, 2,5-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo Şekil 6.2.4.2).

Tablo 6.2.4.2. P8 Elektrodundaki Bir Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	<i>Ort</i>	<i>SD</i>	<i>Ort</i>	<i>SD</i>		
Bir ile İki*	1,38	,96	2,42	1,08	2-7	171-463
Bir ile Üç*	1,08	1,34	2,06	1,33	2-8	186-451
Bir ile Dört*	1,41	,92	2,70	1,27	2-7	156-459
Bir ile Beş*	,99	1,37	1,93	1,71	2,5-8	151-450
Bir ile Altı*	,99	1,37	2,38	1,63	2,5-8	144-447
Bir ile Yedi*	1,29	,93	2,60	,84	2-8	121-320
Bir ile Sekiz*	,86	1,52	2,23	1,95	2-9	127-454
Bir ile Dokuz*	1,17	1,14	2,78	1,22	2,5-8	113-373

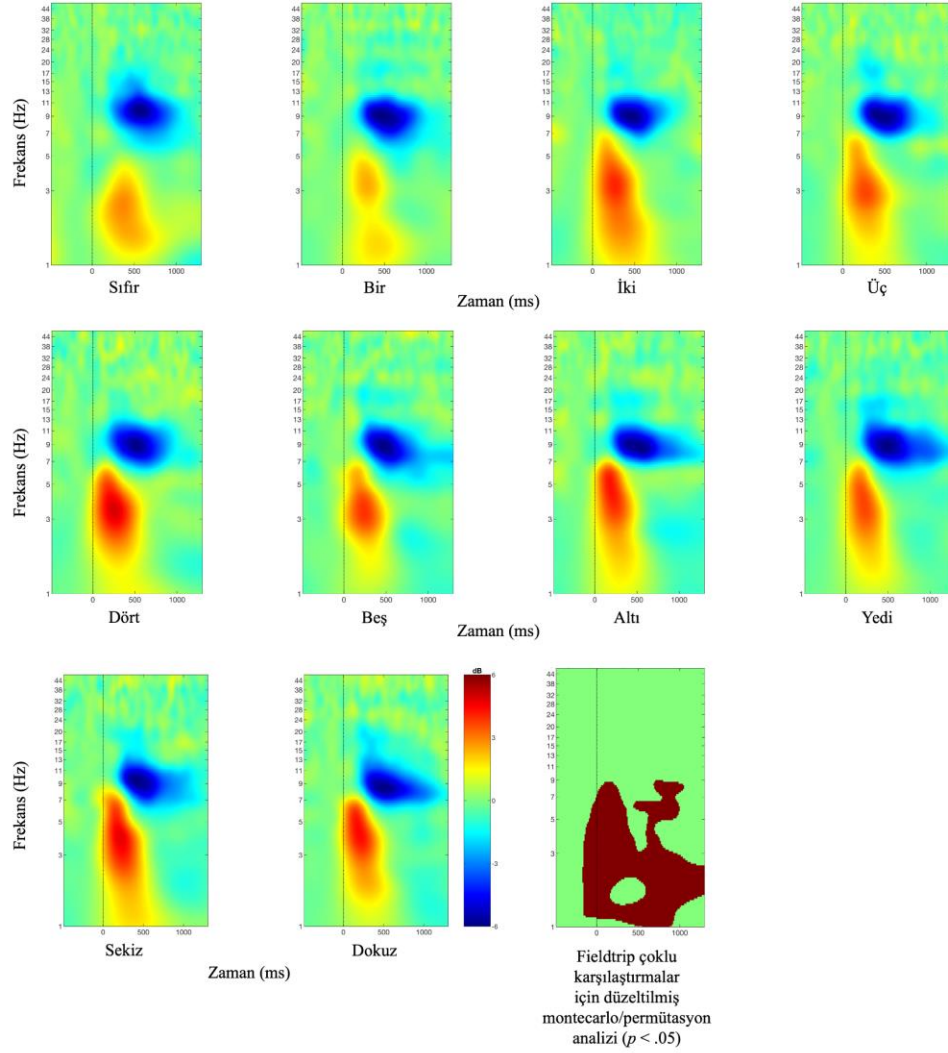
* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- İki ($Ort = 2,03$, $SD = 0,40$) ile Dört ($Ort = 1,39$, $SD = 0,37$) nesne koşulları arasında 156 ile 459 ms zaman aralığında, 1-2 Hz delta frekans bandında; İki ($Ort = 2,37$, $SD = ,59$) ile Beş ($Ort = 1,98$, $SD = ,90$) nesne koşulları arasında 151 ile 450 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında; İki ($Ort = 1,98$, $SD = 1,48$) ile Sekiz ($Ort = 2,94$, $SD = 1,46$) nesne koşulları arasında 127 ile 292 ms zaman aralığında, 3-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; İki ($Ort = 2,34$,

$SD = ,60$) ile Dokuz ($Ort = 1,70$, $SD = ,66$) nesne koşulları arasında 113 ile 453 ms zaman aralığında, 1-3 Hz delta frekans bandında fark bulunmaktadır ($p'ler < ,05$). Ancak İki ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

- Üç ($Ort = 2,99$, $SD = ,41$) ile Beş ($Ort = 2,59$, $SD = ,64$) nesne koşulları arasında 151 ile 450 ms zaman aralığında, 2-3 Hz delta frekans bandında; Üç ($Ort = 3,27$, $SD = ,29$) ile Altı ($Ort = 2,68$, $SD = ,45$) nesne koşulları arasında 285 ile 447 ms zaman aralığında, 2,5-3 Hz delta frekans bandında; Üç ($Ort = 2,87$, $SD = ,70$) ile Yedi ($Ort = 2,61$, $SD = ,68$) nesne koşulları arasında 255 ile 436 ms zaman aralığında, 2,5-4 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Üç ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ($Ort = 3,52$, $SD = ,65$) ile Yedi ($Ort = 2,61$, $SD = ,69$) nesne koşulları arasında 195 ile 436 ms zaman aralığında, 2,5-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Dört ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

P8 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.4.1. Nesne sayısı koşullarının P8 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış monte-carlo/permutasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığı olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.5 O1 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre O1 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.5.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır.

Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 192 ile 528 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 198 ile 458 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 259 ile 575 ms zaman aralığında, 1,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 134 ile 440 ms zaman aralığında, 1-8 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 172 ile 372 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 150 ile 453 ms zaman aralığında, 1-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 137 ile 386 ms zaman aralığında, 3-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Sıfır ile Bir ve Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.5.1).

Tablo 6.2.5.1. O1 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

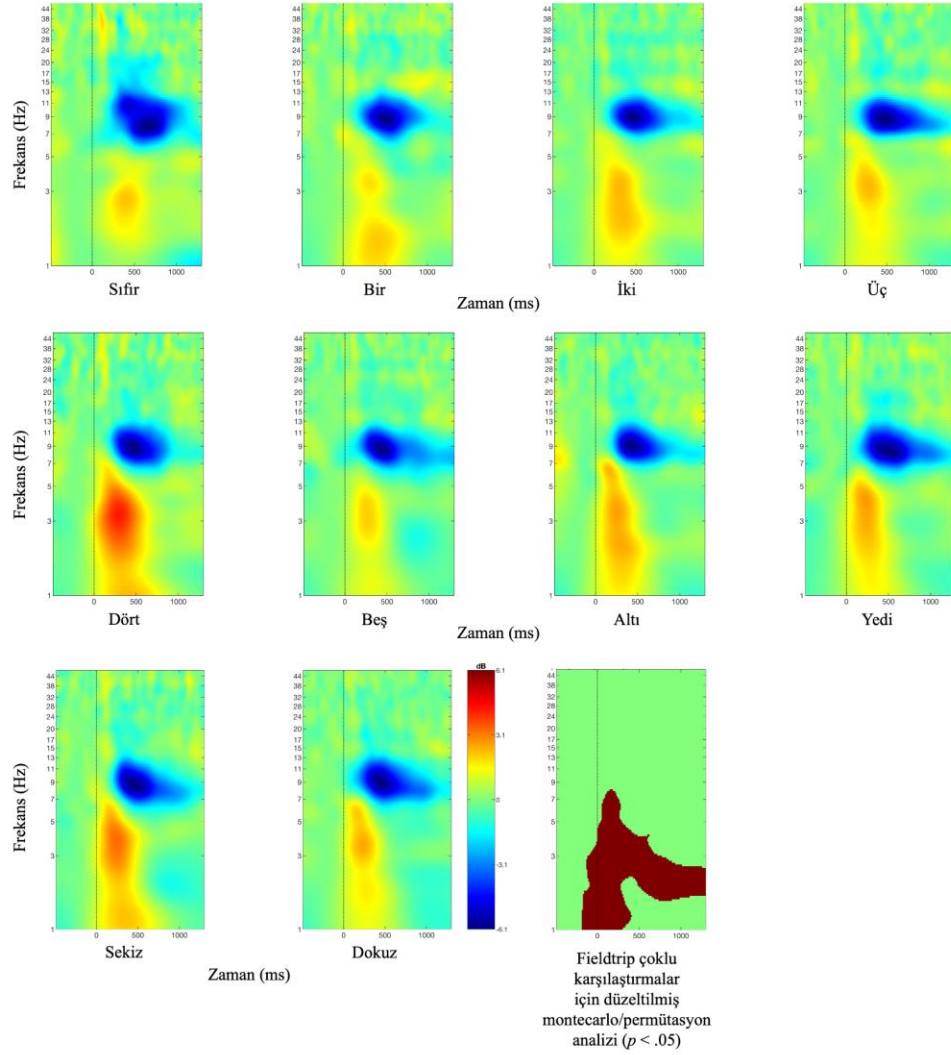
İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir	-,01	,84	,25	1,07	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	,60	,45	1,51	,65	1-7	192-528
Sıfır ile Üç*	,52	,46	1,36	,72	2-7	198-458
Sıfır ile Dört*	,55	,56	1,42	,89	1,5-7	259-575

Sıfır ile Beş	-,01	,84	,24	1,27	1-48	50-500
Sıfır ile Altı*	,45	,54	1,49	,77	1-8	134-440
Sıfır ile Yedi*	,56	,34	1,45	,52	1-7	172-372
Sıfır ile Sekiz*	,57	,38	1,72	,77	1-7	150-453
Sıfır ile Dokuz*	,27	,35	1,58	,66	3-7	137-386

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ($Ort = 1,06$, $SD = ,33$) ile Dört ($Ort = 2,15$, $SD = ,40$) nesne koşulları arasında 259 ile 500 ms zaman aralığında, 2,5-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Bir ($Ort = 1,15$, $SD = ,23$) ile Sekiz ($Ort = 2,12$, $SD = ,47$) nesne koşulları arasında 150 ile 453 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Bir ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- İki ($Ort = 1,58$, $SD = ,76$) ile Dokuz ($Ort = 1,12$, $SD = ,80$) nesne koşulları arasında 227 ile 448 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak İki ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Üç ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Dört ($Ort = 2,00$, $SD = ,65$) ile Dokuz ($Ort = 1,23$, $SD = ,69$) nesne koşulları arasında 241 ile 448 ms zaman aralığında, 2,5-6 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Dört ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

O1 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.5.1. Nesne sayısı koşullarının O1 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.6 O2 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analiz Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre O2 elektrodundaki aktivitenin (Şekil 6.2.6.1) derinlemesine incelemesi için koşullar ikili olarak karşılaştırılmıştır.

Montecarlo/permütasyon analizine çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanarak elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre;

- Sıfır ile İki nesne koşulları arasında 200 ile 480 ms zaman aralığında, 1,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Üç nesne koşulları arasında 205 ile 448 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Dört nesne koşulları arasında 244 ile 480 ms zaman aralığında, 2-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Beş nesne koşulları arasında 169 ile 360 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Altı nesne koşulları arasında 148 ile 425 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Yedi nesne koşulları arasında 170 ile 360 ms zaman aralığında, 1,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında; Sıfır ile Sekiz nesne koşulları arasında 149 ile 449 ms zaman aralığında, 1-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında; Sıfır ile Dokuz nesne koşulları arasında 114 ile 385 ms zaman aralığında, 3-9 Hz delta, teta ve alfa frekans bantlarında fark bulunmaktadır (p 'ler $< ,05$). Ancak Sıfır ile Bir ve Beş nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p > ,05$) (Ort. ve SD.'ler için Tablo 6.2.6.1).

Tablo 6.2.6.1. O2 Elektrodundaki Sıfır Nesne Koşulu ile Diğer Nesne Koşullarının Güç Analizlerinin İkili Karşılaştırmalarındaki Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

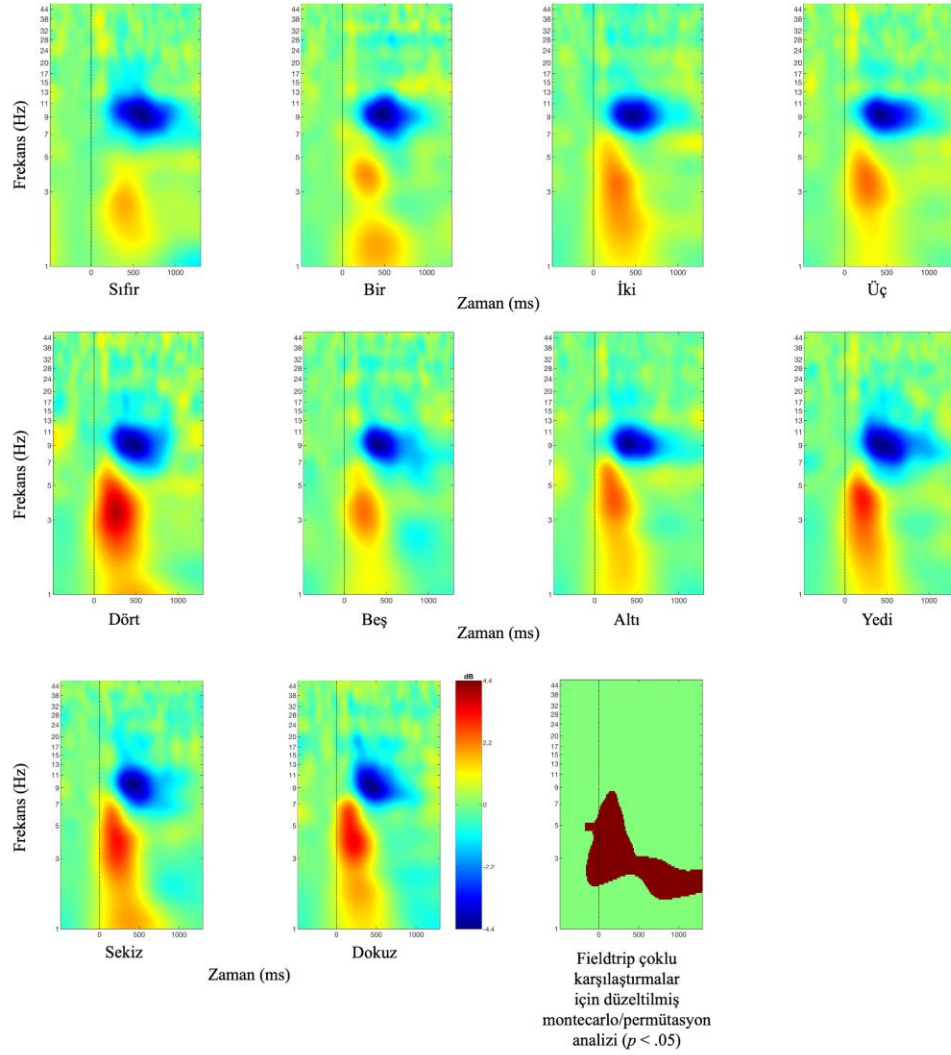
İkili Karşılaştırmalar	Birinci Koşul		İkinci Koşul		Frekans Aralığı (Hz)	Zaman Aralığı (ms)
	Ort	SD	Ort	SD		
Sıfır ile Bir	,47	,56	1,00	,65	1-48	50-500
Sıfır ile İki*	,83	,56	1,84	,72	1,5-7	200-480
Sıfır ile Üç*	,63	,57	1,64	,94	2,5-7	205-448

Sıfır ile Dört*	,79	,61	1,70	,99	2-7	244-480
Sıfır ile Beş*	,55	,49	1,80	,79	2,5-7	169-360
Sıfır ile Altı*	,56	,53	2,05	,71	2,5-7	148-425
Sıfır ile Yedi*	,75	,49	1,70	,67	1,5-7	170-360
Sıfır ile Sekiz*	,58	,82	1,56	1,33	1-9	149-449
Sıfır ile Dokuz*	,07	,73	1,66	1,25	3-9	114-385

* $p < ,05$. ** $p < ,01$.

- Bir ($Ort = 1,15$, $SD = ,64$) ile Sekiz ($Ort = 2,06$, $SD = 1,14$) nesne koşulları arasında 149 ile 449 ms zaman aralığında, 2,5-7 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak Bir ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- İki ($Ort = 2,29$, $SD = ,35$) ile Dokuz ($Ort = 1,80$, $SD = ,59$) nesne koşulları arasında 228 ile 442 ms zaman aralığında, 2-5 Hz delta ve teta frekans bantlarında fark bulunmaktadır ($p < ,05$). Ancak İki ile diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).
- Diğer nesne koşulları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p'ler > ,05$).

O2 Elektrodu Olaya İlişkin Güç Analizi



Şekil 6.2.6.1. Nesne sayısı koşullarının O2 elektrodundaki güç analizi sonuçlarının büyük ortalamaları ve çoklu karşılaştırmalar için küme düzeltmesi uygulanmış montecarlo/permütasyon istatistik analizi sonucu. İstatistiksel analiz sonucunda kırmızı bölgeler anlamlı farklılığın olduğu kümeleri göstermektedir.

6.2.7 Olaya İlişkin Güç Analizleri Genel Sonuçlar

Olaya ilişkin güç analizleri genel olarak incelendiğinde Sıfır nesne koşulu ile Bir nesne koşulu hariç diğer nesne koşullarının parietal ve oksipital elektrotlarda delta ve teta frekans bantlarında farklılaştığı görülmektedir. Bununla birlikte P4 ve P8

elektrotlarında Bir nesne koşulu ile diğer nesne koşulları arasında delta frekans bandında farklılaşma olduğu görülmektedir. Diğer koşulların ikili karşılaştırmalarında bazı farklılaşmalar görülmektedir ancak bu farklılaşmaların belli bir küme oluşturduğu görülmemektedir.

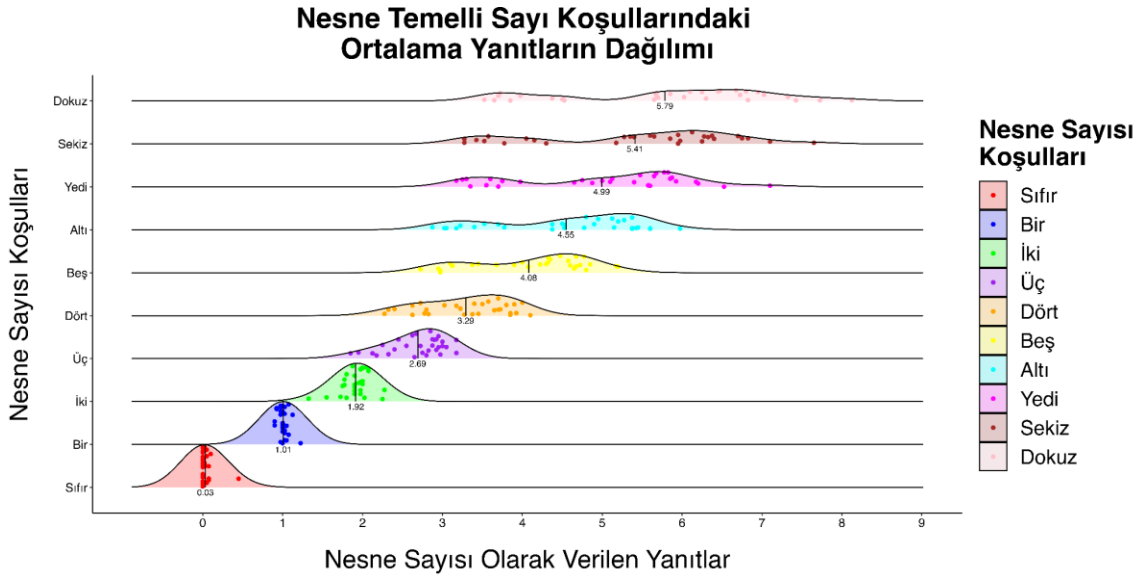
6.3. Davranışsal Sonuçlar

6.3.1 Nesne Koşullarına Verilen Yanıtların Karşılaştırılması

Katılımcıların ($n = 30$) nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtların analizi için lineer mixed effect modeli uygulanmıştır. Model, katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtları, nesne koşullarının sabit etkileri ve katılımcıların rastgele etkileriyle birlikte tahmin etmeye çalışmıştır ve Sıfır nesne koşulu haricindeki nesne koşullarının katılımcıların yanıtları üzerinde anlamlı bir sabit etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

- Sıfır koşulu için: $\beta = 0,033$, $t(32,05) = 0,28$, $p = ,78$
- Bir koşulu için: $\beta = 0,976$, $t(11960) = 25,04$, $p < ,001$
- İki koşulu için: $\beta = 1,882$, $t(11960) = 48,28$, $p < ,001$
- Üç koşulu için: $\beta = 2,658$, $t(11960) = 68,21$, $p < ,001$
- Dört koşulu için: $\beta = 3,26$, $t(11960) = 83,64$, $p < ,001$
- Beş koşulu için: $\beta = 4,047$, $t(11960) = 103,83$, $p < ,001$
- Altı koşulu için: $\beta = 4,513$, $t(11960) = 115,80$, $p < ,001$
- Yedi koşulu için: $\beta = 4,959$, $t(11960) = 127,24$, $p < ,001$
- Sekiz koşulu için: $\beta = 5,377$, $t(11960) = 137,95$, $p < ,001$
- Dokuz koşulu için: $\beta = 5,753$, $t(11960) = 147,60$, $p < ,001$

Bununla birlikte modelin gücünü incelediğimizde R^2 değerinin 0,72 olduğunu görmekteyiz. Bu değer bize verideki varyansın % 72'sinin modeldeki sabit değişkenler tarafından açıklandığı ve modelin veriyi çok güçlü bir şekilde temsil ettiğini belirtmektedir. Bu sonuçlar, bütün nesne sayısı koşullarının katılımcıların yanıtları üzerinde anlamlı ve büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6.3.1).



Şekil 6.3.1. Nesne sayısı koşullarına verilen yanıtların ortalamalarının dağılım grafiği. Grafiklerin orta kısmında bulunan çizgiler ortalama değerinin olduğu yeri, grafiklerin altında yer alan değerler de ortalama değerini göstermektedir. Dağılımların içindeki noktalar da her bir katılımcının o koşul için verdiği yanıtların ortalama değerini belirtmektedir.

Oluşturulan model ile incelenen verideki verilen nesne sayısı yanıtları açısından hangi iki koşulun birbirinden farklılaştığını incelemek için ikili karşılaştırmalar yine Lineer Mixed Effect analizleri kullanılarak incelenmiştir. Modeller, yine katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtları, iki nesne koşulunun sabit etkileri ve katılımcıların rastgele etkileriyle birlikte tahmin etmeye çalışmıştır. Sonuçlar bütün koşulların birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir (p 'ler $< ,001$) (Ort. ve SD. değerleri için Tablo 6.3.1).

Tablo 6.3.1. Nesne Koşullarına Verilen Yanıtların Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Koşul	Ort.	SD.
Sıfır	,03	,42
Bir	1,01	,27
İki	1,92	,45
Üç	2,69	,67
Dört	3,29	,93
Beş	4,08	1,10
Altı	4,55	1,29
Yedi	4,99	1,51
Sekiz	5,41	1,71
Dokuz	5,79	1,78

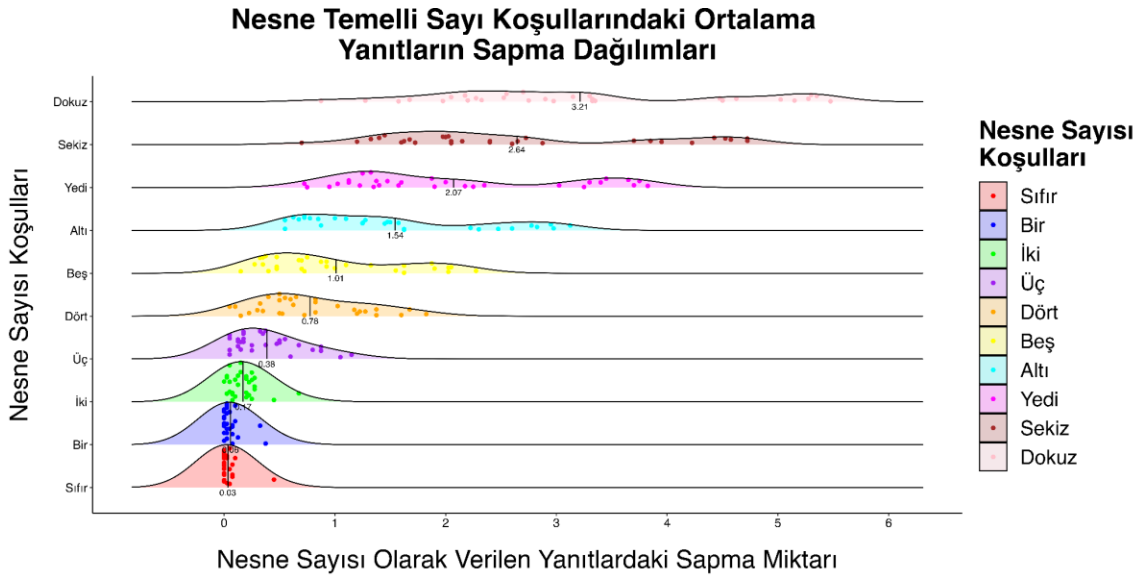
6.3.2 Nesne Koşullarına Verilen Yanıtlardaki Sapma Miktarının Karşılaştırılması

Katılımcıların ($n = 30$) nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtların sapma miktarının analizi için lineer mixed effect modeli uygulanmıştır. Model, katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtların sapma miktarının, nesne koşullarının sabit etkileri ve katılımcıların rastgele etkileriyle birlikte tahmin etmeye çalışmıştır ve Sıfır ile

Bir nesne koşulları haricindeki nesne koşullarının katılımcıların yanıtları üzerinde anlamlı bir sabit etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

- Sıfır koşulu için: $\beta = 0,033$, $t(32,24) = 0,30$, $p = ,77$
- Bir koşulu için: $\beta = 0,024$, $t(11960) = 0,65$, $p = ,52$
- İki koşulu için: $\beta = 0,138$, $t(11960) = 3,69$, $p < ,001$
- Üç koşulu için: $\beta = 0,352$, $t(11960) = 9,38$, $p < ,001$
- Dört koşulu için: $\beta = 0,743$, $t(11960) = 19,83$, $p < ,001$
- Beş koşulu için: $\beta = 0,977$, $t(11960) = 26,05$, $p < ,001$
- Altı koşulu için: $\beta = 1,512$, $t(11960) = 40,32$, $p < ,001$
- Yedi koşulu için: $\beta = 2,039$, $t(11960) = 54,40$, $p < ,001$
- Sekiz koşulu için: $\beta = 2,610$, $t(11960) = 69,62$, $p < ,001$
- Dokuz koşulu için: $\beta = 3,181$, $t(11960) = 84,85$, $p < ,001$

Bununla birlikte modelin gücünü incelediğimizde R^2 değerinin 0,49 olduğunu görmekteyiz. Bu değer bize verideki varyansın % 49'unun modeldeki sabit değişkenler tarafından açıklandığı ve modelin veriyi orta güçlü bir şekilde temsil ettiğini belirtmektedir. Bu sonuçlar, Sıfır ve Bir nesne koşulları hariç nesne sayısı koşullarının katılımcıların yanıtları üzerinde anlamlı ve orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6.3.2.1).



Şekil 6.3.2.1. Nesne sayısı koşullarına verilen yanıtlardaki sapma miktarının ortalamasının dağılım grafiği. Grafiklerin orta kısmında bulunan çizgiler nesne koşulundaki sapma miktarının ortalama değerinin olduğu yeri, grafiklerin altında yer alan değerler de ortalama değerini göstermektedir. Dağılımların içindeki noktalar da her bir katılımcının o koşul için verdiği yanıtlardaki sapma miktarının ortalama değerini belirtmektedir.

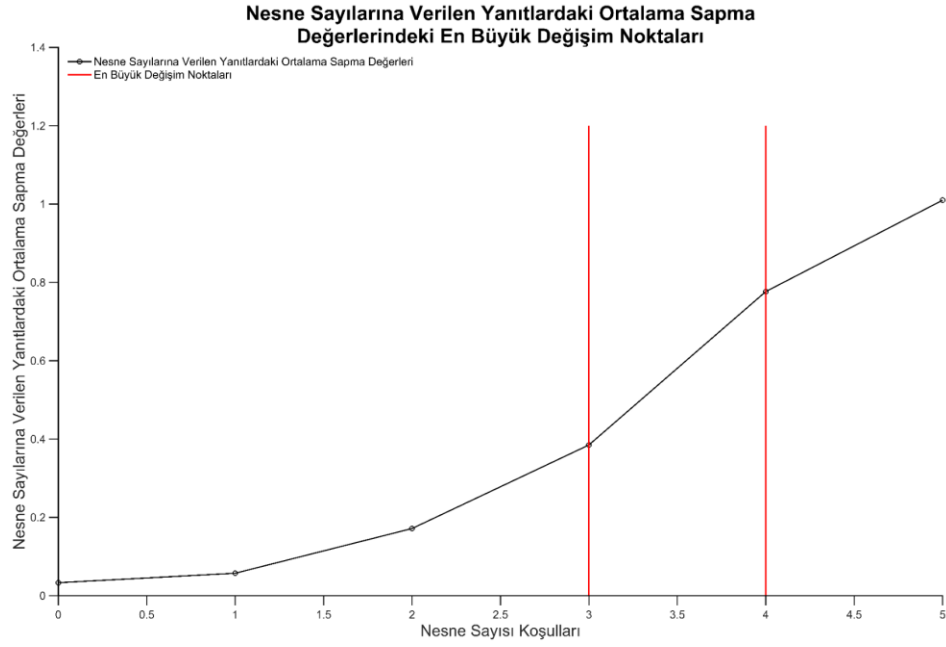
Oluşturulan model ile incelenen verideki verilen nesne sayısı yanıtlarındaki sapma miktarı açısından hangi iki koşulun birbirinden farklılaştığını incelemek için ikili karşılaştırmalar yine Lineer Mixed Effect analizleri kullanılarak incelenmiştir. Modeller, yine katılımcıların nesne sayısı koşullarına verdikleri yanıtlardaki sapma miktarını, iki nesne koşulunun sabit etkileri ve katılımcıların rastgele etkileriyle birlikte tahmin etmeye çalışmıştır. Sonuçlar Sıfır ile Bir nesne koşulları ($p = ,09$) hariç diğer bütün koşulların birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir (p 'ler $< ,001$) (Ort. ve SD. değerleri için Tablo 6.3.2).

Tablo 6.3.2. Nesne Koşullarına Verilen Yanıtlardaki Sapma Miktarının Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Koşul	Ort.	SD.
Sıfır	,033	,42
Bir	,058	,27
İki	,172	,42
Üç	,385	,63
Dört	,777	,87

Beş	1,01	1,01
Altı	1,54	1,18
Yedi	2,07	1,42
Sekiz	2,64	1,62
Dokuz	3,21	1,78

Bu analizlere ek olarak, subitizing sınırını belirlemek için nesne sayısı olarak verilen yanıtlardaki ortalama sapma değerleri açısından Sıfır nesne koşulundan Beş nesne koşuluna kadar hangi nesne koşulları arasında en net değişimin olduğunu saptamak için değişim noktası analizi yapılmıştır. Bu analizde iki nokta arasındaki değişim türev hesabı ile bulunmuştur. Başka bir deyişle, nesne sayısı olarak verilen yanıtlardaki ortalama sapma değerlerinin oluşturduğu grafikte, kırılma noktalarının nerelerde olduğunu bulmak için gerçekleştirdiğimiz analizde grafikteki en iyi değişim noktaları bulunmuştur. Sıfır nesne koşulu ile Beş nesne koşulu arasındaki değişim en fazla Üç nesne koşulundan Dört nesne koşuluna geçerken görülmektedir (Şekil 6.3.2.2). Bu sonuç ortalama sapma miktarındaki en büyük değişimin Üç nesne koşulu ile Dört nesne koşulu arasında olduğunu belirtmektedir.



Şekil 6.3.2.2. Sıfır ile Beş nesne sayısı koşulları arasındaki koşullara verilen yanıtlardaki ortalama sapma miktarı değerlerindeki en büyük değişimin olduğu iki nokta grafiği. Çizgi grafiği nesne sayısı koşullarına verilen yanıtlardaki ortalama sapma miktarı değerlerini göstermektedir. Kırmızı çizgiler ise en büyük değişimin yaşandığı iki noktayı belirtmektedir.

7. TARTIŞMA

Nesne temelli sayı algısının elektrofizyolojisini incelediğimiz tez çalışmamızda farklı nesne sayılarını algılama yetimizin, nesne sayısı koşullarına verilen olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının faz tutarlılığı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte sonuçlarımız, nesne sayılarını doğrudan algıladığımız ve nesne sayılarını tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algıladığımız iki farklı sisteme sahip olduğumuza işaret etmektedir. Bu sonuçlar ile ilk hipotezimiz olan nesne sayılarını doğrudan algıladığımız nesne sayısı sınırını geçmeyen nesnelerin sayı algısı ile bu sınırı aşan nesne sayılarının sayı algısının elektrofizyolojik yanıtlar nezdinde farklılaştığını doğrulamış olduk. Nesne koşullarına verilen elektrofizyolojik yanıtları incelediğimizde genel olarak Bir, İki ve Üç nesne koşulları arasında farklılaşmanın görülmediği, ancak bu nesne koşulları ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşulu arasında farklılaşmanın görülmesi nesne sayılarının doğrudan algılanma sınırının Üç nesne olduğuna işaret etmektedir. Davranışsal yanıtlarda da yanıtların doğru yanıtta sapma miktarı incelendiğinde sapma miktarındaki en büyük değişimin Üç nesne ile Dört nesne arasında olması bu iki nesne koşulu arasında bir kırılma noktası olduğuna işaret etmesi nedeniyle sınırın Üç nesne olduğunu desteklemektedir. Bu sonuçlar da ikinci hipotezimiz olan nesne sayılarının doğrudan algılanma sınırının üç nesne olduğunu doğrulamaktadır. Daha özet bir ifadeyle, tez çalışmamız iki farklı sayı algısı sistemimizin olduğunu ve bunlardan ilki olan nesne sayılarını doğrudan algıladığımız sistemin sınırının Üç nesne olduğunu elektrofizyolojik ve davranışsal sonuçlara dayanarak göstermektedir.

7.1 Nesne Temelli Sayı Algısına Dair Temel Bulgular

Olaya ilişkin faz tutarlılığı sonuçlarını ayrıntılı bir şekilde inceleyecek olursak, ilk bulgu Sıfır nesne koşulunun bütün elektrotlarda bütün nesne koşullarından farklı olmasıdır. Bu durum, çok kısa bir süre de olsa bir nesne ya da nesneler gördüğümüzde bu uyararı farkettiğimiz ve bir yanıt oluşturduğumuz anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, Sıfır nesne koşulunun bir referans noktası olarak diğer nesne koşullarından hangi frekanslarda ayrıştığı incelenmiştir. Sıfır nesne koşulu F3, P3, P7 ve O1 elektrotlarında yani sol hemisferde bulunan elektrotlarda Bir, İki ve Üç nesne koşullarından tutarlı bir

şekilde sadece delta frekans bandında farklılaşmaktadır. Ancak, Sıfır nesne koşulu sol hemisferdeki aynı elektrotlarda Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarından yine birkaç istisna hariç tutarlı bir şekilde delta frekansının alt sınırından alfa frekansının üst sınırına zaman zaman da beta frekansına kadar uzanan bir aralıkta farklılaşmaktadır. Ancak sağ hemisferdeki elektrotlarda Sıfır nesne koşuluna kıyasla Üç ve daha az sayıdaki nesne koşulları ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşulları arasındaki ayrışma görülmemektedir. Sağ hemisferdeki elektrotlarda Sıfır nesne koşulu diğer nesne koşullarından delta frekansının alt sınırından alfa frekansının üst sınırına kadar zaman zaman beta ve gama frekanslarını da kapsayacak şekilde farklılaşmaktadır. Bu durum bir hemisferik asimetri olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte, literatürde birbiri ile çelişen bulgulardan dolayı tartışmalı bir sonuç olsa da sağ hemisferin hem nesne temelli sayı algısında hem de matematiksel semboller ile yapılan işlemlerdeki kavram kullanımı gerektiren sayı algısında aktif olduğu, ancak sol hemisferin sembollerle ve kavramlarla ilişkili sayı algısı süreçlerinde aktif olduğu belirtilmektedir (43,81,82,83). Bu hemisferik asimetri ile birlikte, yapılan çalışmalarda delta frekansındaki yanıtların genellikle anlık bellek ve karar verme süreçleri ile ilişkilendirildiği (84,85) düşünüldüğünde Bir, İki ve Üç nesne koşulları için kavramsal bir işlemeleme ihtiyacı duyulmadan anlık bellek ve karar verme süreçlerindeki nesne bireyleştirmesinin bu nesne koşullarındaki nesne sayısı bilgisinin elde edilmesi için yeterli olduğuna işaret ettiği sonucuna ulaşmaktayız. Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının ise anlık bellek ve karar verme süreçleri ile birlikte kavramsal bir işlemeleme gerektirdiklerini ve bu durumun elektrofizyolojik izinin de sol hemisferdeki bölgelerde yüksek frekanslı yanıtlardaki farklılaşmada görüldüğünü düşünmekteyiz.

Çalışmamızdaki bir diğer önemli bulgu ise Bir, İki ve Üç nesne koşulları arasında F3, F4, P3, P4, P7, O1 ve O2 elektrot bölgelerinde herhangi bir farklılaşmanın görülmemiş olmasıdır. Bu sonuç bu üç nesne koşulunun nesne sayısının algılanma süreçleri kapsamında bir benzerlikleri olduğunu göstermektedir. Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarını incelediğimizde ise bu nesne koşulları arasında da F3, F4, P3, P4, P7, P8, O1, ve O2 elektrot bölgelerinde herhangi bir farklılaşma görülmemiştir. Bu sonuç da Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının nesne sayısının algılanma süreçleri kapsamında bir

benzerlikleri olduğunu göstermektedir. Ek olarak, Bir, İki ve Üç nesne koşullarının Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarından P4, P8, ve O2 bölgelerinde yani sağ hemisferin parieto-okspital bölgesinde farklılaştıkları görülmektedir. Bu durum da nesne sayısı algılama açısından iki farklı sistemin olduğuna işaret etmektedir ve literatürde nesne sayılarının doğrudan algılandığı ve nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılandığına dair ikili sistem görüşleri ile aynı çizgide bulunmaktadır (12,15,49,56). Nesne uyaranlarının yaklaşık 10 ms gibi çok kısa bir süre için gösterilmesine rağmen bu farklılaşmanın görülmesi dikkat mekanizmalarından farklı olarak sayı algısına özelleşmiş sistemlerin (49,56) bu algılama süreçlerinde rol oynadığına işaret etmektedir.

Bir, İki ve Üç nesne koşullarının Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarından sağ hemisferin parieto-okspital bölgesinde nasıl farklılaştığını incelediğimizde bu farklılaşmanın genellikle delta ve teta frekanslarında özel olarak P8 elektrodunda ise delta, teta ve alfa frekans bantlarında olduğu görülmektedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi delta frekansı literatürde anlık bellek ve karar alma süreçleri ile ilişkilendirilmektedir (84,85). Ancak teta frekansı daha çok çalışan belleğin kapasitesi ile ilişkilendirilmektedir (86,98). Özellikle teta-gama frekanslar arası ilişki (theta-gamma coupling) araştırmalarında (87,88,89) öne sürüldüğü gibi teta frekansının faz tutarlılığı ve gama frekansının güç değerleri arasındaki ilişki çalışan belleğin kapasitesi ve hafıza süreçleri ile ilişkilendirilmiştir. Bir, İki ve Üç nesne koşulları ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşulları arasındaki farklılaşma frekansların bu özellikleri ile birlikte düşünüldüğünde Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarındaki sayı algısı süreçlerinde anlık karar alma süreçleri ile birlikte ek bir bilginin de çalışan belleğin hafıza süreçleri ile birlikte tutulmaya çalışıldığını düşünmekteyiz. Bu durumun da elektrofizyolojik izi olarak Üç ve daha az sayıdaki nesne koşullarından farklı olarak teta frekansındaki faz tutarlılığı yanıtlarını görmekte olduğumuzu düşünmekteyiz. Bu farklılaşmanın tam olarak sağ intraparietal sulkus'un bulunduğu bölgeye denk gelen elektrotlarda gözlemlenmesi de sağ hemisferin hem nesne temelli sayı algısında hem de matematiksel semboller ile yapılan işlemlerdeki kavram kullanımı gerektiren sayı algısında aktif olduğu düşünüldüğünde ayrışmanın topografik olarak da anlamlı bir bölgede gerçekleştiğine işaret etmektedir. Sıfır nesne koşulundan Üç ve altındaki nesne koşullarının sol hemisferdeki elektrotlarda sadece delta

frekans bandında, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının delta, teta ve alfa frekans bantlarında farklılaşması da bu çıkarım ile aynı doğrultuda bulunmaktadır. Sol hemisferde Üç ve daha az sayıdaki nesne koşullarının işlenmesi için anlık karar süreçleri yeterli iken, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının işlenmesi için anlık karar verme süreçleriyle birlikte daha üst biliş seviyesinde hafıza süreçlerini de gerektirdiğini düşünmekteyiz.

Sonuçlarımızın nesne sayılarını doğrudan algılama sistemimizin Üç nesne ile sınırlı olduğunu göstermesi her ne kadar bizim bulgumuzla aynı doğrultuda bu sınırın Üç nesne olduğunu belirten çalışmalar olsa da (12,90,91,92) bu sınırı Dört nesne olarak belirten çalışmalarla çelişmektedir (6,16,19,56,93). Bununla birlikte, literatürde bu sınırın üç ya da dört nesne olduğuna dair iddialarda bu sayı sınırı net bir şekilde belirtilmemektedir. Nesne sayılarını doğrudan algılama sistemimizin sınırının üç nesne olduğunu belirten çalışmalar da genellikle bu sınırın 3-4 nesne civarında bulunduğunu belirterek net bir ayırım yapmamaktadır (92). Literatürde var olan teorik modellemelere baktığımızda, bu yetiye yönelik özelleşmiş bir sayı algısı sistemi olduğunu belirten modellerde sınırın sayı algısına özelleşmiş bu sistemin kapasitesi ile ilgili olduğu belirtilmektedir (16,53). Bir diğer yandan, sistemin sayı algısına özel bir sistem olmadığını daha çok dikkat süreçleriyle ilişkili olduğunu belirten yaklaşımlar da sınırın dikkat süreçleriyle gerçekleşen bilgi işleme mekanizmasının bir kapasitesi olduğunu belirtmektedir (6). Son dönemde yapılan elektrofizyolojik çalışmalarla sistemin sınırlarını inceleyen araştırmacılar da sınırı bilgi işleme için gereken zamanla ilişkilendirmiş ve yine sistemin zamana bağlı bir kapasite sınırı olduğuna vurgu yapmışlardır (19). Bu noktada, bu yetinin sınırı konusunda net bir tablo çizilememesinin nedeninin modellemelerdeki kapasite açıklamasından dolayı olduğunu düşünmekteyiz. Dikkat süreçlerindeki manipülasyonların uyaran ile olan muhatabiyeti etkilediği için işlenebilen bilgi miktarını da doğrudan etkilediği düşünüldüğünde kapasiteye dair farklı sınır yorumlamaları kaçınılmaz görünmektedir. Nitekim literatürde de bu dikkat süreçlerine dair yapılan manipülasyonlarla farklı sonuçlar elde etmiş ve bu sonuçlara dayanarak farklı kapasite sınırı iddialarında bulunmuş çalışmalar bulunmaktadır (19,63,64). Bu nedenle yaptığımız bu çalışmada, dikkat süreçlerindeki

manipülasyonlardan bağımsız olarak sistemin özelliklerini incelemeye çalıştık ve sonuç olarak nesne sayılarını doğrudan algılama yetimizin sınırının Üç nesne olduğuna ulaştık. Bu sınırın altındaki zeminin de kapasite ile ilgili değil matematiksel nesnelerin inşası (27) ile ilişkili olduğunu öne sürdük.

Yapılan elektrofizyolojik çalışmalarda bulgularımızla çelişen iddiaların olduğunu belirtmiştik. Bu bağlamda yapılan bir dizi elektrofizyolojik çalışma, sistemin nesnelerin sayısını doğrudan algılamak ve doğru yanıt vermek için yaklaşık 100 ms süreye ihtiyaç duyduğunu öne sürmüştür. Bu süre, yaklaşık olarak alfa frekansının bir faz döngüsü ile eşdeğerdir. Bu çalışmalar sonucunda, sistemin dört nesne olan kapasite sınırının bu özelliğe bağlı olduğu iddia edilmiştir (19). Ancak bu iddianın temelinde önceki çalışmalarda olduğu gibi dikkat süreçlerine dayanan bir yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımla dikkat süreçlerinin tamamlanması için gereken süre geçtikten sonra, sistemin sayı bilgisine başarıyla erişebildiği savunulmuştur. Başka bir deyişle, doğru yanıtı vermek için gerekli olan bilgi işleme süreci tamamlandığında, sistemin sayıları doğru bir şekilde algılayabiliyor olduğunu belirtmektedirler. Ancak bölüm 4.4'te de bahsedildiği gibi yapılan deneysel çalışmaları ayrıntılı olarak incelediğimizde (22,23,24) kullanılan deneysel yöntemin nesne bireyleştirmesi ile birlikte ayırıştırma süreçlerini de gerektirdiğini görmekteyiz. Bu durum dikkat süreçlerine yönelik bir manipülasyona yol açmakta ve nesnelerin sayı algısına dair algı yetisi, nesnelere hedef olan nesnelere ve hedef olmayan nesnelere ayırıştırma yetisi ile birlikte incelenmektedir. Bu durumun sebebini kısaca tekrar ifade edecek olursak, deneysel yöntemlerinde kullanılan uyaran öncesi ve sonrası maskeler (birbirine geçmiş çizgiler) görsel uyaran koşulları (farklı sayıda X'ler) ile benzer özelliklerdedir. Bu benzerlik, hedef nesnelerin maskelerin ardında kalan imajdan ayırıştırılmasını gerektirmektedir. Görsel uyaranların ekranda kalma süresinin kısaltıldığı koşullarla birlikte düşünüldüğünde bu yöntem dikkat süreçlerine dair bir manipülasyona sebep olmaktadır. Bununla birlikte, yapılan diğer elektrofizyolojik çalışmalarda kullanılan deneysel yöntemlerde de hedef olmayan uyaranlar arasında hedef uyaranların ayırıştırılması ve sayısının belirlenmesinin gerektiği yöntemler kullanılmıştır (66,68,94,95). Bu durum aynı soruna yol açmaktadır. Yani öncelikle görsel sisteme giren bütün nesnelere unsurları ile birlikte birlik verilerek bireyleştirilmeli ve

ardından hedef olmaları için belirlenen özelliklerin bulunup bulunmamasına göre kategorize edilerek ayrıştırılmalıdır. Bu aşamadan sonra da hedef nesnelere sayısının belirlenmesi ve bu sayının hafızada muhafaza edilmesi gerekmektedir. Ancak bizim yöntemimizde kullanılan uyaran öncesi maske görsel sistemde ayrıştırma gerektiren bir görsel imaj oluşturmadığı için sadece nesne bireyleştirme süreci incelenmiştir. Çalışmamız ile diğer çalışmalar arasındaki bu yöntemsel ayrışma ile birlikte elektrofizyolojik yanıtların faz tutarlılığının osilasyon teorisine uygun bir şekilde incelenmemiş olması da çalışmamızın bir diğer özgün yönünü oluşturmaktadır. Faz tutarlılığı farklı nesne sayısı koşullarına verilen EEG yanıtlarının ne kadar senkronize bir şekilde verildiğini incelemesi hasebiyle nesne sayısı koşullarının elektrofizyolojik olarak nasıl temsil edildiğine işaret etmektedir. Uyguladığımız yöntemin bir diğer sonucu da nesne sayısı uyarılarının çok kısa bir süre ile görülmesine rağmen farklı nesne uyarılarına hem davranışsal hem de faz tutarlılığı açısından farklı yanıtların verilmesinin nesne koşulları arasında algı düzeyinde bir ayrışmaya işaret etmesi olmuştur. Bu kapsamda, algı düzeyindeki bu ayrışmanın elde ettiğimiz davranışsal yanıtlara nasıl yansıdığını incelemek için nesne sayılarına verilen yanıtların doğru yanıtlardan ne kadar saptığına baktık. Bu incelememiz sonucunda, faz tutarlılığı analizlerinin sonuçları ile tutarlı bir şekilde Üç ile Dört nesne koşulları arasında bir kırılma noktası olduğunu bulduk. Bu sonucun nesne sayılarının algılanmasındaki ikili sisteme davranışsal olarak da işaret ettiğini ve algısal ayrışmanın davranıştaki karşılığını gösterdiğini düşünmekteyiz.

Literatürdeki teorik bakış açılarını incelediğimizde nesne sayılarının algılanmasındaki ikili sistem ayrımının algısal kapasite ile ilişkilendirildiğini ve bu kapasitenin sınırının net bir şekilde çizilmediğini belirtmiştik (16,19,56,92). Örneğin, bu ayrışmanın mekansal dikkat süreçlerindeki kapasite sınırı ile ilgili olduğunu iddia eden Trick ve Pylyshyn (16) öne sürdükleri teorik yaklaşımlarında birden üçe kadar olan sayılarla beş ve sonrasındaki sayıların ayrışmasından bahsetmektedir. Ancak kapasite sınırını, kendi çalışmalarından önceki iddialarda belirtildiği gibi dört nesneye kadar olduğunu savunmaktadırlar. Bir diğer taraftan, Feigenson ve arkadaşları (12) çocuklarla yapılan deneyler sonucunda geliştirdikleri teorik bakış açısında bu sınırın 3 nesne olduğunu iddia etmişlerdir. Literatürdeki bu tartışmada, çalışmamızın nesne sayılarının

doğrudan algılanmasını ve nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı algılanmasını sağlayan iki sistemin sınırları hakkında net bir sonuç ortaya koyduğunu düşünmekteyiz. Sonuçlarımız Üç nesneye kadar olan nesne sayılarını doğrudan algıladığımızı, Dört ve daha fazla sayıdaki nesnelerin sayısını tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algıladığımızı işaret etmektedir.

Bahsettiğimiz bu ikili sistemin sayı nöronlarında nasıl bir yanıt oluşturduğunu incelemek amacıyla son zamanlarda yapılan bir çalışmada Kutter ve arkadaşları (96) katılımcıları gösterilen uyarılarda sıfırdan dokuza kadar olan nokta sayılarının çift mi yoksa tek sayı mı olduğunu belirlemelerini istemişlerdir. Bu görev esnasında da medial temporal loblarında bulunan sayı hücrelerinden elektrofizyolojik kayıt almışlardır. Farklı nokta sayısı koşulları için sayı hücrelerindeki aktivitenin uyum eğrisini (tuning curves) analiz ettiklerinde üç ve daha az sayıdaki nokta koşulları ile dört ve daha fazla sayıdaki nokta koşullarının farklılaştıklarını bulmuşlardır. Bu kategorik farklılaşmayı incelemek için de yaptıkları temsili benzerlik analizinin (representational similarity analysis) sonuçlarında küçük ve büyük sayılar için olan kategorik ayrışmanın sayı nöronlarının ateşlenme oranlarına göre 3 ile 4 sayıları arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Tek hücre kayıtlarının analizleri ile birlikte nöron popülasyonlarının toplamda oluşturduğu yanıtı yönelik yaptıkları sınıflama (classification) analizlerinin sonuçlarında ise bu ayrışmanın 4 ile 5 sayıları arasında olduğunu belirtmişlerdir. Nöron popülasyonlarının oluşturduğu toplam yanıtın sınıflamasına dair analizlerin sonuçları bizim sonuçlarımız ile çelişiyor olsa da tek hücre kayıtları ile yaptıkları uyum eğrisi analizlerinin sonuçları ve kategorik farklılaşmayı tespit ettikleri analiz sonuçları çalışmamızın sonuçları ile birebir örtüşmektedir. Bu bulgulara dayanarak olaya ilişkin osilasyon yanıtlarının faz uyumu analizleri sonucunda ulaştığımız sonuçların sayı hücrelerindeki aktivitenin kaydedilmesi ile elde edilen sonuçlarla tutarlılık gösterdiğini söyleyebiliriz.

7.2 Nesne Temelli Sayı Algısının Teorik Zemini: Matematiksel Nesne İnşası

Nesne sayılarının doğrudan algılanmasını dikkat süreçlerinin kapasitesi ile ilişkili olduğunu belirten teorik yaklaşımların aksine bu yetimizin altında farklı bir teorik zeminin bulunduğunu düşündüğümüzü belirtmiştik. Çünkü yapmış olduğumuz çalışmada, farklı

sayıdaki nesne uyarılarının çok kısa bir süre (~8,3 ms) ile gösterilmesine rağmen hem olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarında hem de davranışsal yanıtlarda Üç nesneye kadar olan nesne sayılarının doğrudan, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının ise tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılandığına dair ayrışmanın görülmesi, ayrışmanın dikkat süreçleri ile ilgili değil sayı algısına özelleşmiş sistemlerle ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle, sayı algısına özelleşmiş sistemlerin zemininin dikkat süreçlerinin kapasitesi ile değil, matematiksel nesnelerin inşası (27) ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Bu teorik yaklaşımda saf algıda Bir'in, İki'nin ve Üç'ün görüsel izleriyle dolaysızca kurulabildiği savunulmaktadır. Daha açık bir ifadeyle, Bir'in bir boşlukla belirsizlikten, İki bir'in bir boşlukla birbirinden, Üç bir'in ikişer ikişer üç boşlukla birbirinden ayrılarak kurulduğu ve bütün bunların ek bir bilgi gerektirmediği için (Örn. Üç bir'in üç boşlukla ayrılmasında dördüncü bir bilgiye ihtiyaç duyulmaması) "dolaysızca" kurulduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, Dört ve Dört'ten sonraki sayıların ise görüsel izleriyle değil kavramlar yoluyla dolaylı olarak kurulduğu belirtilmektedir. Başka bir ifadeyle, Dört bir'in birbirinden ayrılması ikişer ikişer altı boşluk gerektirdiği için Dört'ün dolaysızca kurulamadığı, bu sebeple Dört'ün dolaylı bir şekilde kavramlar ile kurulabildiği öne sürülmektedir. Bu durumun da Dört ve sonrasındaki bütün sayılar için geçerli olduğu söylenmektedir. Bu ayrışmanın sonucunu Çitil "Üç'e kadar olan sayıların görüdeki izlerinin kurulduğu sahne ile Dört ve sonrasındaki sayıların 'görüsel karşılık'larının kurulduğu sahne birbirinden farklıdır." şeklinde ifade etmektedir (27, s. 144). Çalışmamızın sonuçları bu teorik yaklaşımla tutarlılık göstermektedir.

İlk olarak, sol hemisferde bulunan elektrotlarda Sıfır nesne koşulu ile Üç ve daha az sayıdaki nesne koşullarının sadece anlık bellek ve karar verme ile ilişkilendirilen delta frekans bandında (84,85) farklılaşması ve Bir, İki ile Üç nesne koşulları arasında genel olarak bir farklılaşmanın bulunmaması Üç ve öncesindeki sayıların görüsel izleriyle dolaysızca kurulduğu savı ile tutarlılık göstermektedir. Bir, İki ve Üç nesnenin bireleştirilerek algılanması için Sıfır nesne koşulundan farklı olarak sol hemisferde sadece delta frekansındaki farklılaşma ile temsil edilmesi bu işlemin daha üst düzey bilişsel fonksiyonları gerektirmediği anlamına geldiğini düşünmekteyiz. Sol hemisferdeki

bu durum bu üç nesne koşulunun kavramsal bir işlemeleme ihtiyacı duymadan sadece anlık bir karar verme ile algılanabildiğine işaret etmektedir çünkü sağ hemisferden farklı olarak sol hemisfer dil süreçleri ve dolayısıyla kavramsal işlemeleme ile ilişkilendirilmektedir (97). Başka bir ifadeyle, sol hemisferde Bir-İki-Üç ile Sıfır nesne koşulları arasında deltadan daha hızlı frekanslarda herhangi bir farkın bulunmaması, bu ayrışmanın gerekleri arasında sol hemisfer için bir üst biliş fonksiyonu olarak değerlendirebileceğimiz dil ve kavramsal işlemeleme süreçlerinin bulunmadığını düşündürmektedir.

İkinci olarak, yine sol hemisferde bulunan elektrotlarda Sıfır nesne koşulu ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının delta frekansının alt sınırından alfa frekansının üst sınırına kadar farklılaşması ve bu nesne koşullarına verilen yanıtların da kendi aralarında genel olarak bir farkının bulunmaması Dört ve sonrasındaki sayıların kavramlar ile dolaylı olarak kurulduğuna işaret etmektedir. Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarının Sıfır nesne koşulundan sol hemisferde delta frekansı ile birlikte hafıza süreçleriyle ilişkilendirilen teta frekanslarında (98) ve görsel sistemin dikkat mekanizmaları ile ilişkilendirilen alfa frekanslarında (99) farklılaşması bu algı için üst bilişsel fonksiyonların gerektiğine işaret etmektedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, literatürde sağ hemisferin hem nesne temelli sayı algısında hem de kavramsal sayı algısında aktif olduğu ancak sol hemisferin sadece kavramsal sayı algısında aktif olduğu belirtilmiştir (43,81,82,83). Özellikle sol hemisferin dil ile dolayısıyla kavramsal işlemeleme ile ilişkilendirilmesi ve kavramsal sayı algısı özelinde aktifleştiğine dair bulgular düşünüldüğünde çalışmamızın bu sonucu Dört ve sonrasındaki sayıların kavramlar yoluyla dolaylı olarak kurulduğu savı ile tutarlılık göstermektedir.

Üçüncü olarak, Üç ve daha az sayıdaki nesne koşullarına verilen yanıtlarla Dört ve daha fazla sayıdaki nesne koşullarına verilen yanıtların sağ hemisferin parieto-okspital bölgesinde farklılaşmaları da matematiksel nesnelere inşasına dair teorik yaklaşımla tutarlılık göstermektedir. Sağ hemisferin parieto-okspital bölgesinin literatürde sayı algısı ile doğrudan ilişkilendirilen beyin bölgesi olduğunu belirtmiştik. Bu beyin bölgesinde iki nesne sayısı kümesi arasında delta ve teta frekanslarında ayrışmanın görülmesi anlık karar verme ile birlikte hafıza süreçlerinde bir farklılaşma olduğuna işaret etmektedir.

Çalışmamızdaki bu sonucun matematiksel nesnelerin inşasına dair teorik yaklaşımda, Çitil'in ifadesiyle "Üç'e kadar olan sayıların görüdeki izlerinin kurulduğu sahne ile Dört ve sonrasındaki sayıların 'görüsel karşılık'larının kurulduğu sahne birbirinden farklıdır." (27, s. 144) savı ile birebir örtüştüğünü düşünmekteyiz. Bütün bu tutarlılıklardan dolayı, Üç ve daha az sayıdaki nesne sayılarını doğrudan algılama yetimizin zemininde bu sayıların görüsel izlerinin kuruluşundaki dolaysızlığın yer aldığı sonucuna ulaşmaktayız. Aynı şekilde, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılama yetimizin zemininde de bu sayıların görüsel karşılıklarının kavramlar yoluyla dolaylı kuruluşlarının yer aldığı sonucuna ulaşmaktayız.

7.3 Tez Çalışmamızdaki Sınırlılıklar

Çalışmamızda kullandığımız deneysel yöntemde farklı sayıdaki nesne uyarılarının nesne sayısı dışındaki özelliklerini eşitlemememiz çalışmamızın bir sınırlılığını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda nesne sayısı ile birlikte bu özelliklerinde görsel sisteme giren bilginin niteliğini etkileyeceği için kontrol edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Araştırmacılar bu özelliklerdeki manipülasyonların nesne temelli sayı algısını etkilediğini ortaya koymuşlardır (100,101). Noktaların nesne olarak kullanıldığı yöntemlerde kontrol edilen özellikler, noktaların oluşturduğu dışbükey şeklin kapladığı alan, noktaların tek tek büyüklükleri, tüm noktaların yüzeylerinin toplamı, noktaların dağıldığı alandaki yoğunlukları ve tüm noktaların çevresi olarak belirtilmiştir (102). Bütün bu belirtilen özellikler birbirine bağımlı değişkenler olsa da her biri farklı deney koşulunda kontrol edilecek şekilde deneysel yöntemler geliştirilmiştir (101,102). Çalışmamızda nokta uyarılarını bu özelliklerine göre kontrol ederek oluşturmamamızın birinci sebebi bu kontrollerin nesne büyüklüğünü değiştirdiği için hedeflediğimiz nesne bireyleştirme yöntemini etkileyecek olduğunu düşünmemizdir. Örneğin iki nesne sayısı koşulunu bu kontrollere göre oluşturmuş olsaydık oluşturulan nesne koşulunu diğer nesne koşullarıyla bahsi geçen özelliklere göre eşitlemek için nesne büyüklüklerini değiştirmemiz gerekecekti ve sonuç olarak iki nesne sayısı koşulunda bir tane küçük nokta ve bir tane büyük noktanın bireyleştirilmesi görevini uygulamış olacaktık. Bununla birlikte, diğer koşullardaki nokta büyüklükleri de farklı olacaktı. Bu büyük küçük

farklılığı nesnelere tane olarak görsel sisteme düşen izlerinin büyüklüğünü etkileyeceği için bu kontrol yöntemini kullanmamaya karar verdik. Bu yöntem yerine nesne büyüklüklerinin sabit tutulup konumların rastgele belirlenmesinin nesne bireyleştirmesinin incelenmesine daha uygun bir yöntem olduğunu düşündük. Bununla birlikte kontrol yöntemlerini kullanmamamızdaki ikinci neden ise zaman kısıtlamasıdır. Varolan deney koşullarımıza kontrol koşullarını da eklediğimizde deneyimizin süresinin uzun olacağını düşündüğümüz için kontrol koşullarını eklemedik. Ancak gelecekte yapılacak çalışmalarla bu sınırlılığı gidermek için çalışmamızın kontrol koşulları kullanılarak tekrarlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Çalışmamızda kullandığımız nesne sayısı koşullarındaki noktaların ekrandaki konumları rastgele olacak şekilde belirlenmektedir. Bu özellik her ne kadar nesnelere mekansal dağılımına dair bir kontrol sağlasa da hemisferik asimetri ile ilgili bir sınırlılığa neden olmaktadır. Çalışmamızdaki önemli bulgulardan bir tanesinin de nesne sayısının algısında sağ ve sol hemisferlerde görülen asimetri ile ilişkili olduğunu belirtmiştik. Bu bulgunun güvenilirliği için nokta konumlarının rastgele belirleniyor olması belli bir seviyede kontrol sağlamaktadır. Bulguların gelecekte yapılacak çalışmalarda nesne uyarılarının ekranın yalnızca sağ bölümünde ve sol bölümünde gösterildiği iki kontrol koşulu ile birlikte tekrarlanması sonuçları daha güvenilir hale getirecektir.

7.4 Gelecek Çalışmalar

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda bahsedilen sınırlılıkların giderildiği çalışmaların yapılması bulguların güvenilirliğini arttıracaktır. Bununla birlikte, çalışmamızda Üç ve altındaki nesne sayılarının algılanması ile Dört ve sonrasındaki nesne sayılarının algılanması arasında sağ hemisferde olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarının delta ve teta frekans bantlarında fark bulunduğu belirtilmişti. Literatürdeki teta-gama frekanslar arası ilişki (theta-gamma coupling) araştırmalarında (87,88,89) teta frekansının faz tutarlılığı ve gama frekansının güç değerleri arasındaki ilişkinin çalışan belleğin kapasitesi ve hafıza süreçleri ile ilişkili olduğu öne sürülmektedir. Çalışmamızın bulgusu teta-gama frekanslar arası ilişki yaklaşımı ile birlikte düşünüldüğünde gelecek çalışmalarda nesne sayılarının algılanmasındaki iki sistem arasındaki farkın teta

frekansının fazı ile gama frekansının gücü arasındaki ilişki ile nasıl temsil edildiğinin incelenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

8. SONUÇ

Nesne temelli sayı algısını olaya ilişkin osilasyon yanıtları çerçevesinde incelediğimiz tez çalışmamızda Üç ve altındaki nesne sayılarının doğrudan algılandığı, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılandığı ortaya konulmuştur. Üç ve altındaki nesne sayılarının doğrudan algılanması ile Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanmasının olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarınca temsil edildiği ve bu yanıtlar kapsamında bu iki nesne sayısı kümesinin farklılaştığına dair sonuçlar elde edilmiştir. Bu doğrultuda literatürde ikili sistem görüşü olarak belirtilen; Üç ve altındaki nesne sayılarının doğrudan algılanması için ayrı, Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanması için ayrı birer sistemin olduğunu destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak literatürdeki teorik yaklaşımlarda bu iki sistemin ayrıştığı nesne sayısı ile ilişkili farklı görüşler bulunsa da tez çalışmamızla bu ayrışman Üç nesnede gerçekleştiğine dair elektrofizyolojik ve davranışsal yanıtlara dayanan kanıtlar sunulmuştur. Kullanılan yöntemde uyaranlar çok kısa bir süre ile sunulduğu için hem olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtlarında hem de davranışsal yanıtlarda ortaya çıkan ayrışmanın dikkat süreçleri ile ilişkili değil sayı algısına özelleşmiş ikili sistem ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür. Bununla birlikte, literatürdeki dikkat süreçlerindeki sınırlılık ve sayı algısı sisteminin kapasite sınırlılığı temelli teorik yaklaşımların aksine nesne sayılarının doğrudan ve dolaylı algılanmasını sağlayan sistemlerin zemininde matematiksel nesnelerin inşasına dair teorik yaklaşımın bulunduğu iddia edilmiştir. Bu iddia doğrultusunda, olaya ilişkin faz tutarlılığı yanıtları ile ilgili sonuçlarla bu teorik yaklaşımın tutarlılığı gösterilmiştir. Bu tutarlılığa dayanarak, Bir, İki ve Üç'ün görüsel izinin dolaysız olarak kurulmasının Üç ve altındaki nesne sayılarının doğrudan algılanmasının zemininde yer aldığı, Dört ve sonrasındaki sayıların görüsel karşılıklarının kavramlarla dolaylı olarak kurulmasının da Dört ve daha fazla sayıdaki nesne sayılarının tahmin etme yoluyla dolaylı olarak algılanmasının zemininde yer aldığı iddia edilmiştir.

9. KAYNAKLAR

1. Dehaene S. The number sense: How the mind creates mathematics. OUP USA, 2011.
2. Benacerraf P. What numbers could not be. *The philosophical review*, 74(1), 47-73, 1965.
3. Jevons WS. The power of numerical discrimination. *Nature*, 3(67), 281-282, 1871.
4. Taves EH. Two mechanisms for the perception of visual numerosness. *Archives of Psychology (Columbia University)*, 1941.
5. Saltzman IJ, Garner WR. Reaction time as a measure of span of attention. *The Journal of psychology*, 25(2), 227-241, 1948.
6. Cowan N. The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and brain sciences*, 24(1), 87-114, 2001.
7. Kaufman EL, Lord MW, Reese TW, Volkman J. The discrimination of visual number. *The American journal of psychology*, 62(4), 498-525, 1949.
8. Lorenzi E, Perrino M, Vallortigara G. Numerosities and other magnitudes in the brains: a comparative view. *Frontiers in psychology*, 12, 1104, 2021.
9. Nieder A. Neuroethology of number sense across the animal kingdom. *Journal of Experimental Biology*, 224(6), jeb218289, 2021.
10. Gordon P. Numerical cognition without words: evidence from Amazonia. *Science* 306, 496–499, 2004.
11. Pica P, Lemer C, Izard V, Dehaene S. Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group, *Science* 306, 499–503, 2004.
12. Feigenson L, Dehaene S, Spelke E. Core systems of number. *Trends Cogn. Sci.* 8, 307–314, 2004.
13. Núñez RE. Is there really an evolved capacity for number?. *Trends in cognitive sciences*, 21(6), 409-424, 2017.
14. Atkinson J, Campbell FW, Francis MR. The magic number 4 ± 0 : A new look at visual numerosity judgements. *Perception*, 5(3), 327-334, 1976.

15. Dehaene S, Cohen L. Dissociable mechanisms of subitizing and counting: neuropsychological evidence from simultanagnosic patients. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(5), 958, 1994.
16. Trick LM, Pylyshyn ZW. What enumeration studies can show us about spatial attention: evidence for limited capacity preattentive processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(2), 331, 1993.
17. Nieder A. The neuronal code for number. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(6), 366-382, 2016.
18. Viswanathan P, Nieder A. Neuronal correlates of a visual “sense of number” in primate parietal and prefrontal cortices. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(27), 11187-11192, 2013.
19. Wutz A, Melcher D. The temporal window of individuation limits visual capacity. *Frontiers in psychology*, 5, 952, 2014.
20. Mazza V, Caramazza A. Multiple object individuation and subitizing in enumeration: a view from electrophysiology. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 162, 2015.
21. Chen J, Paul JM, Reeve R. Manipulation of attention affects subitizing performance: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 139, 104753, 2022.
22. Wutz A, Caramazza A, Melcher D. Rapid enumeration within a fraction of a single glance: the role of visible persistence in object individuation capacity. *Vis. Cogn.* 20, 717–732, 2012.
23. Wutz A, Melcher D. Temporal buffering and visual capacity: the time course of object formation underlies capacity limits in visual cognition. *Attent. Percept. Psychophys.* 75, 921–933, 2013.
24. Wutz A, Weisz N, Braun C, Melcher D. Temporal windows in visual processing: “prestimulus brain state” and “poststimulus phase reset” segregate

- visual transients on different temporal scales. *Journal of Neuroscience*, 34(4), 1554-1565, 2014.
25. Başar E. *Brain Function and Oscillations - Volume I: Brain Oscillations*. Springer. 1998.
 26. Başar E, Schürmann M, Demiralp T, Başar-Eroglu C, Ademoglu A. Event related oscillations are ‘real brain responses’ — wavelet analysis and new strategies. *Int J Psychophysiol*. Jan 1;39(2–3):91–127, 2001.
 27. Çitil AA. *Matematik ve metafizik*. Alfa Basım Yayım, 2012.
 28. James W. *The principles of psychology, Volume I*. New York: Holt, 1390, s. 404, 1890.
 29. Hamilton W. *Lectures on metaphysics and logic (Vol. 1)*. W. Blackwood and sons, s. 173, 1859.
 30. Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81, 1956.
 31. Cantlon JF, Brannon EM. Shared system for ordering small and large numbers in monkeys and humans. *Psychological science*, 17(5), 401-406, 2006.
 32. Merten K, Nieder A. Compressed scaling of abstract numerosity representations in adult humans and monkeys. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(2), 333-346, 2009.
 33. Davis H, Albert M. Numerical discrimination by rats using sequential auditory stimuli. *Animal Learning & Behavior*, 14, 57-59, 1986.
 34. Pisa PE, Agrillo C. Quantity discrimination in felines: a preliminary investigation of the domestic cat (*Felis silvestris catus*). *Journal of Ethology*, 27, 289-293, 2009.
 35. Ward C, Smuts BB. Quantity-based judgments in the domestic dog (*Canis lupus familiaris*). *Animal cognition*, 10, 71-80, 2007.
 36. Kirschhock ME, Ditz HM, Nieder A. Behavioral and neuronal representation of numerosity zero in the crow. *Journal of Neuroscience*, 41(22), 4889-4896, 2021.
 37. Miletto Petrazzini ME, Bertolucci C, Foà A. Quantity discrimination in trained lizards (*Podarcis sicula*). *Frontiers in psychology*, 9, 274, 2018.

38. Agrillo C, Piffer L, Bisazza A. Large number discrimination by mosquitofish. *PloS one*, 5(12), e15232, 2010.
39. Butterworth B. *Can Fish Count?: What Animals Reveal about Our Uniquely Mathematical Mind*. Hachette UK, 2022.
40. Izard V, Sann C, Spelke ES, Streri A. Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385, 2009.
41. Piazza M, Izard V, Pinel P, Le Bihan D, Dehaene S. Tuning curves for approximate numerosity in the human intraparietal sulcus. *Neuron*, 44(3), 547-555, 2004.
42. Nieder A, Dehaene S. Representation of number in the brain. *Annual review of neuroscience*, 32, 185-208, 2009.
43. Piazza M, Pinel P, Le Bihan D, Dehaene S. A magnitude code common to numerosities and number symbols in human intraparietal cortex. *Neuron*, 53(2), 293-305, 2007.
44. Nieder A. Supramodal numerosity selectivity of neurons in primate prefrontal and posterior parietal cortices. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(29), 11860-11865, 2012.
45. Nieder A, Diester I, Tudusciuc O. Temporal and spatial enumeration processes in the primate parietal cortex. *Science*, 313(5792), 1431-1435, 2006.
46. Katzin N, Cohen ZZ, Henik A. If it looks, sounds, or feels like subitizing, is it subitizing? A modulated definition of subitizing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 790-797, 2019.
47. Ross J. Visual discrimination of number without counting. *Perception*, 32(7), 867-870, 2003.
48. Burr D, Ross J. A visual sense of number. *Current biology*, 18(6), 425-428, 2008.
49. Anobile G, Cicchini GM, Burr DC. Number as a primary perceptual attribute: A review. *Perception*, 45(1-2), 5-31, 2016.

50. Durgin FH. Texture density adaptation and visual number revisited. *Current Biology*, 18(18), R855-R856, 2008.
51. Dakin SC, Tibber MS, Greenwood JA, Kingdom FA, Morgan MJ. A common visual metric for approximate number and density. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19552-19557, 2011.
52. Gebuis T, Reynvoet B. The neural mechanisms underlying passive and active processing of numerosity. *NeuroImage*, 70, 301-307, 2013.
53. Burr DC, Anobile G, Arrighi R. Psychophysical evidence for the number sense. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1740), 20170045, 2018.
54. Revkin SK, Piazza M, Izard V, Cohen L, Dehaene S. Does subitizing reflect numerical estimation?. *Psychological science*, 19(6), 607-614, 2008.
55. Mandler G, Shebo BJ. Subitizing: an analysis of its component processes. *Journal of experimental psychology: general*, 111(1), 1, 1982.
56. Dehaene S, Changeux JP. Development of elementary numerical abilities: A neuronal model. *Journal of cognitive neuroscience*, 5(4), 390-407, 1993.
57. Piazza M, Mechelli A, Butterworth B, Price CJ. Are subitizing and counting implemented as separate or functionally overlapping processes?. *Neuroimage*, 15(2), 435-446, 2002.
58. Ashkenazi S, Mark-Zigdon N, Henik A. Do subitizing deficits in developmental dyscalculia involve pattern recognition weakness?. *Developmental Science*, 16(1), 35-46, 2013.
59. Peterson SA, Simon TJ. Computational evidence for the subitizing phenomenon as an emergent property of the human cognitive architecture. *Cognitive Science*, 24(1), 93-122, 2000.
60. Chen J, Paul JM, Reeve R. Manipulation of attention affects subitizing performance: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 139, 104753, 2022.

61. Basak C, Verhaeghen P. Subitizing speed, subitizing range, counting speed, the Stroop effect, and aging: capacity differences and speed equivalence. *Psychology and aging*, 18(2), 240, 2003.
62. Engle RW, Kane MJ, Tuholski SW. Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 4, 102-134, 1999.
63. Egeth HE, Leonard CJ, Palomares M. The role of attention in subitizing: Is the magical number 1?. *Visual Cognition*, 16(4), 463-473, 2008.
64. Olivers CN, Watson DG. Subitizing requires attention. *Visual Cognition*, 16(4), 439-462, 2008.
65. Piazza M, Fumarola A, Chinello A, Melcher D. Subitizing reflects visuo-spatial object individuation capacity. *Cognition*, 121(1), 147-153, 2011.
66. Mazza V, Caramazza A. Temporal brain dynamics of multiple object processing: the flexibility of individuation. *PloS one*, 6(2), e17453, 2011.
67. Mazza V, Caramazza A. Perceptual grouping and visual enumeration. *PLoS One*, 7(11), e50862, 2012.
68. Ester EF, Drew T, Klee D, Vogel EK, Awh E. Neural measures reveal a fixed item limit in subitizing. *Journal of Neuroscience*, 32(21), 7169-7177, 2012.
69. Park J, DeWind NK, Woldorff MG, Brannon EM. Rapid and direct encoding of numerosity in the visual stream. *Cerebral cortex*, 26(2), 748-763, 2016.
70. Fornaciai M, Brannon EM, Woldorff MG, Park J. Numerosity processing in early visual cortex. *NeuroImage*, 157, 429-438, 2017.
71. DeWind NK, Park J, Woldorff MG, Brannon EM. Numerical encoding in early visual cortex. *Cortex*, 114, 76-89, 2019.
72. Mazza V, Turatto M, Caramazza A. Multiple object individuation and exact enumeration. *J. Cogn. Neurosci.* 25, 697-705, 2013.
73. Van Rinsveld A, Guillaume M, Kohler PJ, Schiltz C, Gevers W, Content A. The neural signature of numerosity by separating numerical and continuous

- magnitude extraction in visual cortex with frequency-tagged EEG. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(11), 5726-5732, 2020.
74. Brainard DH. The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433–436, 1997.
 75. Pelli DG. The VideoToolbox software for visual psycho-physics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437–442, 1997.
 76. Kleiner M, Brainard D, Pelli D. What's new in Psychtoolbox-3?, 2007.
 77. BrainVision Analyzer (Version 2.2.2) [Software]. Gilching, Germany: Brain Products GmbH, 2021.
 78. The MathWorks Inc. MATLAB version: 9.13.0 (R2021b), Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc, 2021.
 79. Delorme A, Makeig S. EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics, *Journal of Neuroscience Methods* 134:9-21, 2004.
 80. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.
 81. Chochon F, Cohen L, Van De Moortele PF, Dehaene S. Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing. *Journal of cognitive neuroscience*, 11(6), 617-630, 1999.
 82. Ansari D. Does the parietal cortex distinguish between “10,” “ten,” and ten dots?. *Neuron*, 53(2), 165-167, 2007.
 83. Kadosh RC, Kadosh KC, Kaas A, Henik A, Goebel R. Notation-dependent and-independent representations of numbers in the parietal lobes. *Neuron*, 53(2), 307-314, 2007.
 84. Başar-Eroglu C, Başar E, Demiralp T, Schürmann M. P300-response: possible psychophysiological correlates in delta and theta frequency channels. A review. *International journal of psychophysiology*, 13(2), 161-179, 1992.
 85. Ergen M, Marbach S, Brand A, Başar-Eroğlu C, Demiralp T. P3 and delta band responses in visual oddball paradigm in schizophrenia. *Neuroscience letters*, 440(3), 304-308, 2008.
 86. Aktürk T, de Graaf TA, Erdal F, Sack AT, Güntekin B. Oscillatory delta and theta frequencies differentially support multiple items encoding to optimize

- memory performance during the digit span task. *NeuroImage*, 263, 119650, 2022.
87. Goodman MS, Kumar S, Zomorodi R, Ghazala Z, Cheam AS, Barr MS, ... Rajji TK. Theta-gamma coupling and working memory in Alzheimer's dementia and mild cognitive impairment. *Frontiers in aging neuroscience*, 10, 101, 2018.
88. Herweg NA, Solomon EA, Kahana MJ. Theta oscillations in human memory. *Trends in cognitive sciences*, 24(3), 208-227, 2020.
89. Lisman JE, Jensen O. The theta-gamma neural code. *Neuron*, 77(6), 1002-1016, 2013.
90. Hyde DC, Spelke ES. All numbers are not equal: an electrophysiological investigation of small and large number representations. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(6), 1039-1053, 2009.
91. Hyde DC, Spelke ES. Spatiotemporal dynamics of processing nonsymbolic number: An event-related potential source localization study. *Human brain mapping*, 33(9), 2189-2203, 2012.
92. Hyde DC. Two systems of non-symbolic numerical cognition. *Frontiers in human neuroscience*, 5, 150, 2011.
93. Nan Y, Knösche TR, Luo YJ. Counting in everyday life: Discrimination and enumeration. *Neuropsychologia*, 44(7), 1103-1113, 2006.
94. Pagano S, Mazza V. Individuation of multiple targets during visual enumeration: New insights from electrophysiology. *Neuropsychologia*, 50(5), 754-761, 2012.
95. Pagano S, Mazza V. Multiple object individuation during numerical S troop. *Psychophysiology*, 50(3), 292-296, 2013.
96. Kutter EF, Dehnen G, Borger V, Surges R, Mormann F, Nieder A. Distinct neuronal representation of small and large numbers in the human medial temporal lobe. *Nature Human Behaviour*, 1-10, 2023.
97. Vigneau M, Beaucousin V, Hervé PY, Duffau H, Crivello F, Houde O, ..., Tzourio-Mazoyer N. Meta-analyzing left hemisphere language areas: phonology, semantics, and sentence processing. *Neuroimage*, 30(4), 1414-1432, 2006.

98. Herweg NA, Solomon EA, Kahana MJ. Theta oscillations in human memory. *Trends in cognitive sciences*, 24(3), 208-227, 2020.
99. Peylo C, Hilla Y, Sauseng P. Cause or consequence? Alpha oscillations in visuospatial attention. *Trends in Neurosciences*, 44(9), 705-713, 2021.
100. Gebuis T, Reynvoet B. The interplay between nonsymbolic number and its continuous visual properties. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 642, 2012.
101. Guillaume M, Schiltz C, Van Rinsveld A. NASCO: A new method and program to generate dot arrays for non-symbolic number comparison tasks. *Journal of Numerical Cognition*, 6(1), 129-147, 2020.
102. Gebuis T, Reynvoet B. Generating nonsymbolic number stimuli. *Behavior research methods*, 43, 981-986, 2011.

11. ETİK KURUL ONAYI

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

Sayı : E-10840098-772.02-6798
Konu: Etik Kurulu Kararı

11/11/2022

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Nesne Temelli Sayı Algısının Elektrofizyolojisi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	FURKAN ERDAL			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Sinirbilim Yüksek Lisans			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	İstanbul			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden F14D297FXC kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Sa



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	Karar No:966	Tarih: 10/11/2022				
	Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna “ oybirliği ” ile karar verilmiştir.					

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

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ	Tıp Tarihi ve Etik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	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 HACIHASANOĞLU 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 Pakize YİĞİT	Sayısal Yöntemler/ Biyoistatistik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	Katılmadı

* :Toplantıda Bulunma

Girişimsel Olmayan Etik Kurulu Sekreteri
Bilge KAYA

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden F14D297FXC kodu ile doğrulayabilirsiniz.