



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**VESTİBÜLER UYARIMLARIN SANAL GERÇEKLİK TABANLI
BEDENSEL BENLİK BİLİNCİ ÜZERİNE ETKİSİ**

HANDAN YAMAN

SİNİRBİLİM ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. LÜTFÜ HANOĞLU

İSTANBUL – 2022

TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi
Programın Seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ()
Anabilim Dalı : Sinirbilim
Tez Sahibi : Handan YAMAN
Tez Başlığı : Vestibüler Uyarımların Sanal Gerçeklik Tabanlı Bedensel Benlik
Bilinci Üzerine Etkisi
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Yerleşkesi
Sınav Tarihi : 12.01.2022

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

Danışman

Prof.Dr. Lütfü HANOĞLU

Kurumu

İstanbul Medipol Üniversitesi

İmza

Sınav Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Mustafa B.ŞERBETÇİOĞLU İstanbul Medipol Üniversitesi

Prof.Dr. Betül YALÇINER

Okan Üniversitesi

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

Prof.Dr. Neslin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

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

Handan YAMAN



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca benimle engin bilgi ve tecrübelerini paylaşan, bilimsel yolculuğum sırasında motivasyonumu her zaman yüksek seviyelerde tutan saygıdeğer tez danışman hocam Sayın Prof. Dr. Lütfü HANOĞLU'na,

Lisans eğilimim ve çalışma hayatıma yol çizerek, hem akademik hem mesleki anlamda bana yol gösteren saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Bülent ŞERBETÇİOĞLU'na,

İş hayatımda birlikte çalışmaktan onur duyduğum, lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren ve hayatımda benim için her zaman en iyisinin olmasını istediğini bildiğim saygıdeğer hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Oğuz YILMAZ'a,

Tez sürecimi şekillendirmede bana en içten katkıları sunan, desteklerini her zaman hissettiğim ve tez yazım sürecimde yardımlarını hiçbir zaman esirgemediğini gösteren kıymetli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Farzın HAJEBRAHİMİ ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Miray BUDAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Sinirbilim serüvenimde kısa sürede yoğun ve keyifli arkadaşlık bağları kurduğum;

Lisans ve Yüksek Lisans sürecim boyunca zaman zaman aynı ortamlarda bulunmuş olmamıza rağmen kendisini geç fakat yoğun bir şekilde tanıma fırsatına sahip olduğum, hayat akışımda değerli noktalara sahip olan ve aynı zamanda tez sürecimi ilerletmemde ve bu süreci sonlandırmamda önemli bir yeri bulunan Suat YILMAZ'a,

Birlikte gülüp birlikte ağladığım, yeri geldiğinde ağlarken güldüğüm, "sana geliyorum"larımı asla geri çevirmeyen, kendisiyle dinamik bir arkadaşlık ilişkisi kurmaktan çok keyif aldığım ve hep böyle devam etmesini istediğim, tez deneyimin ilk katılımcısı olarak bu anlamda en çok katkıyı kendisinden gördüğüm Seda AVCI'ya

Düşünce yapımızın gün geçtikçe daha fazla benzediğini gördükçe daha yoğun bir arkadaşlık ilişkisi kurduğum, yardımsever kişiliği hakkında hiçbir zaman şüphe duymadığım ve tezimi her erteleme düşüncemde beni "düzeleceğiz mottosuyla" yeniden yüreklendiren Fatma AYDIN'a

Birlikte olduğumuzda gülmediğim bir anım olmayan, çalışma şekline her zaman büyük bir saygı duyduğum, tez sürecimi birlikte yürütürken bana verdiği tavsiyeler ve sağladığı katkılar ile bu sürecimi daha az sıkıntı ile geçirmemi sağlayan Halime AVUNÇ'a

Espri anlayışına hayran olduğum, HOMER analizini öğrenme sürecime olan desteğiyle beni yalnız bırakmayan, bu dönemde karşılaştığım sorunlarda kendisinin yoğun programına rağmen bana içten bir destek gösteren Mevhibe SARICAOĞLU'na,

Müzik ve film üzerine saatlerce konuşabileceğim, birlikte başladığımız yüksek lisans eğitimimizde şu an Milano'da olsa bile uzak mesafelerden desteğini ve yardımsever tavrını bir an olsun eksiltmeyen Harun YIRIKOĞULLARI'na,

Kahve sohbetlerimizde hayata dair sorgulamalarımı sevecen bir tavırla cevaplayan ve bu konuda benim her zaman daha iyi hissetmem amacıyla verdiği tavsiyeleri için Sena PARLATAN'a çokça teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Üniversite hayatımın ilk günlerinden itibaren yanımda olan, beni her zaman sabırla ve yargılamadan dinlediğini bildiğim, yıllardır birlikte çokça değerli anlarımız olan ve bundan sonra da olacağına emin olduğum canım arkadaşım Miray CEYHAN'a

Gerek iş ve gerek eğitim sürecimizde birlikte olduğumuz, yoğun klinik günlerimizde bile tez sürecimde gerçek desteklerini her zaman hissettiğim sevgili iş arkadaşlarım Berna Özge MUTLU ve Oğulcan GÜNDOĞDU'ya,

Tez sürecimde kendilerini tanımaktan çok keyif aldığım, sanal gerçeklik laboratuvarımızdaki deneylerime başladığım andan itibaren farklı bakış açıları ile bu sürecimi değerli kılan, bu sürede dinamik enerjileriyle motivasyonumu yükselten değerli arkadaşlarım Selin AKÇAY ve Ecem Nur DEMİRAL'a,

Tez sürecim boyunca sorularıma karşı açıklayıcı mailleri ile yardımlarını gösteren, bu süre boyunca kendilerinden önemli bilgiler edindiğim, farklı ülkelerden tezimi oluşturma sürecimde kritik değere sahip olan değerli NirX ekibine,

Zorlu deney sürecime gösterdikleri sabırları ve yardımsever tavırları ile çalışmama dâhil olmayı kabul eden tüm katılımcılarıma,

1002 projesi (Proje No: 221S984) kapsamında bu tezi desteklediği için TÜBİTAK'a,

Ve son olarak, uzun yıllardır uzak mesafelere rağmen duygularını her zaman en yakından hissettiğim, üzerimdeki desteklerini bir an olsun bile esirgemeyen ve hayatımın her zaman en değerli bölümü olan canım annem, babam, ablam ve abime

sonsuz teşekkür ederim...

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
RESİMLER LİSTESİ	ix
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Bilinçli Zihin	5
4.1.1. Bedensel benlik bilinci.....	6
4.1.2. Beden sahipliği ve öz konumlandırma.....	7
4.1.2.1. Tam vücut yanılsamaları	9
4.1.2.2. Otokopik fenomenler	10
4.1.2.3. İnversiyon yanılsaması.....	12
4.1.2.4. Yerleşik benlik	14
4.2. Vestibüler Sistem Mekanizmaları	14
4.2.1. Periferal vestibüler mekanizmalar	14
4.2.2. Merkezi vestibüler mekanizmalar.....	16
4.2.3. Yapay vestibüler uyarımlar ve benlik bilinci ilişkisi	20
4.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri	24
5. MATERYAL VE METOT	25
5.1. Araştırmanın Türü	25
5.2. Katılımcılar.....	25

5.3. Veri Toplama Araçları.....	26
5.3.1. Siber hastalık duyarlılık ölçeği	27
5.3.2. Sanal gerçeklik ortamı	27
5.3.3. Transkraniyel doğru akım uyarımı (tDCS):.....	30
5.3.4. Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS):.....	31
5.4. Süreç ve Deney Protokolü	37
5.5. NIRS Verilerinin Analizi.....	39
6. BULGULAR	41
6.1. Demografik Veriler	41
6.2. Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi (fNIRS)'ye Ait Bulgular	42
6.2.1. Uygulamalara ait fNIRS sonuçlarının görevler içi karşılaştırması	42
6.2.1.1. Vestibüler Stimulasyon Bulunmayan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	42
6.2.1.2. rTPJ seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması.....	45
6.2.1.3. Mastoid seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması.....	48
6.2.1.4. Sham oturumunda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	51
7. TARTIŞMA	59
8. SONUÇ.....	67
9. KAYNAKLAR	68
10. EKLER.....	86
11. ETİK KURUL ONAYI.....	88
12. ÖZGEÇMİŞ.....	92

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
BA	: Broadmann Bölgesi
EEG	: Elektroensefalogram
fMRI	: İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme
fNIRS	: İşlevsel Yakın Kızılötesi Spektroskopi
GVU	: Galvanik Vestibüler Uyarım
HbO	: Oksijenlenmiş Hemoglobin
HbR	: Deoksijenlenmiş Hemoglobin
HRF	: Hemoglobin Yanıt Fonksiyonu
Hz	: Hertz
mA	: Miliamper
MANOVA	: Çok Değişkenli Varyans Analizi
MATLAB	: Matrix Laboratory
mosm/l	: miliosmol/litre
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
NaCl	: Sodyum Klorür
NIRS	: Yakın Kızılötesi Spektroskopi
Ort	: Ortalama
PET	: Pozitron Emisyon Tomografi
PIVC	: Parieto-İnsular Vestibüler Korteks
rTPJ	: Sağ Temporo-Parietal Bileşke
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
SS	: Standart Sapma
tDCS	: Transkraniyel Direkt Akım Uyarımı
TPJ	: Temporo-Parietal Bileşke

TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.3.2.1. Sanal Gerçeklik ortamındaki görevlerin açıklamaları.....	28
Tablo 5.3.4.1. Çalışmada kullanılan kanalların karşılık geldiği optod konumları, Brodmann Alanları ve beyin bölgeleri	34
Tablo 6.1.1. Katılımcıların demografik özellikleri	41
Tablo 6.2.1.1.1. Vestibüler stimülasyon bulunmayan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	44
Tablo 6.2.1.2.1. rTPJ seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	47
Tablo 6.2.1.3.1. Mastoid seviyedeki vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	50
Tablo 6.2.1.4.1. Sham oturumunda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması	53
Tablo 6.2.2.1. Durumlara göre uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri farklarının karşılaştırması	54
Tablo 6.3.1. Katılımcıların hedefe ulaştıkları anda buldukları konumların karşılaştırması	57
Tablo 6.4.1. Katılımcıların oturumlar arası hedefi tamamlama sürelerinin karşılaştırılması	58

RESİMLER LİSTESİ

Resim 4.2.3.1.1. Galvanik Vestibüler Uyarım mekanizmasının şematik gösterimi.....	23
Resim 5.3.2.1. Katılımcıların 4 farklı görevi gerçekleştireceği animasyon konumları.....	29
Resim 5.3.4.1. Kaynak, alıcı ve kanalların yerleşimi	33
Resim 5.3.4.2. Kanallara ait sinyal kalitesi	35
Resim 5.3.4.3. Sanal Gerçeklik Gözlüğü ve fNIRS cihazının montajı	36
Resim 6.2.1.1.1. Vestibüler stimülasyon bulunmayan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri	43
Resim 6.2.1.2.1. rTPJ seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri	46
Resim 6.2.1.3.1. Mastoid seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri	49
Resim 6.2.1.4.1. Sham oturumunda 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri.....	52
Resim 6.2.2.1. 8 farklı duruma göre 11. Kanalda uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri	55
Resim 6.2.2.2. 8 farklı duruma göre 12. Kanalda uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri	56

1. ÖZET

VESTİBÜLER UYARIMLARIN SANAL GERÇEKLİK TABANLI BEDENSEL BENLİK BİLİNCİ ÜZERİNE ETKİSİ

Bilinç klasik olarak uyanıklık ve farkındalık biçiminde tarif edilir. Damasio, bilinçliliğin ortaya çıkabilmesi için bu değişimin yeterli olmadığını, temel bir elemanın eksik kaldığını, bunun da “self” olduğunu iddia etmektedir. Bilincin nörobiyolojik mekanizmalarını incelemeye yönelik nörobilimsel çabalara rağmen, öz-bilinç kavramı daha az ilgi görmüştür ve birçok bilim adamı tarafından sinirbilimsel deneylerle yaklaşılmaz olarak kabul edilmiştir. William James, Maurice Merleau-Ponty ve James Gibson gibi bilim insanları ve filozoflar bedensel algı ve bedensel deneyimle ilgili psikolojik, fizyolojik ve sinirsel mekanizmaların araştırılmasının, öz-bilinç anlayışı için çok önemli olabileceğini öne sürmüştür. Çalışmada; sağlıklı bireylerde bedensel benlik-bilincinin ortaya çıkmasında, merkezi ve periferik sistem mekanizmalarının yapay vestibular uyarımı ile katılımcıların sanal gerçeklik ortamındaki performansları, fNIRS sistemi ile beyin hemodinamik yanıtları incelenerek literatürdeki belirsizliklerin aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmanın, sağ temporo-parietal bileşke ve iç kulaktaki periferik vestibüler organların vestibüler işleme özelliklerinin bedensel benlik-bilinci üzerindeki etkileri beyin hemodinamik aktiviteleri ile kıyaslanarak, vestibüler stimülasyonun merkezi ve periferik sistemlerinin tam beden sahipliği üzerine etkisini araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: benlik, FNIRS, nöromodülasyon, vestibüler sistem

2. ABSTRACT

THE EFFECTS OF VESTIBULAR STIMULATIONS ON VIRTUAL REALITY-BASED BODILY SELF-CONSCIOUSNESS

Consciousness is classically described as alertness and awareness. Damasio claims that this change is not enough for consciousness to emerge, that a basic element is missing, which is the "self". Despite neuroscientific efforts to study the neurobiological mechanisms of consciousness, the concept of self-consciousness has received less attention and has been considered by many scientists to be unapproachable by neuroscientific experiments. Scientists and philosophers such as William James, Maurice Merleau-Ponty, and James Gibson have suggested that the investigation of the psychological, physiological, and neural mechanisms involved in bodily perception and bodily experience may be crucial to understanding self-consciousness. In this study; In the emergence of bodily self-consciousness in healthy individuals, it is aimed to illuminate the uncertainties in the literature by examining the performances of the participants in the virtual reality environment with the electrical stimulation of the central and peripheral system mechanisms, and the brain hemodynamic responses with the fNIRS system. Therefore, the effect of this study on full-body ownership of the central and peripheral systems of vestibular stimulation was investigated by comparing the effects of vestibular processing properties of peripheral vestibular organs in the right temporo-parietal junction and inner ear on bodily self-consciousness with the hemodynamic activities of the brain.

Keywords: FNIRS, neuromodulation, self, vestibular system

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Beden mülkiyeti, bedenimizin ve parçalarının bize ait olduğu ani ve sürekli deneyim ile tanımlanırken, öz lokalizasyon, benliğin vücudun uzaydaki belirli bir pozisyonda lokalize olduğu deneyim olarak tanımlanır. Kişinin kendini konumlandırma ve kendi beden sahipliği sorunu, insanların mekânsal bilgiyi nasıl kodladığı ile yakından ilişkilidir. Normal koşullar altında, öz lokalizasyon ve beden mülkiyeti vücut merkezli referans çerçevesiyle yakından bağlantılıdır, ancak bu ilişki nörolojik hastalarda kendiliğinden ve sağlıklı deneklerde deneysel yöntemlerle anormal öz-bilinç durumlarına yol açabilir. Kişinin kendi eylemlerinin aracısı olma duygusu, benlik duygusunun önemli bir başka yönüdür. Ajans kavramı kişinin kendi istemli eylemlerini başlattığı, yürüttüğü ve kontrol ettiği hissi ajansı, öz beden ve kendini diğerlerinde ayırmanın bir başka önemli yönü olarak tanımlanmıştır (1–3). Çalışmalarda, fiziksel bir eylem ve bu eylemden gelen görsel geri bildirim arasında mekânsal veya zamansal bir sapma ortaya çıkmıştır (4,5). Bu çalışmalar, hareketin kendine ilişkin tutarsızlık derecesini ölçmüştür. Ajans, belirli duyu alanlardaki aktivitenin bastırılmasının yanı sıra, ventral premotor korteks, yardımcı motor alan, serebellum, dorsolateral prefrontal korteks, posterior parietal korteks, posterior superior temporal sulkus, açısız girus, ve insula gibi geniş bir ağdaki aktiviteye de bağlıdır (6–8).

fNIRS, önceki çalışmalarda görsel ve vestibüler entegrasyonu incelemek için kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar, çok kanallı bir NIRS sistemi kullanarak görsel, vestibüler ve somatosensoryel girdiler arasında duyu bir çatışma durumu yaratabilen bilgisayarlı dinamik posturografide postural dengenin kontrolü sırasında hemodinamik aktiviteyi araştırmıştır (9–11). Bu çalışmalar ile, supramarginal girus (SMG) ve superior temporal girus (STG), premotor korteks ve süplamanter motor alanı içeren temporo-parietal bileşkenin bilgisayarlı dinamik posturografi sırasında görsel ve vestibüler entegrasyon ve postural kontrolde rol oynayabileceğini öne sürülmüştür.

Transkraniyel doğru akım uyarımı kullanılan çalışmalarda, sağ temporo-parietal bileşkenin stimülasyonunun benlik ve diğer perspektif arasında geçiş yapma yeteneğinin arttığını ortaya koyulmaktadır (12,13). Vestibüler sinyallerin vücut yapılanması ve vücut sahipliği üzerindeki etkisini araştırmak için, periferik vestibüler

sistemlerin yapay stimülasyonları kalorik ve galvanik vestibüler stimülasyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir (14). Benlik ve vücut yerleşimi arasındaki bu uzamsal ayrışma, vestibüler yanılsamaların sıklıkla semptomlar ile ilişkili olduğu otoskopik fenomenleri olan hastalarda, multisensöriyel uyuşmazlık ve sanal gerçeklik kullanan sağlıklı kişilerde görülebileceği için kısmi bedenden ayrılma durumu yaratabilmektedir (15). Bu gözlem, vestibüler korteksin, temporo-parietal bileşke ve temporo-okspital korteks gibi yapılarla örtüşen galvanik vestibüler uyarımların aktivasyonu ile desteklenir. Bu doğrultuda çalışmamızda, sağlıklı deneklerde vestibüler stimülasyonların gerçekleştirilmesinin, multisensöriyel vücut bilgilerinin entegrasyonunu modüle etmek ve bedensel benlik bilincinin yapılanmasının sinirsel temelini araştırmanın etkili bir yolu olacağına inanıyoruz.

Bu çalışmanın genel amacı, beden bilinci ile kişilerin kendini konumlandırma algısı arasındaki ilişkiyi nörogörüntüleme yoluyla incelemek ve vestibüler sistem üzerine sağlanacak olan yapay vestibüler uyarımların beden sahipliğinin öz lokasyon algısını şekillendirmede önemli bir rol oynadığı hipotezini incelemektir. Sağ temporoparital bileşke ve mastoid seviyelerde yapay vestibüler uyarım sağlanması kişide artan bedensel benlik bilincinin oluşumuna katkı sağlaması beklenmektedir. Bununla birlikte yapay vestibüler uyarımın sağ temporo-poarietal bileşke seviyesinden sağlanması sonrasında, katılımcıların farklı görevlerde hedef doğrusalığından daha fazla sapmış ve daha zor tamamlananmış bir performans beklenmektedir. Bunun için katılımcıların elektriksel uyarımların etkisiyle kortikal bölgelerin aktivasyonunun nörogörüntüleme yöntemi ile ortaya koyulmasında fNIRS sistemlerini kullanarak sanal gerçeklik ortamı içinde belirlenen görevler esnasında kortikal hemodinamik aktiviteleri araştırmayı amaçladık.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Bilinçli Zihin

Bilinçli bir zihin üretme süreci milyonlarca yıl süren biyolojik evrim boyunca eklenip silinen beyin düzeneklerinin sonucuyla oluşmuştur. Bu karmaşık yapı tek bir düzenek ile açıklanamaz ve bu nedenle kapsamlı bir açıklama yapılabilmesi için bilincin farklı parçalarının ayrı ayrı ele alınması ve her birinin değerlendirilmesi gereklidir. Damasio, bilinçliliğin ortaya çıkabilmesi için, temel bir elemanın eksik kaldığını, bunun da “ben” (self) olduğunu iddia etmektedir. Benliğin özü zihnin içinde bulunduğu maddi bir organizmaya odaklanmasıdır. Damasio kendi bilinç tanımını şöyle vermektedir; “uyanık olmak, işlemekte olan bir zihne sahip olmak ve bu zihnin içerisinde indirgenmemiş, otomatik, başrol oyuncusu olarak deneyimleyen bir ben hissine sahip olmak” (16).

Bedenin insan bilinçli deneyimini nasıl şekillendirdiği eski ve tartışmalı bir felsefi tartışmalı olsa da, son teoriler, tutarlı bir benlik duygusu deneyimi ve dolayısıyla genel olarak benlik bilinci için duyusal ve motor bedensel sinyallerin önemi üzerinde birleşir (3,17–20). Bebeklerde öz-bilincin ortaya çıkması bile, onların intermodal uyumu aşamalı olarak tespit etme yetenekleriyle bağlantılı olduğu ileri sürülmüştür (21,22) Bir bedensel benliğin tasavvuru, klinik araştırmanın yanında, psikoloji ve bilişsel sinirbilimde deneysel araştırmaların yanı sıra felsefe ve sinirbilimi bütünleştiren disiplinler arası projeler için geniş ve heyecan verici bir yol açmıştır. Bu alanlardaki deneyler tipik olarak katılımcılara vücutlarının belirli yönleri hakkında çelişkili bilgiler sağlamış ve bunun vücudun ve benliğin örtülü ve açık yönlerini nasıl etkilediğini değerlendirmiştir.

Benliğin aşamalı olarak geliştiği öne sürülür. En basit olan aşama ilkben olarak adlandırılan, beynin organizmayı temsil eden parçasından çıkar. İlkben, beden nispeten kararlı yönlerini tarif edip canlı beden için ilkel hisler üreten imge koleksiyonlarından oluşmaktadır. İkinci aşama organizma ve bilinecek nesneyi temsil eden beyin parçası arasında ilişki kurulmasının sonucu ortaya çıkan çekirdek benliktir. Üçüncü aşama, önceden yaşanmış deneyimler veya önceden beklenen gelecek olarak kaydedilen, çok sayıda nesnenin ilkbenle etkileşime girip yine çok sayıda çekirdek

benlik izi üretmesini sağlar. Bunun sonucu otobiyografik benlik olarak karşımıza çıkar.

Benlik bilinçleri doğal seçimle ilerlemiş ve evrim akışında yerini korumuştur. İlk aşamalarda, benlik süreci ilkben düzeyinde sınırlı kalmış, evrimin sonraki adımlarında benliğin daha karmaşık düzeyleri olan çekirdek benlik ve sonraki benlik aşamaları zihin içinde öznelliğini üretmeye başlamış ve bilinç kavramını oluşturmuştur. Evrimsel süreç benlik bilgisinin yarattığı baskılarla zenginleşmiş ve hızlanmış olarak devam etmiştir. Süregelen dijital devrim, kültürel bilgilerin küreselleşmesi ve empati çağının mevcudiyeti zihin ve benlik üzerinde yapısal değişikliklere yol açabilir yani zihin ve benliği şekillendiren beyin süreçleri değişebilir (16).

4.1.1. Bedensel benlik bilinci

Beden sahipliği bilinci, kendi fiziksel benliğimizin bir parçası olanla dış dünyanın bir parçası olan arasında ayırım yapmamızı sağlar; bu duyu hayatta kalmak için temeldir ve insan öz-bilincinin temel bir yönünü oluşturur (3,23). Beden sahibi olma duygusu, görsel, dokunsal, vestibüler, proprioseptif ve diğer bedensel sinyallerin kişinin kendi bedenine ilişkin tutarlı bir multisensöriyel deneyime dinamik entegrasyonundan doğar (24). Multisensöriyel bilginin entegrasyonu sadece beden sahipliği bilincine katkıda bulunmaz, aynı zamanda kişinin kendi lokalizasyonu algısında da önemli bir rol oynamaktadır.

Bilincin nörobiyolojik mekanizmalarını incelemeye yönelik nörobilimsel çabalara rağmen, ben bilinci kavramı daha az ilgi görmüş ve birçok bilim insanı tarafından sinirbilimsel deneylerle yaklaşılmaz olarak kabul edilmiştir. William James, Maurice Merleau-Ponty ve James Gibson gibi bilim insanları ve filozoflar bedensel algı ve bedensel deneyimle ilgili psikolojik, fizyolojik ve sinirsel mekanizmaların araştırılmasının, öz-bilinç anlayışı için çok önemli olabileceğini öne sürmüştür (1,19,25).

Merkezi sinir sisteminin vücudu dinamik olarak nasıl temsil ettiği ve bedensel sinyallerin entegre edilmesinin bir benlik ve benlik bilinci duygusuna nasıl yol açtığı

konusunda hem teorik hem de deneysel olarak artan bir ilgi vardır (18,19,26–29). Dil ve biliş gibi üst düzey unsurlardan bağımsız olduğu düşünülen “bedensel benlik” tartışması, çeşitli teorik görüşlerde önemli bir rol oynamıştır (19,25,26,30–32). Bedensel sinyallerin çok boyutlu entegrasyonunun, bedensel bir benlik duygusunun temelini oluşturduğu varsayımı psikoloji ve bilişsel sinirbilimin yanı sıra felsefe ve sinirbilimi birleştiren disiplinlerarası çalışmaların geniş ve heyecan verici bir deneysel yolunu açmıştır. Son zamanlardaki felsefi ve nörolojik teoriler, bu tür bedensel deneyimlerin ve bedensel bilginin işlenmesinin, kapsamlı bir nörobiyolojik kendilik bilinci modelinin geliştirilmesi için umut verici bir yaklaşım olarak görmektedir (27,28,33). Yine de, genel olarak bedensel deneyimlerin bilimsel olarak incelenmesi ve öz-ilişkilendirme/beden sahipliği ve kendini yerelleştirme/düzenlemenin daha spesifik olarak, zor olduğu düşünülmüş ve sinirbilimsel benlik ve öz-bilinç modelleri göz önüne alındığında hak ettikleri dikkati almamıştır.

Benlik, ayrı vücut parçalarının çoklu temsili olarak değil, tek ve tutarlı bir bütün beden temsili olarak deneyimlenir. Bedenin tek bir bölümü üzerine yapılan çalışmalar, sadece bir vücut kısmının sahipliğini veya bir vücut kısmından bütün bedensel benliğin ilişkisini araştırmıştır. Bu çalışmalar, bedensel bilincin temel fenomenolojik bir yönü olduğu öne sürülen öz lokalizasyonu ve bedensel yapılanma gibi tüm bedensel benlik-bilincini araştırmamıştır (1,19,25,28) Bazı yazarlar, vücut parçası yanılsamaları üzerine yapılan araştırmaların, bir bütün olarak bir bedenle kendini tanımlama, öz konumlandırma ve birinci şahıs perspektifi gibi bedensel benliğin bütünsel yönlerinin mekanizmalarını anlayamadığını iddia etmiştir (15,18,26).

4.1.2. Beden sahipliği ve öz konumlandırma

Beden mülkiyeti, bedenimizin ve parçalarının bize ait olduğu ani ve sürekli deneyim ile tanımlanırken, öz lokalizasyon, benliğin vücudun uzaydaki belirli bir pozisyonda lokalize olduğu deneyim olarak tanımlanır. Kişinin kendi lokalizasyonu ve kendi beden sahipliği sorunu, insanların mekânsal bilgiyi nasıl kodladığı ile yakından ilişkilidir. Normal koşullar altında, öz lokalizasyon ve beden mülkiyeti vücut merkezli referans çerçevesiyle yakından bağlantılıdır, ancak bu ilişki nörolojik

hastalarda kendiliğinden ve sağlıklı deneklerde deneysel yöntemlerle anormal öz-bilinç durumlarına yol açabilir. Kişinin kendi eylemlerinin aracısı olma duygusu, benlik duygusunun önemli bir başka yönüdür. Kişinin kendi istemli eylemlerini başlattığı, yürüttüğü ve kontrol ettiği hissi ajans kavramını, öz beden ve kendini diğerlerinde ayırmanın bir başka önemli yönü olarak tanımlanmıştır (1–3). Ajans duygusunun deneysel incelemeleri 1960'larda Nielsen tarafından yapılan bir çalışma ile başlamıştır. Bu ve takip eden çalışmalarda, fiziksel bir eylem ve bu eylemden gelen görsel geri bildirim arasında mekânsal veya zamansal bir sapma ortaya çıkmıştır (4,5). Bu çalışmalar, hareketin kendine ilişkin tutarsızlık derecesini ölçmüştür. Ajans, belirli duyusal alanlardaki aktivitenin bastırılmasının yanı sıra, ventral premotor korteks, yardımcı motor alan, serebellum, dorsolateral prefrontal korteks, posterior parietal korteks, posterior superior temporal sulkus, açısız girus, ve insula gibi geniş bir ağdaki aktiviteye de bağlıdır (6–8). Ajans üzerine yapılan çalışmalar neredeyse sadece kol ve el hareketleri için ajansı araştırmış olsa da, yakın tarihli bir çalışma, hareket sırasında tam vücut takibi ve sanal gerçeklik kullanarak “tam vücut ajansı”na hitap etmiştir (34).

Vestibüler ağdaki multisensöriyel entegrasyon koşulları altında, vücut konumunun uzayda doğru bir temsilinin yanı sıra öz konumlandırma deneyimi de üretilir. Öz konumlandırma, uzayda “ben”in nerede bulunduğu dair deneyimdir ve bedensel benliğin önemli yönlerinden biridir (26). Son zamanlarda, öz konumlandırma, multisensöriyel çatışmalar kullanılarak insan davranışsal ve nörogörüntüleme çalışmalarında sistematik olarak araştırılmıştır (15,35–37). Kendimizi genellikle uzayda tek bir yerde kendi bedensel sınırlarımız içinde konumlanmış olarak deneyimlerken, anormal beden sahipliği duygusu ile ilişkili farklı hayali kendi beden algısı biçimlerinin, vestibüler ve multisensöriyel kortekslerde vücut bilgisinin entegrasyonundaki farklı anormalliklerden kaynaklandığını öne sürülmüştür. Vestibüler yanılsamalar ile beden dışı deneyimler arasında sık bir ilişki olduğunu ortaya koyan nörolojik hastalardaki bulgulara dayanarak, Blanke ve meslektaşları, bunun kişisel ve kişi dışı alandan gelen sinyallerle vestibüler sinyallerin dispoziyondan kaynaklandığını ileri sürmüştür, (26,38–40) diğer yazarlar ise, bu ayrışmanın çoğunlukla temporo-parietal bileşkedeki anormal nöral aktivitenin bir sonucu olduğunu öne sürmüşlerdir (35,39,41,42).

Elektrofizyolojik (43) ve nörogörüntüleme (44–46) çalışmaları, vestibüler korteksin sadece vestibüler bilgi değil, aynı zamanda görsel ipuçlarını, boyundan ve alt ekstremite kaslarından proprioseptif ipuçlarını ve aynı zamanda ayakların plantar yüzeyinden gelen (2v, 3av, PIVC alanları) dokunsal ipuçlarını da alan çok-duyulu bir korteks olduğunu göstermiştir. Bu etkileşimlerin, vücut hareketi ve uzaydaki vücut pozisyonu (vestibüler, proprioseptif ve görsel ipuçları temelinde), diğer vücut bölümlerine göre (proprioseptif ve görsel temele dayalı) baş ve vücut pozisyonu ve zemine göre vücut teması (dokunsal ipuçları aracılığıyla) hakkında sinyalleri entegre etmek için temel olduğuna inanılmaktadır. Öz konumlandırma ve bakış açısındaki değişiklikler, bireysel görsel alanın algılanan yönleri ile ilişkilendirilmiştir. Yani öznel bir görsel görevde, görsel bilgi vestibüler bilgiyle karşılaştırıldığında bunun ağırlıklandırılması, bedensel benliğin inşası için çeşitli duyuların bireysel olarak farklı katkılarına ileri sürmektedir (37).

4.1.2.1. Tam vücut yanılısamaları

Vücut parçası yanılısamaları üzerine yapılan araştırmaların, bir bütün olarak vücutla kendini tanımlama, uzayda kendi kendini konumlandırma ve bakış açısı gibi bedensel benliğin küresel yönlerinin mekanizmaları hakkında bilgi sağlayamadığı iddia edilmiştir. Benliğin daha bütünsel yönlerini hedefleyen çok boyutlu yanılısamaların iki ana versiyonu kullanılmıştır (47). Bunlardan biri katılımcıların üçüncü şahıs bakış açısıyla önlerinde kendi bedenlerinin veya sahte bir cismin arka görüşünü gördüğü (tam vücut yanılısaması) (15) ve birinci şahıs bakış açısıyla sahte bir vücudun görüldüğü (vücut değiş-tokuşu yanılısaması) (48) durumdur. Yapılan çalışmalarda yanılısamaların her iki versiyonunda da, sahte ve gerçek gövdenin eş zamanlı visio-taktil dokunuşu, eş zamansız dokunuşa kıyasla sanal bir gövdeyle kendi kimliğini (yani tam vücut sahipliğini) arttırmıştır. Fakat önemli olarak, sadece üçüncü bakış açısı ile öz konumda bir değişiklik oluşturduğu ileri sürülmüştür (15,36,49). Bir psikometrik yaklaşım, tam bir yanılısama kurulumunda bedensel benliğin üç bileşenini tanımlamıştır: bedensel kendini tanımlama, sanal bir ortamda bulunma hissi ile yakından bağlantılı olan mekanla ilgili kendilik algısı ve kişinin kendi istemli eylemlerini başlattığı, yürüttüğü ve kontrol ettiği duygusu olarak, bedensel benlik ve

benlik-öteki ayrımcılığının bir başka önemli yönü olan ajans duygusu (1–3,50). Yine, bu alt bileşenler farklı beyin mekanizmalarına dayanmaktadır. Birinci şahıs perspektifinden görülen sahte bir bedenle kendini tanımlama premotor bölgelerdeki aktivite ile ilişkili olsa da, öz lokalizasyon ve visio-spatial perspektifteki değişiklikler temporo-parietal bileşkedeki aktivite ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (35,51). TPJ, parieto-insular vestibüler kortekse yakın konumlanmış bir bölgedir ve vestibüler korteksin, deneyimli kendi kendine konumlanma ve görsel-uzaysal perspektifte bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Sağlıklı katılımcılardaki çeşitli bedensel yanılsamalar tarafından kanıtlandığı gibi, vücut bölümlerinin doğru bir şekilde kendine atfedilmesi ve tüm vücut ile kendini tanımlamanın multimodal bilgilerin entegrasyonuna dayandığı belirtilmiştir (15,48). Yapılan çalışmalarda sağ parieto-temporal korteks lezyonu olan bir hastanın kendisine ait olmadığını iddia ettiği sol eli, kalorik vestibüler stimülasyon, sonrasında geçici olarak normal mülkiyeti geri getirdiği, diğer bir çalışmada ise kauçuk el yanılsaması yaşayan katılımcılara galvanik vestibüler stimülasyon uygulandıktan sonra sahte ele sahip olma hissinin arttığı gösterilmiştir (52). Yazarlar, vestibüler sistem, multimodal entegrasyon ve vücut sahipliği arasındaki bu etkileşimi, temporo-parietal alanlardaki ve posterior insula'daki örtüşen kortikal alanlara bağlamışlardır. Kalorik vestibüler stimülasyon sırasında sağlıklı katılımcılardan alınan raporlar (53,54), yapay vestibüler stimülasyon veya vestibüler işlev bozuklukları ile tüm vücut sahipliğinin değişebileceğini düşündürmektedir. Bedensel benliğin daha bütünsel yönlerinde vestibüler sistemin önemi göz önüne alındığında, vestibüler stimülasyonun, bir tam vücut yanılsaması kurulumunda vücut parçası yanılsaması kurulumundan daha güçlü bir şekilde öz-lokalizasyon ve beden mülkiyetini etkileyeceği düşünülmüştür.

4.1.2.2. Otoskopik fenomenler

Tam vücut yanılsamalarına benzer şekilde, sanal bir ortama dalmış bir katılımcı, kendi konumu hakkında çelişkili çok-duyulu bilgiler alır: görsel bilgi onun sanal bir dünyada bulunduğunu gösterirken, propriyoseptif bilgi fiziksel beden ile sanal beden arasında farklı bir beden konumu olduğunu ileri sürerek gerçek dünyada bulunur. Sanal ortamlardaki zorlayıcı bir varlık hissi, katılımcıların görsel ipuçlarına

güçlü bir şekilde güvendiğini gösterir. Otoskopik fenomenler, beden sahipliğindeki çarpıcı anormalliklerle ilişkilendirilen, kişinin kendi bedeninin aldatıcı ayrışmalarıdır. Çeşitli otoskopik fenomenler tanımlanmış olmakla beraber, başlıca otoskopik fenomenler “otoskopik halüsinasyon”, “heutokopi” ve “vücut dışı deneyim”dir (38,55–58). Temporo-parietal korteks veya temporo-okcipital korteksteeki hasardan sonra ortaya çıkarlar. Bedensel ve çevreleyen alandan gelen bilginin farklı mültisensöriyel ayrışmalarından kaynaklanırlar ve bu da kişinin kendini atfetme, benlik veya öz konum dâhil olmak üzere karakteristik fenomenolojik farklılıklara yol açar (38,56,57,59,60). Bazı yazarlar, böyle bir durumda, kişinin hem gerçek hem de sanal ortamlarda aynı anda yerleştiğini belli bir dereceye kadar hissettiği bir tür çift konumluluğun mümkün olduğunu öne sürmüşlerdir (61,62), aynı zamanda “heutokopi” adı verilen bir klinik durumda da tanımlanmıştır (39,63). Bu çalışmalar, temporo-parietal bileşkedeki multimodal alanların sanal gerçeklikte değişen kendi kendine yerleştirmeye dâhil olduğu sonucuna varmaktadır.

Otoskopik fenomenlerin beden veya kişisel alandaki (çelişen dokunsal, proprioseptif, kinestetik ve görsel bilgiler nedeniyle) bir ayrışmadan ve kişisel ve kişi dışı alan arasındaki ikinci bir parçalanmadan (çelişen görsel ve vestibüler bilgiler nedeniyle) kaynaklandığını öne sürdüler. Otoskopik fenomenlerin formları arasındaki farklılıklar, esas olarak, vestibüler disfonksiyonun gücü ve tipindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Heutokopide vestibüler ve somatosensöriyel bilgi işlemedeki bozulma nedeniyle bedenlenme ve beden sahipliği bozulur. Otoskopik halüsinasyonlarda her iki bozukluk da yoktur veya daha hafiftir. Bu veriler, beden sahipliğinin beyin mekanizmalarının bağlantılı olduğunu göstermektedir. Heutokopi orta ve daha değişken bir vestibüler rahatsızlık ve herhangi bir vestibüler rahatsızlık olmaksızın otoskopik fenomenler ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, otoskopik halüsinasyonları olan hastalarda görsel halüsinasyonların yüksek sıklığı, bedensel bilgilerin yetersiz görsel işlenmesinin kişisel alanda parçalanmaya neden olan ana faktör olduğunu düşündürmektedir. Bu veriler, heutokopinin öncelikle anormal somatosensöriyel veya sensorimotor bilgi işlemeye bağlı olduğunu, oysa vücut dışı deneyimlerin anormal vestibüler bilgi işlemeye bağlı olduğunu göstermektedir. Beden sahipliği ile ilgili olarak, bu veriler görsel mekanizmalardansa somatosensöriyel ve vestibüler sinyallerin kilit öneme sahip olduğunu, göstermektedir. Bu bilgiler aynı

zamanda vestibüler mekanizmaların, bedenlemeyi kodlamada daha önemli olduğunu belirtmektedir. Yine de, mevcudiyet hissine ilişkin veriler, bazı durumlarda bedenlenme ve beden sahipliğinin birbirinden ayrılabilceğini, çünkü mevcudiyet hissini rahatsız edici beden mülkiyeti ile karakterize edildiğini ileri sürmektedir. Bu durumda, bozulmuş vücut sahipliği azalmış vestibüler ve proprioseptif işlemeden ziyade anormal sensorimotor işlemeyle ilişkilendirilmiştir. Toplu olarak, bu veriler, vestibüler ve somatosensoryel multisensory işlemin yanı sıra sensorimotor işlemin, düzenleme ve vücut sahipliği için kodlamada önemli mekanizmalar olduğunu göstermektedir.

4.1.2.3. İversiyon yanılısaması

Mikrogravitede en yaygın öz vücut yanılısaması, ilk olarak Graybiel ve Kellogg (64) tarafından tanımlanan inversiyon yanılısamasıdır (65–67). Bedenin veya odanın kişi dışı alana göre baş aşağı olduğu hissi olarak tanımlanır. Yazarlara göre oda eğim yanılısaması ve inversiyon yanılısamasının çoklu kombinasyonları meydana gelmektedir. Bu, uzayda kişisel oryantasyon ve kişi dışı oryantasyon için beyin mekanizmaları arasında bir ayrışma olduğunu gösterir:

- 1) oda varsayılan yönelimindeyken kişi baş aşağı olduğunu hisseder
- 2) oda baş aşağı iken kişi kendini dik hisseder;
- 3) kişi baş aşağı bir odada kendini baş aşağı hisseder.

Durum (i) ve (ii) geometrik olarak paradoksaldır ve bu durumlarda birçok denek, görsel sahnelerinin tersine çevrilmiş (sağlarındaki nesnelere sollarında görülür) veya ayrılmış (çevredeki nesnelere ters çevrilirken görme alanının ortasındaki nesnelere doğru konumlarında görülür) olarak görüldüğünü bildirmektedir.

Eğik oda yanılısaması, kişinin kendi vücudunu yanlış yerleştirme olmadan görsel çevrenin ani ve geçici bir eğimidir (68–70). Tipik olarak, denekler vücutlarına göre ani bir ters-aşağı dönüş (görsel alanın 180° ters çevrilmesi) veya dış dünyada 90°'lik bir eğim olduğunu bildirirler. Oda eğimi yanılısaması birkaç saniye ile saat arasında sürebilir. Beyin sapı ve vestibüloserebellar sistem lezyonu (69,71–75),

parieto-okspital ve frontal korteks lezyonları (68), periferik vestibüler bozukluklar ile ilişkili olmasına rağmen sağlıklı kişilerde de tanımlanmıştır (76,77). Bu yanılsama vestibüler otolitik ipuçlarının eksikliği veya disintegrasyonu ile ilişkilidir. Otolitik stimülasyon (69) ile uyarılabilir ve sıklıkla denekler sürüş yaparken, hareket ederken (76) veya yerçekimi çok az olduğunda (67) ortaya çıkar. Kişisel ve dışsal alan arasında bir disintegrasyon olması sonucu gözlemci ve dış alan görünüşü 180° tersine çevrilir. Oda eğimi yanılsaması durumunda, multisensöriyel vücut bilgileri kişisel alanla disintegre olmaz. Ayrıca bu yanılsama vücut yapılandırılması ve beden sahipliği bozuklukları ile ilişkili değildir. Bu yanılsamanın kortikal düzeyde görsel ve vestibüler üç boyutlu koordinat haritaları arasında geçici bir uyumsuzluk olduğu iddia edilir (70) ve vücutla ilgili bilgilerin kortikal disintegrasyonunun etkilenmesi gerektiği görülmektedir.

Eğik oda yanılsaması sırasında görsel, extra personal ve otolitik vestibüler ipuçları entegre edilemediği için, bu yanılsamanın yerçekimi yollarının sona erdiği tespit edilen parieto-insular vestibüler korteks (PIVC) ile etkileşime bağlı olduğu varsayılmış, parieto-okspital ve frontal korteksin katkısının da bulunduğu belirtilmiştir (68). Bu yanılsamada PIVC'nin, otoskopik fenomenlerden farklı olarak işlendiği varsayılır, çünkü oda eğimi yanılsaması sırasında vücut yapılanması ve vücut sahipliği patolojileri olmadan, uzayda vücut yerleşimi ile ilgili sadece anormal bir işlem söz konusudur. Nörolojik hastalarda otoskopik halüsinasyonlardan ve eğik oda yanılsamasından kaynaklanan bozulmuş vücut sahipliği ve vücut yapılanması, ayrıca sağlıklı deneklerdeki azalmış yerçekimi ve vestibüler uyarımların etkileri vücut sahipliğini ve düzeneğini kodlamada vestibüler ve multisensöriyel işlemenin önemli rolüne işaret etmektedir.

İnsanlar üzerinde yapılan elektrofizyolojik ve anatomik çalışmalarda, kalorik ve galvanik vestibüler stimülasyon sırasında fMRI ve PET kullanılmış ve vestibüler yanıtlar insüler korteks ve parietal operculum'un yanı sıra temporo-parietal bileşkenin çeşitli bölgelerinde (superior temporal gyrus, angular ve supramarjinal gyri) bulunmuştur. Diğer vestibüler aktivasyonlar, primer ve sekonder somatosensöriyel korteks, precuneus, singulat korteks, frontal korteks ve hipokampusta bulunmaktadır (44,78–84).

4.1.2.4. Yerleşik benlik

Multisensöriyel bedensel sinyalleri dinamik olarak temsil eden nöral mekanizmaların yalnızca bir benlik duygusuna değil, aynı zamanda başkaları duygusuna da yol açtığını öne sürülmektedir. Gelişmekte olan sosyal sinirbilim alanı, hem hayvanlarda hem de insanlarda, başka bir kişinin algısının, vücutla ilgili, sensorimotor nöral işlemedeki nöral aktiviteyi nasıl değiştirdiğini ve bunun tersini araştırmıştır (32,85,86). "Sensorimotor paylaşım" ve duygusal bulaşma, sensorimotor rezonans gibi ilgili mekanizmaların bireylerin başkalarının duygularını, niyetlerini ve eylemlerini anlamalarını sağladığı ve dolayısıyla sosyal işleyişimiz için temel olduğu düşünülmektedir. Bu araştırma dizisi, hem bir maymun (vücut kısmı) eylemi gerçekleştirirken hem de aynı eylemi gerçekleştiren başka birini gözlemlerken aktive olan ayna nöronlarını tanımlayan etkili bir elektrofizyolojik çalışmadan evrimleşmiştir (87,88). İnsanda ayna-nöron benzeri bir sistem, hareket ederken ve aynı eylemin başka bir kişi tarafından gerçekleştirildiğini gözlemlerken benzer beyin aktivasyonlarını ortaya çıkaran beyin görüntüleme çalışmalarına dayalı olarak önerilmiştir (89).

Yapılan bir davranışsal çalışmadan elde edilen son bulgular, başka bir kişinin tüm vücut hareketinin gözlemlenmesinin vestibüler kendi kendine hareket algısını etkileyebileceğini düşündürmektedir ve insan beyinde, hem vestibüler sinyallerle hem de yer değiştiren cisimleri gözlemleyerek aktive edilen bir dizi beyin bölgesi olan vestibüler ayna nöron sisteminin varlığına dair spekülasyonlar yapılmıştır. (32). Bununla birlikte vestibüler bölgelerin parietal kortekste bu tür etkilerin altında yatan önemli görsel-vestibüler modeller gösterdiği belirtilmiştir (90,91).

4.2. Vestibüler Sistem Mekanizmaları

4.2.1. Periferik vestibüler mekanizmalar

İç kulakta bulunan periferik vestibüler organlar, iki otolit organ ile doğrusal hareketleri ve üç yarım daire kanalı ile açısız hareketleri algılayan sensörleri içermektedir. Kişi aktif olarak başını çevirdiğinde veya başı pasif olarak hareket ettirildiğinde, baş ivmesi vestibüler organlara iletilir. Otokoninin eylemsizliğinden,

otolit organların üzerindeki küçük kalsiyum karbonat kristallerinden ve yarım daire kanallarındaki endolenfatik sıvının ataletine bağlı olarak, baş hareketleri atalet kuvvetleri yaratır ve böylelikle vestibüler duyuşal tüylü hücrelerin aktivasyonunu veya inaktivasyonunu indükler. Burada, vestibüler duyuşal tüylü hücrelerin nöral tepkilerinin, herhangi bir dış referansa göre değil, baş merkezli eylemsizlik sensörlerine göre kafa hareketlerinin yönüne bağlı olduğuna dikkat etmek önemlidir. Bu nedenle, vestibüler sistem, baş merkezli bir referans çerçevesi içerisinde mutlak baş hareketinin kodlanmasını sağlamaktadır (92). Vücut hareketini kodlamanın bu yolu, diğer duyu sistemleri tarafından yapılan hareket kodlamasından farklıdır. Görsel, somatosensöriyel ve işitsel sistem tarafından yapılan kodlamalar belirsiz olma özelliğini taşımaktadır çünkü bu duyuşal sistemler bir dış referansa göre bir vücut hareketini veya vücuda göre bir dış nesnenin hareketini algılar. Örneğin, bir görüntünün retina üzerindeki hareketi, görsel çevreye göre vücudun bir hareketi olarak veya statik bir gözlemcinin önündeki görsel sahnenin hareketi olarak yorumlanarak hareket için belirsiz bir sahiplenme duygusuna yol açar (93). Benzer şekilde, kişi ayak tabanına uygulanan basınç değişikliklerini saptarsa, bu, ya üzerinde durduğu yüzeye göre bir vücut hareketi ya da bu yüzeyin hareketi ile ilgili olabilir (94,95). Buna karşılık, bir vestibüler sinyal, başın hareket ettirildiğini veya hareket ettirildiğini gösteren durumlarda belirsizlik içermeyen bir nöral sinyaldir, böylece kişinin kendi bedeninin mi yoksa çevrenin mi hareket ettiği konusunda bir belirsizlik yoktur. Bununla birlikte, vestibüler bilginin kişinin kendi başına tüm vücudunun pasif veya aktif hareketleri arasında ayırım yapmadığına dikkat edilmelidir. Yani periferik vestibüler organlar tarafından sağlanan nöral sinyal, benliğin (aktif hareket) veya benliğin olmayan (pasif hareket) eylemin faili olup olmadığını ayırt etmemize izin vermez. Bu nedenle, periferik vestibüler sinyaller, aracılık duygusuyla ilgili olarak belirsizdir. Yine de, çeşitli vestibüler nöral yapılardaki motor etki kopyası ile karşılaştırmalar, bu tür bir ayırım yapılmasına izin verir ve bir faillik duygusu sağlar. Otolit organlar, yalnızca ileri-geri veya yukarı-aşağı doğrusal yönelimi gerçekleştiren baş hareketleri tarafından değil, aynı zamanda Dünya'nın yerçekimi tarafından da harekete geçirilmektedir. Otolit reseptörleri yerçekimi-eylemsizlik kuvvetlerine duyarlıdır ve bu nedenle beyne yerçekimine göre kafa oryantasyonu hakkında sinyaller

sağlar (96,97). Bu tür bilgiler, kişinin vücudunu dikey bir yönelimde tutması ve kendini fiziksel dünyaya yönlendirmesi açısından çok önemlidir (98).

4.2.2. Merkezi vestibüler mekanizmalar

Periferik vestibüler organlardan kortekse vestibüler bilgiyi ileten vestibulo-talamo-kortikal yollar, vestibüler duyuşal sinyalleri ileten ve işleyen çeşitli yapıları içerir. Sekizinci kranial sinir, vestibüler uç organlardan vestibüler nükleus kompleksine ve serebelluma vestibüler sinyalleri iletir (99). Vestibüler çekirdek kompleksi beyin sapında bulunur ve vestibüler sinyaller için ana aktarma istasyonudur. Vestibüler çekirdeklerden omuriliğe inen yollar, vestibulo-spinal reflekslerden ve postüral kontrolden sorumludur. Okülomotor çekirdeklere çıkan yollar göz hareketi kontrolünü desteklerken, talamusa ve ardından neokortekse çıkan yollar daha yüksek beyin fonksiyonlarına vestibüler destek sağlar. Vestibüler çekirdekler ayrıca beyin sapı ve limbik yapılarıdaki birkaç çekirdekle güçlü bir şekilde birbirine bağlıdır ve otonom işlevlerin ve duygunun kontrolünü sağlar (100,101).

Vestibüler çekirdeklerin rolü, vestibüler sinyaller için bir istasyon göreviyle kalmayıp, karmaşık duyuşal işlem, örneğin, aktif yani kendi kendine üretilen baş hareketleri ile pasif, yani dışarıdan empoze edilen baş hareketleri arasındaki ayırım, vestibüler çekirdek nöronlarında gerçekleşir (102,103). Bu işlemin ajans duygusu anlamında, özellikle de hareket sırasında tam vücut ajansında çok önemli bir rol oynaması muhtemeldir. Vestibüler çekirdek kompleksinin bir başka özelliği, vestibüler sinyallerin göz hareketi, görsel, dokunsal ve proprioseptif sinyallerle birleştikçe algısal olarak "kaybolmasına" yol açan büyük ölçüdeki multisensöriyel yakınsamadır (103–105). Yapay pasif hareketler ve patolojik rotatuar vertigo gibi durumlar hariç tutularak, aktif baş hareketleri sırasında vestibüler organlardan "açık, kolayca tanınabilir, lokalize edilebilir, bilinçli bir duyum" olmadığı için vestibüler duyu "sessiz duyu" olarak adlandırılmıştır (106).

Vestibüler işleme, 1940'larda kedi neokorteksinde ve daha sonra primat neokortekste gösterilmiş ve bugüne kadar ondan fazla vestibüler alan tanımlanmıştır (43,107,108). Makak, sincap ve marmoset maymunları üzerinde yapılan elektrofizyolojik ve anatomik çalışmalar, parieto-insular vestibüler korteks, insula ve

lateral sulkusun arka kısımlarını kapsayan bu bölgenin vestibüler girdiler tarafından yönlendirildiğini göstermiştir (109–111). PIVC, diğer vestibüler kortikal alanların çoğuyla güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu için vestibüler korteksin çekirdek bölgesi olarak kabul edilmiştir (43). Diğer vestibüler bölgeler arasında;

- birincil somatosensöriyel korteks (postcentral alanlar 2 ve 3'ün el ve boyun somatosensöriyel temsilleri (112–114),
- intraparietal sulkusun ventral ve medial alanları (115–117),
- görsel harekete duyarlı alan MST (118,119),
- frontal korteks (motor ve premotor korteks ve ön göz alanlar (120,121),
- singulat korteks (110),
- hipokampus (122)

olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular, hayvan korteksindeki vestibüler işlemenin yüksek oranda yaygın bir kortikal ağa dayandığını göstermektedir.

İnsanlarda yapılan beyin görüntüleme çalışmalarından da benzer bir sonuç çıkarılmıştır. Bu çalışmalar, kalorik ve galvanik vestibüler stimülasyon sırasında fMRI ve PET kullanmış ve insan vestibüler korteksinin hayvanlarda bulunan vestibüler bölgelerle yakından eşleştiğini ortaya koymuştur. Vestibüler tepkiler, insular korteks ve parietal operkulumun yanı sıra temporo-parietal bileşkenin çeşitli bölgelerinde (superior temporal girus, angular ve supramarginal gyus) bulunmuştur. Diğer vestibüler aktivasyonların primer ve sekonder somatosensöriyel korteks, precuneus, singulat korteks, frontal korteks ve hipokampüste yer aldığı belirtilmiştir (44,78–84).

Vestibüler sinyalleri işleyen tüm alanlar, görsel, dokunsal ve proprioseptif sinyalleri entegre eden multimodal bir alandır. PIVC'nin kortikal vestibüler ağda kilit bir rol oynadığı gösterilmiş ve açıklanan tüm diğer vestibüler bölgelere bağlanan tek vestibüler alan olduğu belirtilmiştir. PIVC ayrıca birincil somatosensöriyel korteks, premotor korteks, posterior parietal korteks ve singulat korteksten sinyaller almaktadır ve kişisel ve kişi dışı alanlardan gelen sinyalleri bütünleştirmektedir (110). Bütün bu özellikler göz önüne alındığında, PIVC'nin bedensel benliğin ve dünyaya gömülü beden tutarlı bir temsiline önemli ölçüde dâhil olması gerektiğine inanılmaktadır.

İnsanlarda, fonksiyonel beyin görüntüleme çalışmalarında kalorik ve galvanik vestibüler uyarmı kullanılmış ve arka insula ve temporo-parietal bileşke içinde ve

çevresinde aktivasyonlar gösterilmiştir (44,78,80–83). Bu aktivasyonlar ayrıca superior temporal girus, posterior ve anterior insula ve inferior parietal lobüle de uzandığından, insan PIVC'sinin tam yerinin hala tartışmalı olduğu düşünülmektedir (108). Vestibüler aktivasyonların son meta-analizleri, vestibüler korteks çekirdeğinin parietal operkulum, retroinsular korteks ve/veya posterior insulada olduğunu düşündürmektedir (123,124). Bununla birlikte yapılan diğer beyin görüntüleme çalışmaları anterior insula'yı vestibüler işlemeye dâhil etmiştir (44,45,125). İnsula, iç algısal farkındalık için çok önemlidir ve bedensel benliğin çeşitli yönlerini etkileyen vestibülo-interoseptif etkileşimler için nöral alt tabaka sağlayabileceği düşünülmektedir (126).

Vestibüler sistemin kendi kendine oryantasyon üzerindeki etkilerini araştıran daha önce bahsedilen çalışmalara ek olarak, kalorik vestibüler stimülasyon ve galvanik vestibüler stimülasyon, vestibüler sinyallerin bedensel özbilinç üzerindeki katkısını sistematik olarak araştırmak için başka bir yaklaşımdır. Bozulmuş vestibüler kortikal işleme ile birlikte beden sahipliği ve bedenlenme arasındaki yukarıdaki bağlantılar göz önüne alındığında, periferik vestibüler sinyallere müdahalenin, beden sahipliği, bedenlenme ve öz-bilincin nörobiyolojisi ile ilgili diğer öz beden bilişlerine yol açabileceği düşünülebilir.

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar, ana kortikal işleme bölgesinin parietal korteks (alan 7) ve insular kortekste olduğunu düşündürmüştür. Kahane, elektriksel uyaranla insanlarda vestibüler semptomlar yaratmış ve “temporo-peri-sylvian vestibüler korteks” olarak adlandırdığı bir bölge bulmuştur. Kahane insanlardaki bu bölgenin, primatlardaki PIVC ile iletişim halinde olduğunu düşünmüştür . Pozitron emisyon tomografisi (PET) ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ile yapılan bir başka çalışmada ise, vestibüler uyaran verildiğinde en çok sağ hemisferdeki parietal opercular bölgenin aktif olduğunu gösterilmiştir (124).

Vestibüler sinyalleri işleyen tüm alanlar multimodal olup, görsel, dokunsal ve propriyoseptif sinyalleri birleştirir. PIVC'nin kortikal vestibüler ağda önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir ve açıklanan diğer tüm vestibüler bölgelere bağlı tek vestibüler alandır. PIVC ayrıca primer somatosensoriyel korteks, premotor korteks, posterior parietal korteks ve singulat korteksten sinyaller alır ve kişisel ve ekstrapersonal

alanlardan sinyalleri birleştirir (43). Bu özellikler göz önüne alındığında, PIVC'nin bedensel benliğin ve dünyaya gömülü bedenın tutarlı bir temsiline dâhil edilmesi gerektiğine inanılmaktadır. Vestibüler sistem, öz bilincin en minimal yönleri (yani, mekânsal bir referans çerçevesindeki konum hissi) için son derece önemli görünmektedir (31,127) fakat aynı zamanda günlük yaşamdaki zengin bedensel benlik duygumuza da katkıda bulunmaktadır. PIVC, vestibüler korteksin çekirdek bölgesi olmasına rağmen, somatosensoryel korteks (3av ve 2v alanları), superior parietal korteks (alan 7), premotor (alan 6) ve singulat korteks ve hipokampus dahil olmak üzere diğer birçok alan vestibüler bilgileri kodlar. Posterior parietal kortekste başka bir vestibüler alan tanımlanmıştır ve özellikle intraparietal sulkus (82,83,128) ve superior parietal lobülde (137,138) kalorik ve galvanik vestibüler stimülasyonlar sırasında aktive edilmiştir.

Temporo-parietal bileşke (TPJ), parieto-insüler vestibüler kortekse (PIVC) yakın bir bölgedir, bu da vestibüler korteksin, öz-lokalizasyon ve visio-spatial perspektifte rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Vestibüler sinyallerin ve vestibüler korteksin sadece okülomotor ve postüral kontrole dâhil olmadığını, aynı zamanda daha üst düzey biliş katkıda bulunduğuna dair artan kanıtlar vardır. Ancak, son zamanlarda yapılan çalışmalara rağmen, insan vestibüler korteksinin kesin konumu, çeşitli algısal, duygusal ve bilişsel süreçlerdeki etkileri tartışmalıdır. Vestibüler sistemin özellikle benliğin bütünsel yönleri için, özellikle öz lokalizasyonda önemli olduğunu savunulur. Blanke ve Metzinger kendini tanımlama, kendini konumlandırma ve perspektifin bedensel bir benlik duygusu için temel olduğunu ve tam olarak bu bileşenlerin vestibüler sistemden en güçlü şekilde etkilendiğini savunmaktadır (129).

Günümüze kadar, beden sahipliği duygusuna vestibüler katkı olduğuna dair çok az kanıt bulunmaktadır. Bisiach ve diğerleri, sol elinin kendisine ait olmadığını iddia ederek somatoparafreniden muzdarip sağ temporo-parietal korteks lezyonu olan bir hastayı tanımlamıştır. Bu hastada kalorik vestibüler stimülasyon geçici olarak sol eline normal sahipliğini geri kazandırmıştır. Yazarlar, vestibüler sistem ve çok boyutlu entegrasyon ile vücut sahipliği arasındaki bu etkileşimi temporo-parietal bölgelerdeki üst üste binen kortikal alanlarla posterior insula arasında ilişkilendirmiştir. Bununla birlikte, akut vestibüler rahatsızlıkları olan hastaların raporları ve kalorik

vestibüler stimülasyon sırasında sağlıklı katılımcıların raporları, tam vücut sahipliğini yapay vestibüler stimülasyon veya vestibüler işlev bozuklukları ile de değiştirileceğini öne sürmektedir (53,54). Vestibüler sistemin bedensel benlik bilincinin daha bütünsel boyutlarındaki önemi göz önüne alındığında, vestibüler stimülasyonun, bir vücut parçası yanılması kurulumundan daha çok tam bir yanılmasında sahiplenmeyi daha güçlü etkileyeceği öngörülmektedir. Tam vücut yanılmaları, öz lokalizasyonun altında yatan mekanizmalarını incelemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (26). Bununla birlikte öz lokalizasyonda aldatıcı değişikliklere vestibüler katılım olduğunu gösteren deneysel kanıtlar bulunmaktadır.

4.2.3. Yapay vestibüler uyarılar ve benlik bilinci ilişkisi

Vestibüler sistemin, uzamsal bir referans çerçevesindeki konum duygusu gibi öz bilincin en minimal yönleri için son derece önemli görüldüğünü, ancak aynı zamanda günlük yaşamda zengin bedensel benlik duygusuna da katkıda bulunduğunu vurgulanmıştır (31,127). Periferik vestibüler yapının doğal vestibüler uyarıları (deneğin kendi vücut pozisyonunun yerçekimine göre değiştirilmesiyle) ve yapay uyarıları da (kalorik veya galvanik vestibüler stimülasyonla) vestibüler ipuçlarının vücut sahipliği ve düzenleme mekanizmaları üzerindeki etkisini araştırmak için etkili deneysel manipülasyonlar olduğu ileri sürülmüştür.

Sağlıklı deneklerde yakın zamanda yapılan bir nörogörüntüleme çalışması, temporo-parietal bileşke (TPJ) ve oksipitotemporal kortekste bedensel yapılanmanın nöral mekanizmalarının, deneğin yerçekimine göre vücut pozisyonundan önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir (130). Bu, özellikle hayal edilen öz lokalizasyonu, deneğin fiziksel vücut pozisyonuyla uyumlu olduğunda bulundu. Ek olarak, yazarlar, otoskopik halüsinasyonları olan hastalarda (131) ekstrasatriat vücut alanına (132) ve lezyon konumuna karşılık gelen, otururken sırtüstü pozisyondan daha güçlü olan lateral oksipitotemporal kortekste bir aktivasyon tanımladılar. Bu veriler ayrıca TPJ'deki ve oksipitotemporal korteksteki düzenleme, vestibüler işleme ve otoskopik fenomenler arasındaki etkileşimlere işaret eder. Vestibüler sinyallerin bedensel yapılanma ve vücut sahipliği üzerindeki etkisini araştırmak için, periferik vestibüler

sistemlerin yapay stimülasyonları, kalorik ve galvanik vestibüler stimülasyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir (14).

Öz lokalizasyon deneyimi, kişinin kendi bedeninin dış ortamdaki dokunsal veya diğer somatosensoriyel sinyallerle görsel ipuçları arasında çatışmalar yaratılarak manipüle edilebilir (15,36,47,133). Bu görsel-dokunsal çatışmalar, avatara daha yakın konumlanma algısını tetikleyebilir. fMRI kayıtları sırasında bu görsel-dokunsal çatışmaların son kullanımı, öz lokalizasyon ve görsel-uzaysal perspektifte görünen değişikliklerin, hipokampusta değil temporo-parietal bileşkedeki sinyal değişiklikleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir (35). Kişinin sahiplik ve tüm bedeninin somutlaştırılmasının nörobiyolojik mekanizmalarının açıklanması, nörobilimsel bedensel benlik-bilinci ve öznellik modellerinin geliştirilmesi için önemli olacaktır. Ve bu bulguların öz ve özbilinç üzerine felsefi teorilerle ilgili olduğu ileri sürülmüştür (25).

Vestibüler sinyallerin zihinsel beden temsillerine katkısı daha yakın zamanda Jacques Paillard tarafından fark edilmiştir. Her yerde bulunan jeotropik kısıtlamanın (örneğin vestibüler reseptörler tarafından algılanan ve kodlanan yerçekimi ivmesi), eylemlerin ve algıların görsel-motor kontrolünde kullanılan (vücut, dünya, nesne ve retina merkezli) referans çerçevelerine hâkim olduğunu ve böylece onları birbirine bağlamada çok önemli bir faktör haline geldiğini öne sürdü. Paillard'a göre, yerçekimi sinyalleri, eylem ve algıyı destekleyen çeşitli referans çerçevelerinin birleşmesine ve tutarlılık kazanmasına yardımcı olacaktır (134).

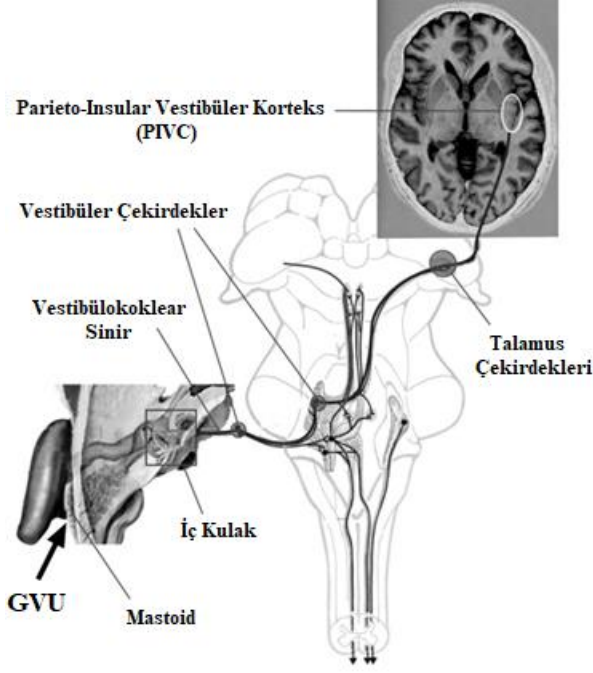
4.2.3.1. Galvanik vestibüler uyarım

"Galvanik" elektrik akımını ifade eder. Bu isim İtalyan fizyoloğu, Luigi Galvani'den gelmektedir. Galvani günlüğünde 6 Kasım 1780'de, benzer olmayan metaller tarafından üretilen bir elektrik akımı ile uyarıldığında kurbağa bacağı kaslarının kasıldığı gözlemine kaydetmiştir. Daha sonra bu konu hakkında araştırmalar başlamış ve hayvanlar ile insanlar üzerindeki deneyleri sırasında, Alessandro Volta, akımı başının üzerine uyguladığında baş dönmesini ilk bildiren kişi olmuştur. Volta'nın deneyiminden sonra Johannes Purkinje, 1820'deki tezinde kafaya uygulanan galvanik akımın dengede bir rahatsızlık yarattığını göstermiştir. Daha sonra 1871'de

psikiyatrist Edouard Hitzig, bir kişinin başından gönderilen elektrik akımının göz hareketi veya nistagmus oluşturduğunu belirtmiştir. Daha sonrasında galvanik uyarım vestibüler sistemle ilişkili olarak çeşitli çalışmalarda kullanıldı (135).

Galvanik vestibüler uyarım (GVU), bir veya her iki kulağın arkasından elektrik uyarı gönderilerek yapılmaktadır. Teknik 100 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir, ancak son yıllarda insanlarda vestibüler sistemin fonksiyonunu araştırma amacıyla kullanımda ilgi artmıştır (135). Bu uyarımın santral sinir sistemi aktivitesinde artış yarattığı düşünülmektedir (136). GVU mastoid bölge üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla elektrik akımıyla afferent vestibüler sistemi uyarır ve bu uyarılar ile vestibüler afferentlerin devamlı ateşleme seviyelerini modüle eden bir uyarı çeşididir (Resim 4.2.3.1.1.) (8). Anodal uyarım vestibüler afferent ateşleme hızında azalmaya sebep olurken, katodal uyarım ateşleme hızında artış yaratmaktadır (137).

Hayvan çalışmaları, galvanik akımların, vestibüler afferentlerin tonik ateşleme hızını, onların postsinaptik tetikleme bölgelerine yakın olan vestibüler afferentler üzerinde doğrudan etki ederek modüle ettiğini göstermiştir (137). Bu geniş tabanlı stimülasyonun öncelikle vestibüler sinir lifleri üzerinde etki ettiğine inanılmaktadır. Mastoid seviyesindeki GVU sekizinci sinire etki eder (137) ve postural dengesizliği (138), bir rotasyonel veya tilt hissi ve nistagmus ile oküler torsiyonu ortaya çıkarır (139,140). Yalnızca vestibüler sistemi seçici olarak uyarı deneysel bir vestibüler uyarı şu anda mevcut değildir.



Resim 4.2.3.1.1. Galvanik vestibüler uyarım mekanizmasının şematik gösterimi

DeneySEL vestibüler stimölasyon, kalorik irrigasyon veya galvanik stimölasyon kullanılarak elde edilir. Kalorik irrigasyon yarım daire fonksiyonunu etkilerken, galvanik stimölasyon yarım daire kanalını ve otolit fonksiyonunu etkiler. Galvanik stimölasyonun vestibüler fonksiyon üzerindeki farklı etkileri psikofizik, okülografi ve posturografi tarafından araştırılmıştır. Davranışsal çalışmalar, tüm vücut rotasyonları sırasında üretilen vestibüler sinyallerin elin yörüngesini düzeltmek için kullanıldığını göstermektedir (141). Diğer çalışmalar, vestibüler sinyallerin el hareketleri sırasında vücut şemasını sürekli olarak güncellediğini göstermektedir. Bresciani ve ark., katılımcılardan önlerinde bulunan önceden ezberlenmiş hedefleri işaret etmelerini istedi. Aynı zamanda, katılımcılar bir tarafta anot ve diğer tarafta katot ile iki taraflı galvanik vestibüler stimölasyon aldı. Veriler, elin sistematik olarak anodal stimölasyon tarafına doğru saptığını göstermektedir (142). Galvanik vestibüler stimölasyonun ön düzlemde yanıltıcı vücut yer değiştirmelerini uyandırdığı ve dolayısıyla algılanan kendi konumunu değiştirdiği bilinmektedir (143). İşaretleme hareketi sırasında el yörüngesindeki değişikliğin olası bir yorumu, vestibüler stimölasyon tarafından uyandırılan “hedef ile el arasındaki uzamsal ilişkide görünen

bir değişikliği” telafi etmesiydi (142). Böylece, vestibüler sinyaller, çevredeki nesnelere hareket etme ve etkileşim kurma şeklimizi kontrol etmek için kullanılır. Galvanik vestibüler uyarım yapılan kişi eğer ayaktaysa salınımlar, ayakta değil ise hareket yanılısamları oluşmaktadır. Ayakta olan kişide, akımın polaritesine bağlı olarak (anot/katot) farklı yönere doğru salınım gözlenir. Anodal uyarım vestibüler afferent ateşleme hızında azalmaya sebep olurken, katodal uyarım ateşleme hızında artış yaratmaktadır (137).

4.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri

Sürükleyici sanal ortamların geliştirilmesi, öz konumlandırma mekanizmalarının varlık hissi ile araştırılabileceği ve manipüle edilebileceği güçlü bir araştırma alanı başlatmıştır. “Varlık” terimi sanal gerçeklik teknolojilerinden kaynaklanmakta ve genellikle sanal ortama daldırma (orada olma) hissini ifade etmektedir. Ancak, “mevcudiyet”in daha genel ve temel bir bilinç durumunu da yansıttığı öne sürülmüştür (144). Bu nedenle mevcudiyet çalışmasının, deneysel kontrol avantajı ile öz bilinci incelemek için yararlı olanaklar sağladığı ileri sürülmüştür (145).

Tüm vücut yanılısamları benzer şekilde, sanal bir ortamda bulunan bir katılımcı, kendi konumu hakkında çelişkili multisensöriyel bilgiler alır. Kişinin görsel bilgisi onun sanal bir dünyada bulunduğunu düşündürürken, propriyoseptif bilgisi, fiziksel beden ile avatar arasında farklı bir beden konumu belirtilerek kişinin kendi konumu hakkında çelişkili bilgilere neden olur. Sanal ortamlardaki zorlayıcı mevcudiyet duygusu, katılımcıların görsel ipuçlarına büyük ölçüde güvendiğini göstermektedir. Sağlıklı katılımcılarda yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, üçüncü şahıs perspektifinden görülen sanal bir avatarın konumuyla kendini tanımlamanın ve bu konumdaki konumu belirlemenin sol alt parietal lobu harekete geçirdiğini göstermiştir (146,147). Destekleyici bir şekilde, video oyunlarına bağımlı olan kişiler, orta temporal girusun sol arka bölgesinde değişen işleme gösterirler (148). Bu çalışmalar, temporo-parietal kavşaktaki multimodal alanların sanal gerçeklikte değişen öz konumlandırmaya dâhil olduğu sonucuna varmaktadır.

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Araştırmanın Türü

Araştırmada, sağlıklı bireylerde bedensel benlik-bilincinin oluşumunda, merkezi ve periferik vestibüler sistem mekanizmalarının yapay vestibüler uyarımı ile katılımcıların sanal gerçeklik ortamındaki performanslarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmayla, merkezi sinir sisteminde sağ temporo-parietal bileşke ve iç kulaktaki periferik vestibüler organların vestibüler işleme özelliklerinin bedensel benlik-bilinci üzerindeki etkileri, fNIRS sistemi ile beynin hemodinamik aktiviteleri ile kıyaslanarak, vestibüler stimülasyonun tam beden sahipliği üzerine etkisi incelenmiştir. Bunun sonucu olarak merkezi sinir sistemde sağ temporo-parietal bileşke ve iç kulaktaki vestibüler organların elektriksel uyarımının bedensel benlik-bilincinde öz lokalizasyon algısı üzerindeki etkileri, sanal gerçeklik ortamında belirlenen görevlerdeki performansları esnasında serebral hemodinamik yanıtları incelenerek ortaya koyulmuştur.

5.2. Katılımcılar

Örneklem büyüklüğü, G*power calculator sample size ile hesaplandı (149). Gerekli örneklem büyüklüğü %95 güç, 0.05 hata payı ile ($\alpha=0.05$) 13 olarak hesaplandı. Araştırmaya, yaşları 18-30 arasında değişen, sağ el dominansına sahip, Siber Hastalık Duyarlılık Ölçeği sonucuna göre siber hastalık belirtileri yaşama riski çok nadir ve nadir sonucuna sahip olan 20 kişi dahil edildi. (150). tDCS uygulamasında katılımcıların güvenliği amacıyla epilepsi tanısı ya da epilepsi belirtileri, kalp pili, beyin ameliyatı, vücutta metalik implantı bulunan kişiler, tDCS'in etkilerini modüle ettiğinden antidepresan, nörpileptik/antiepileptik ilaç kullanımı bulunan, nöropsikiyatrik tanı alan kişiler ile son 6 aydır psikoterapi veya psikiyatrik hastalıklardan dolayı medikal tedavi alan kişiler deneye dâhil edilmedi (151). Deney esnasında katılımcılarda bulantı, kusma, baş dönmesi, dengesizlik, terleme, halsizlik, huzursuzluk, uyku hali, dikkat dağınıklığı gibi semptomlar görülmesi dâhilinde deneye son verildi.

Katılımcıların çalışmaya dâhil edilme kriterleri;

- 18-30 Yaşında olmak
- Sağ el dominansına sahip olmak
- Siber Hastalık Duyarlılık Ölçeği'nde siber hastalık belirtileri yaşama riski çok nadir ve nadir sonucuna sahip olmak

Katılımcıları çalışmadan dışlama kriterleri;

- Epilepsi mevcudiyeti
- Kalp pili mevcudiyeti
- Kafa içerisinde metal implant mevcudiyeti
- Beyin Ameliyatı öyküsü
- Hassas kafa derisi mevcudiyeti
- Nöroepileptik/Antiepileptik ilaç kullanımı
- Antidepresan kullanımı
- Vertigo mevcudiyeti
- Kafa travması/ameliyatı öyküsü
- Nörolojik/psikiyatrik hastalık öyküsü
- Bedensel engel mevcudiyeti
- Görme problemi mevcudiyeti

Çalışma, İstanbul Medipol Üniversitesi, Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 26/10/2020 tarihli ve 10840098-772.02-E.58401 nolu kararı sonucu alınan onay ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar gönüllülük esasına dayalı olarak çalışmaya dâhil olmakla birlikte deneye başlamadan önce katılımcılara bilgilendirilmiş onam formu imzalatılmıştır.

5.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmamız İstanbul Medipol Üniversitesi fINCAN (Functional Imaging and Cognitive-Affective Neuroscience) Sanal Gerçeklik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların hemodinamik yanıtlarının ölçümü için REMER-

fİNCAN Laboratuvarında bulunan NIRSport cihazı (NIRScout 8-16, NIRx Medizintechnik GmbH, Almanya), Vestibüler Stimülasyon için Remer Klinik Nörofizyoloji ve Nöromodülasyon Laboratuvarına ait Neurosoft markasının Neurostim cihazı (NeurostimTherapeutic, Neurosoft/Neurostim, Rusya), Sanal gerçeklik ortamı sağlanabilmesi amacıyla “HTC Vive Cosmos Elite Sanal Gerçeklik Gözlüğü” kullanılmıştır.

5.3.1. Siber hastalık duyarlılık ölçeği

Sanal gerçeklik oyunları ve bu amaçla çıkarılan sanal gerçeklik başlıklarının kullanıma sunulması ile kullanıcılarda hareket hastalığına benzer semptomları içeren şikayetler başladığı ve bu araçlar ile oluşan hareket hastalığının ortalama %30 oranında görüldüğü bildirilmiştir (152). Sanal gerçeklik başlığı ile sağlıklı genç bireylerde yapılan bir çalışmada başlığın takılmasından ortalama 6,2 dakika sonra hareket hastalığına benzer semptomlar başladığı gözlenmiştir (153). Literatürde sanal gerçeklik hastalığı tanımlamalarında “hareket hastalığı benzeri semptomlar” ifadesi kullanılmaktadır. Hareket hastalığı terimi, deniz tutması, tren tutması ve benzeri sendromların genel bir adlandırması için Irwin tarafından, sanal gerçeklik hastalığı terimi ise sanal ortamla bağlantılı hareket hastalığı benzeri semptomları tanımlamak için McCauley ve Sharkey tarafından ortaya atılmıştır. Hareket hastalığı ve sanal gerçeklik hastalığı, uyarınları ve tetiklenme mekanizmaları farklı olsa da semptomları büyük ölçüde örtüşen hastalıklardır. Literatürdeki bu bilgilere dayanarak deneye dahil olacak katılımcılara deney öncesinde sanal gerçeklik ortamında oluşabilecek duyarlılıklarını belirlemek amacıyla Siber Hastalık Duyarlılık Ölçeği uygulanmış ve bu ölçek sonucuna göre siber hastalık belirtileri yaşama riski çok nadir ve nadir olan katılımcılar çalışmaya dahil edilmiştir.

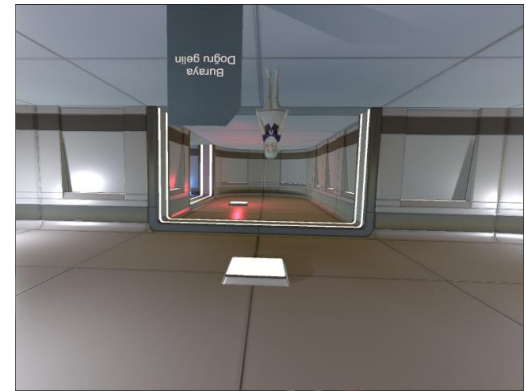
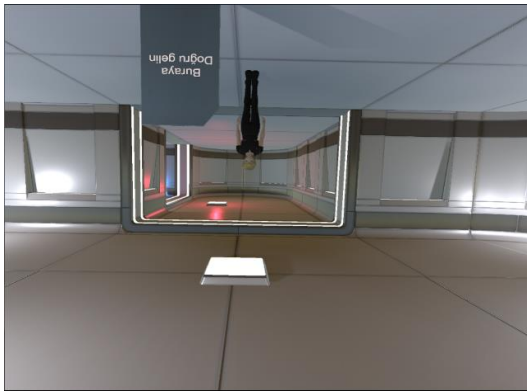
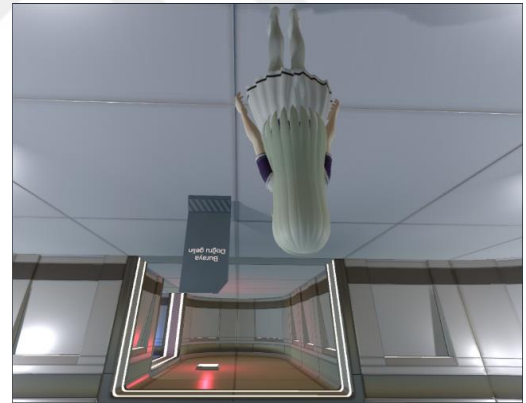
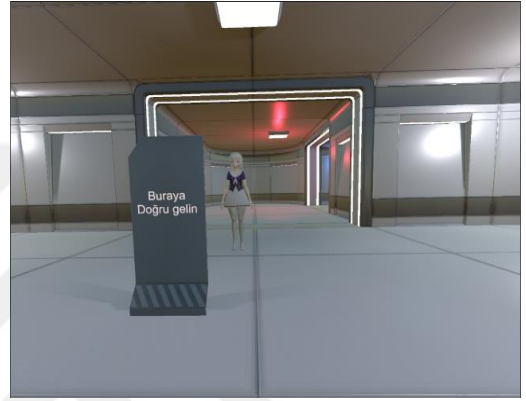
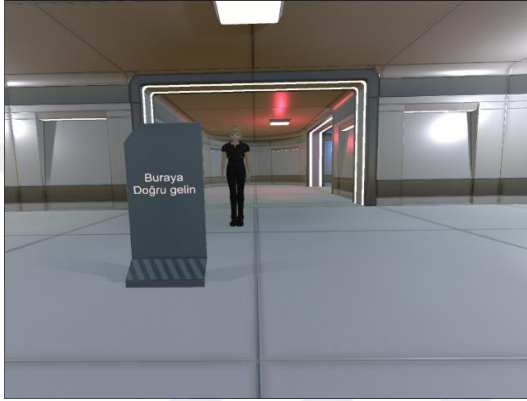
5.3.2. Sanal gerçeklik ortamı

Katılımcıların sanal gerçeklik ortamına daldırılması amacıyla HTC Vive© Cosmos Elite Sanal Gerçeklik Gözlüğü kullanılmıştır. Katılımcının sanal gerçeklik

ortamında deneye dahil olabilmesi amacıyla üç boyutlu karakter animasyonu için gerçek zamanlı bir üretkenlik paketi kullanılmıştır (İNOSENS Bilişim Teknolojileri San ve Tic Ltd. Şti.) (Resim 5.3.2.1.). Bu yazılım ile katılımcının kendi bedeninin temsili olarak karakterin tüm bedenini görebilmesi ve katılımcının hareketleri/ilerlemeleri ile sanal beden hareketlerinin/ilerlemelerinin uyum içerisinde olması sağlanmıştır. Katılımcının göreve başladığı ilk konumunu ve son konumunu belirlemek amacıyla bu görevler, 5 m x 5 m boyutunda koordinat düzlemi belirli zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.3.2.1.).

Tablo 5.3.2.1. Sanal Gerçeklik ortamındaki görevlerin açıklamaları

Görevler	Yanılsama	Durumlar	Hemodinamik Aktivite Ölçümü
Görev 1	Otoskopik Yanılsama	Durum 1	“Bedeni Görme” sonrası
		Durum 2	“Hedefe ulaşma” sonrası
Görev 2	Heutoskopik Yanılsama	Durum 3	“Bedeni Görme” sonrası
		Durum 4	“Hedefe ulaşma” sonrası
Görev 3	Otoskopik Yanılsama & Eğik Oda Yanılsaması	Durum 5	“Bedeni Görme” sonrası
		Durum 6	“Hedefe ulaşma” sonrası
Görev 4	Heutoskopik Yanılsama & Eğik Oda Yanılsaması	Durum 7	“Bedeni Görme” sonrası
		Durum 8	“Hedefe ulaşma” sonrası



Resim 5.3.2.1. Katılımcıların 4 farklı görevi gerçekleştireceği animasyon konumları

Sanal gerçeklik ortamına daldırılan katılımcıların 4 farklı görevi tamamlaması istenmiştir. Katılımcıların sanal gerçeklik ortamına daldırıldığında bulunacağı sanal odadaki görevleri gerçekleştirebilmesi üzerine,

- 1. görevde, katılımcıya karakterin arkadan gösterilmiş,
- 2. görevde, katılımcıya katılımcının önden gösterilmiş,
- 3. görevde, oda 180 derece döndürülmüş şekilde katılımcıya karakterin arkadan gösterilmiş,
- 4. görevde, oda 180 derece döndürülmüş şekilde katılımcıya önden gösterilmiş bir sanal görevde oluşturulmuştur.

Katılımcılardan karakteri başlangıç noktasından, karakterin konumuna göre 45° sağında bulunan hedefe doğru hareket etmeleri talimatı verilmiştir. Katılımcı hedefe her ulaştığında son konumu x-y koordinat düzleminde belirlenmiştir.

5.3.3. Transkraniyel doğru akım uyarımı (tDCS):

Vestibüler stimülasyonlar ve periferik vestibüler organın yapay stimülasyonları, vestibüler ipuçlarının vücut sahipliği ve uygulama mekanizmaları üzerindeki etkisini araştırmak için etkili deneysel yöntemlerdir. Transkraniyel doğru akım stimülasyonu (tDCS), uzun bir tarihi geçmişi olan, canlı beyindeki nöral aktiviteyi modüle etmek için giderek artan bir şekilde kullanılan invaziv olmayan bir beyin stimülasyon tekniğidir. Farklı kutuplardaki elektrotlarının cildin belirli bölgelerine takılarak, sabit akım stimülatörü tarafından kafa derisi üzerine doğrudan akım uygulanmasını içerir (154–156). Elektrotlar iletken kauçuktan yapılmakta ve elektrot ile cilt arasındaki temas noktasında kimyasal reaksiyonları önlemek için salinle ıslatılmış sentetik süngerlere konulmaktadır (157). Elektrotların ideal büyüklüğü ile ilgili bir fikir birliği bulunmamakla birlikte insan çalışmalarında kullanılan elektrotların çoğu 25–35 cm² büyüklüğündedir, bu da 1-2 mA akımla kullanıldığında 0,03-0,08 miliamper (mA)/cm² akım yoğunluğuna neden olur.

Çalışmamızda sağ temporoparietal bileşkeye karbon elektrodlar ile 1 cm² başına 0,08 mA olacak şekilde, 25 cm² (5 cm x 5 cm) ölçülerindeki elektrotlar ile 2 mA'da 20 dakika süreyle, 10-20 EEG sistemine göre anot elektrot CP6, katot elektrot sol el bileği üzerinde olacak şekilde uyarım sağlanmıştır (158). Doğru akım, pille çalışan, sabit akım stimülatörü (NeurostimTherapeutic, Neurosoft/Neurostim, Rusya) ve tuzlu su çözeltisi (%0,9 NaCl; 308 mosm/l) ile ıslatılmış iki yüzey sünger elektrot pedi ile sağlanmıştır (159). Mastoid bölgeye uygulanacak uyarım 1 cm yarıçaplı jel dolgululu elektrotlar ile 0,64 mA'da 20 dakika süreyle, anot elektrot sağ mastoidde, katot elektrot sol mastoidde olacak şekilde uyarım sağlanmıştır (160). tDCS'in elektriksel etkisinden arınma etkilerini dışlamak ve uygulamalar arasındaki olası kafa karıştırıcı etkilere istatistiksel olarak ayarlanabilmemiz için deney oturumuna ek bir sahte koşul (Sham oturumu) eklenmiş olup bu oturumda sağ temporo-parietal bileşke bölgesindeki montaj şeklinde 0 mA'da 20 dakikanın tamamlanması beklenmiştir (161). Bu parametreler, insanlarda önceki çalışmalardan belirlenen güvenlik sınırları dâhilindedir (157,162,163). Yapılan çalışmalar ile uyarım süresine ve akım yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte insan korteksinde tDCS'nin 90 dakikaya kadar uzun süreli etkilerini göstermiştir (156). Bu bilgiler ile birlikte sanal gerçeklik ortamının katılımcılar üzerinde oluşturacağı etkiler de göz önünde bulundurulduğunda, çalışmanın her bir oturum süresi elektriksel uyarımın sonlanmasından itibaren 40 dakika içerisinde tamamlanacak şekilde planlanmıştır. Buna ek olarak katılımcılarda olası taşınma etkisini ortadan kaldırmak amacıyla literatürdeki bilgilere dayanarak katılımcıların deneysel oturumlarını farklı günlerde, test oturumları arasında en az 24 saat olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (164).

5.3.4. Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS):

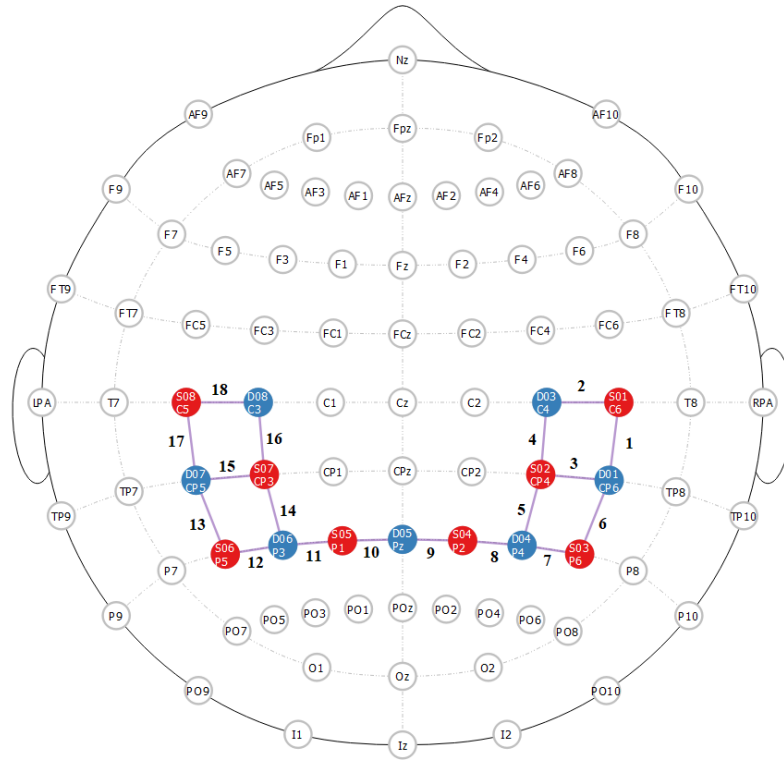
Günümüzde bilişsel nörobilim, insan beyin araştırmalarının temelini oluşturmaktadır. Alanın çok disiplinli yapısına bağlı olarak araştırmalarda çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında en önemlileri işlevsel beyin görüntüleme çalışmalarıdır. Bazı beyin görüntüleme yöntemlerinde nöral uyarıya bağlı olarak ortaya çıkan magnetik ya da elektriksel değişiklikler (MEG, EEG) ölçülürken; diğerlerinde altta yatan nöral aktiviteyi yansıtan sereberal hemodinamik aktivitedeki

değişiklikler ölçülmektedir (165). Yakın kızılötesi spektroskopi (Near Infrared Spectroscopy-NIRS), beyindeki oksijenli hemoglobini (Oksi-Hb) ve oksijeni giderilmiş hemoglobini (Deoksi-Hb) ölçerek görevle ilgili kortikal aktivasyonu saptamak için işlevsel bir nörogörüntüleme tekniğidir (166,167). Fonksiyonel görevler sırasında nöral görüntüleme, korteksten kan akışı dinamiklerini ölçerek beynin faaliyet alanlarını belirlemek için non-invaziv fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi (Functional Near Infrared Spectroscopy-fNIRS) kullanarak daha taşınabilir ve düşük maliyetli hale gelmiştir (168). fNIRS sisteminin taşınabilirliği, fMRI, PET ve MEG ile karşılaştırıldığında kişilerin hareket sırasında görevle ilgili kortikal aktivitenin analizi için daha uygundur (10,169). fNIRS yönteminin nöral aktivasyonu kaydetme şekli, dokuların aktive olması ile daha fazla oksijen kullanmasına dayanır. Böylelikle dokudaki oksijen ihtiyacı artar ve hemoglobin ile taşınan oksijen beyne giderek nöral enerji ihtiyacını karşılar. Oksijen ihtiyacı olan bölgede HbO₂ artarken HbR konsantrasyonu azalır ve buna “beynin hemodinamik yanıtı” adı verilir.

Araştırmamızda katılımcıların hemodinamik yanıtlarını elde etmek için Remer Klinik Nörofizyoloji ve Nöromodülasyon Laboratuvarına ait NIRSport (NIRx Medical Technologies, LLC. Los Angeles, California) bir adet taşınabilir fNIRS görüntüleme cihazı kullanılmıştır. Bir kep aracılığıyla optod denilen ışın kaynak ve alıcıları arasında “NIRS kanalları”ı oluşturulup kafa derisi üzerine yerleştirilmiştir. Işın dedektörünün optodlarından gelen NIRS sinyallerinin bu kanallar altındaki hemodinamik aktiviteyi yansıtması beklenmektedir. Bununla birlikte, bu NIRS sinyalleri hemodinamik aktivitenin sadece intraserebral (serebral korteks) değil, aynı zamanda ekstraserebral (kafa derisi, kafatası, beyin omurilik sıvısı) bileşenlerini de içerir. Bu nedenle, ekstraserebral sinyalleri kaydetmek için kaynak optodlardan 30 mm mesafede 2 dedektör optodu yerleştirilmiştir (170,171). Işın kaynağı optodlarından 2 farklı dalga boyunda (760 ve 850 nm) ışınlar gönderilmiş ve ışın dedektörü optodları tarafından ışınlar algılanmıştır. Kafa derisi ve kafatasından geçebilen belirlenmiş bu iki dalga boyundaki ışın, serebral kanda bulunan HbO ve HbR tarafından absorbe edilmektedir. Böylelikle ışın ile serebral kan akışı ve hedef bölgedeki oksijen tüketimi, dolayısıyla nöral aktivite kantite edilmiş olmaktadır.

Çalışmada başlığının tepe konumu, 10–20 EEG sistemine göre Cz bölgesine yerleştirilmiştir, Kayıtlar EEG 10-20 sistemine göre temporal ve parietal korteks

üzerinde konumlandırılmış 8 kaynak (C5, C6, CP3, CP4, P1, P2, P5, P6) ve 7 alıcı (C3, C4, CP5, CP6, Pz, P3, P4) ile oluşturulan 18 kanaldan alınmıştır (Tablo 5.3.4.1.). NIRS kanallarının anatomik konumlarını belirlemek için, NIRSite 2020.7 yazılımının “NIRS kanal konumlarının uzamsal kaydı” işlevi kullanılmıştır. Optotlar uluslararası EEG 10/20 sistemine uyumlu elastik keplerdeki yuvalara yerleştirilmiştir. Kullanılan montaj ve kanalların yerleşimi Resim 5.3.4.1.’de gösterilmiştir.



Resim 5.3.4.1. Kaynak, alıcı ve kanalların yerleşimi

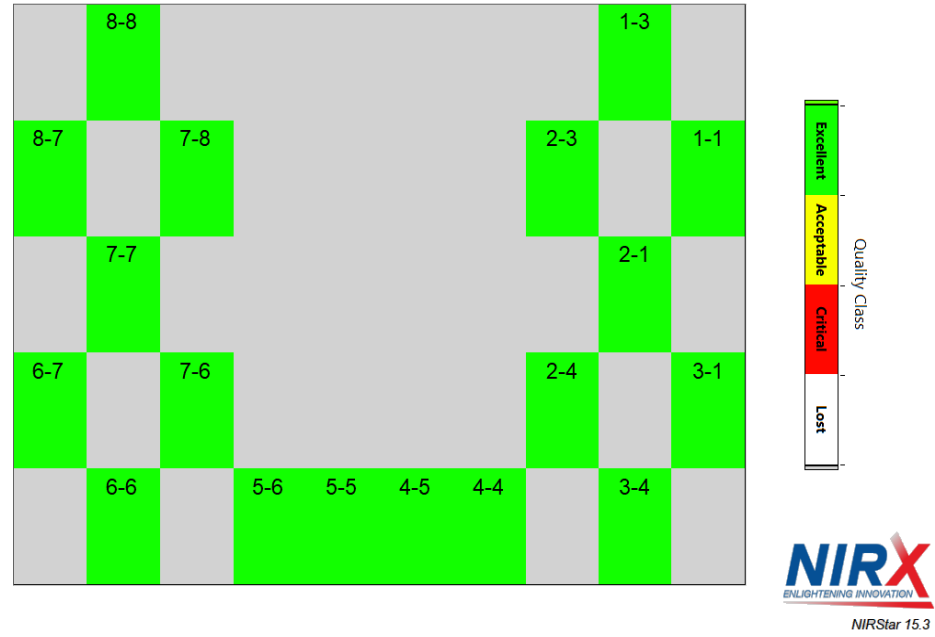
Tablo 5.3.4.1. Çalışmada kullanılan kanalların karşılık geldiği optod konumları, Brodmann Alanları ve kortikal bölgeler

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

Kanal 15	CP3 – CP5	BA40 – BA40	Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)	Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)
Kanal 16	CP3 – C3	BA40 – BA02	Inferior Parietal Lob (Supramarjinal Girus)	Primer Somatosensoryyel Korteks (Postcentral Girus)
Kanal 17	C5 – CP5	BA41 – BA40	Transverse Temporal Girus	Inferior Parietal Lob (Supramarginal Girus)
Kanal 18	C5 – C3	BA41 – BA02	Transverse Temporal Girus	Primer Somatosensoryyel Korteks (Postcentral Girus)

NIRS kayıtları sürekli dalga şeklindedir ve deneyle eşzamanlı olarak oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyon değişimi ekrandan takip edilmiştir. Bu değişim, modifiye Beer Lambert Yasası'na göre hesaplanmaktadır. Kayıt boyunca devam eden sürekli dalgadaki baseline dalgalanmalara kayıt cihazının kendi yazılımı ile “detrend” işlemi uygulanmaktadır. Deney başlamadan önce optotların sinyal kalitesi kalibrasyon yapılarak en iyi seviyeye çıkartılmıştır (Resim 5.3.4.2.).

Signal Quality



Resim 5.3.4.2. Kanallara ait sinyal kalitesi

Çalışmada katılımcılara sanal gerçeklik ortamı içerisindeki görevleri gerçekleştirdiği esnadaki hemodinamik aktivitelerinin ölçümü amaçlanmış olup, fNIRS sistemi yerleşimi üzerine sanal gerçeklik gözlüğü bulunacak şekilde Resim 5.3.4.3.'te gösterilen montaj gerçekleştirilmiştir.



Resim 5.3.4.3. Sanal Gerçeklik Gözlüğü ve fNIRS cihazının montajı

5.4. Süreç ve Deney Protokolü

4 farklı oturum şeklinde gerçekleştirilen çalışmada, transkraniyel doğru akım uyarımı etkilerinin ortadan kalkması amacı ile her oturum en az 24 saatlik bir aradan sonra gerçekleştirilmiştir (164). Katılımcıların görevleri öğrenme etkilerinin ortadan kaldırılması amacıyla, dört görevin sırası katılımcılar arasında randomize edilmiş şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir oturum içerisinde katılımcılardan tamamlaması beklenen 4 görev bulunmaktadır. Her bir görevde katılımcı sanal karakteri gördüğü andan itibaren 30 saniye boyunca ve hedefe doğru ilerleyip durduktan sonraki 30 saniye boyunca serebral hemodinamik aktiviteleri kayıt edilip değerlendirilmiştir. Her oturumda bulunan görevlerde; 1. görevde katılımcılara otoskopik halüsinasyon durumu, 2. görevde heoskopik halüsinasyon durumu deneyimletilmiş, 3. ve 4. görevlerde ise katılımcıların oda eğimi yanılması ile vestibüler algısı bozulmaya çalışılmış ve aynı zamanda buna ek olarak 3. görevde otoskopik halüsinasyon, 4. görevde heoskopik halüsinasyon durumlarının da performansı elde edilmeye çalışılmıştır. Her bir görevde katılımcılar sanal gerçeklik ortamında 3 şahıs perspektifine sahip olmuşlardır.

Katılımcılara uygulanmış olan 4 oturum şu uygulamaları içermektedir;

I) Vestibüler stimülasyon bulunmayan deney oturumunda: Katılımcılara fNIRS kepi yerleştirilmiş sanal gerçeklik gözlüğü ile sanal gerçeklik ortamına daldırılan katılımcıların 4 görevi gerçekleştirmesi istenmiş ve eş zamanlı fNIRS kaydı alınmıştır. Her bir görevle başlamadan önce katılımcıların temsili bedeni gördüğü an ve görevi gerçekleştirdiği anın hemen ardından fNIRS cihazı ile katılımcıların 30 saniyelik serebral hemodinamik aktivitesi kayıt edilmiştir.

II) Sağ Temporo-parietal Bileşke seviyesinde elektriksel uyarım gerçekleştirilmiş olan deney oturumunda: Katılımcılara 5x5 cm'lik iki elektrot, anodal elektrot 10-20 EEG sisteme göre sağ temporoparietal bileşke bölgesini aktive etmek üzere CP6 üzerine ve katodal elektrodu sol üst el bölgesine yerleştirilmiştir. Önceki çalışmalarda sağ temporo-parietal bileşkenin uyarımının mekansal perspektif üzerinde çevrimiçi etkisi bulunduğu ve bu bölgeye anodal uyarımın, katodal uyarıma göre üçüncü şahıs perspektifinde anlamlı farklılıklar yaratabilirken birinci şahıs

perspektifinde farklılıklar beklenmediği belirtilmiştir (172). Elektrotlar arasındaki mesafenin artırılması kafa derisinden geçen akımı azaltıp, beyne giden akımı ve derinlikteki akım yoğunluğunu artırması sebebiyle katodal elektrod sol üst el konumuna yerleştirilmiştir (173). Elektriksel uyarım 1 cm² başına 0,08 mA olacak şekilde 5 cm x 5 cm ölçülerindeki elektrodlar ile 25 cm²'de 2 mA'de NeuroStim DC stimülatörü kullanılarak 20 dakika süreyle uygulanmıştır. Uyarımın bitmesiyle birlikte stimülatör montajı çıkarılmış, hemen ardından katılımcıya fNIRS kepi yerleştirilmiş ve kepi üzerine sanal gerçeklik gözlüğü montajı yapılmıştır. Sanal gerçeklik ortamına daldırılan katılımcının 4 görevi gerçekleştirmesi istenmiş ve eş zamanlı fNIRS kaydı alınmıştır. Her bir görevle başlamadan önce katılımcıların temsili bedeni gördüğü an ve görevi gerçekleştirdiği anın hemen ardından fNIRS cihazı ile katılımcıların 30 saniyelik serebral hemodinamik aktivitesi kayıt edilmiştir.

III) Mastoid seviyesinde elektriksel uyarım gerçekleştirilmiş olan deney oturumunda; Katılımcılara elektriksel uyarım bilateral mastoid bölgeye 1 cm yarıçaplı jel dolgululu elektrotlar ile sağlanmıştır. Uyarım 1 cm yarıçaplı jel dolgululu elektrotlar ile anot elektrot sağ mastoidde, katot elektrot sol mastoidde olacak şekilde NeuroStim DC stimülatörü kullanılarak 0,64 mA'da 20 dakika süreyle uygulanmıştır (160). Uyarımın bitmesiyle birlikte stimülatör montajı çıkarılmış, hemen ardından katılımcıya fNIRS kepi ve kepi üzerine sanal gerçeklik gözlüğü montajı yapılmıştır. Sanal gerçeklik ortamına daldırılan katılımcının 4 görevi gerçekleştirmesi istenmiş ve eş zamanlı fNIRS kaydı alınmıştır. Her bir görevle başlamadan önce katılımcıların temsili bedeni gördüğü an ve görevi gerçekleştirdiği anın hemen ardından fNIRS cihazı ile katılımcıların 30 saniyelik serebral hemodinamik aktivitesi kayıt edilmiştir.

IV) Sham deney oturumunda; Elektrot yerleşimi sağ temporo-parietal bölgeye anodal, sol el üzerine katodal elektrot bulunacak şekilde yerleşim oluşturulup, Neurostim DC ile 0 mA'da 20 dakikanın tamamlanması beklenmiştir. Bu oturumda katılımcıların olası uygulanmakta olan işlemi anlamalarını önlemek amacıyla, uyarım cihazının ekranını katılımcıların görüş alanlarında bulunmamasına dikkat edilmiştir. Bu şekilde 20 dakikalık sürenin bitmesinin ardından stimülatör montajı çıkarılmış, hemen ardından katılımcıya fNIRS kepi yerleştirilmiş ve kepi üzerine sanal gerçeklik gözlüğü montajı yapılmıştır. Sanal gerçeklik ortamına daldırılan katılımcının 4 görevi gerçekleştirmesi istenmiş ve eş zamanlı fNIRS kaydı alınmıştır. Her bir görevle

başlamadan önce katılımcıların temsili bedeni gördüğü an ve görevi gerçekleştirdiği anın hemen ardından fNIRS cihazı ile katılımcıların 30 saniyelik serebral hemodinamik aktivitesi kayıt edilmiştir.

Elektriksel uyarım bulunan oturumlarda, uygulanan uyarımın etkisinin devam etmemesi amacıyla diğer oturum için en az 24 saat geçmesi beklenmiştir. Bununla birlikte katılımcıların görevleri öğrenme etkisinin ortadan kaldırılması amacıyla oturumlar kendi içlerinde düzenli bir şekilde sıralanmış ve her bir oturum en az 24 saatlik arayla şu sıra ile gerçekleştirilmiştir;

- 1.-5. arasındaki katılımcıların görevleri uygulama sırası; I-II-III-IV,
- 6.-10. arasındaki katılımcıların görevleri uygulama sırası; II-III-IV-I,
- 11.-15. arasındaki katılımcıların görevleri uygulama sırası; III-IV-I-II,
- 16.-20. arasındaki katılımcıların görevleri uygulama sırası; IV-I-II-III.

5.5. NIRS Verilerinin Analizi

Her bir katılımcı üzerinde yapılan hemodinamik ölçümlerle aynı bölgelerden toplamda 18 kanaldan veri toplanmıştır. Elde ettiğimiz her veri, MATLAB tabanlı HOMER-2 programı ile analiz edilmiştir. Kaydedilen verilerin kardiyak, respiratuar ve motor gürültüden arındırılması amacıyla düşük kesme frekansı 0 Hz ve yüksek kesme frekansı 0,5 Hz olmak üzere band pass filtre uygulanmıştır. NIRS ölçümleri esnasında katılımcıların istenmeyen hareketlerine dayalı oluşan artefaktların çıkarıp datayı daha işlevsel hale getirmek amacıyla “motion artifact correction” işlemi uygulanmıştır (174). Bu amaçla AMP eşik değeri 5.00 olarak tanımlanmıştır. Hareket artefaktlarını düzeltmek amacıyla “motion correct wavelet” işlemi uygulanmıştır. Deney düzeneği için uyarı sonrası 0-20. Saniyeler arası hesaplanmış ve baseline değerleri için -2 – 0. saniyeleri arası değişimler değerlendirilmiştir.

HOMER-2 analizi sonucu hesaplanan hemoglobin konsantrasyon değerlerinin analizi için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) v24.0 programı kullanılmıştır. Uygulamaların kendi içlerindeki istatistiksel analizde Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), uygulamalar arasındaki istatistiksel analizde tekrarlı

ölçümler analizi (Repeated Measures ANOVA), uygulamalar arası koordinat ve süre verilerinin istatistiksel analizinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Veriler ortalama ve standart sapma değerleri üzerinden gösterilmiş; $p < 0.05$ olasılık değeri anlamlı kabul edilmiştir.



6. BULGULAR

6.1. Demografik Veriler

Siber Hastalık Duyarlılık Ölçeği Sonucunda çok nadir ve nadir sonucunu alan kişiler çalışmaya dâhil edildi, ara-sıra, sıklıkla ve çok sık sonucu bulunan kişiler çalışma dışı bırakıldı. Katılımcıların yaşları en az 19 ve en fazla 27'ydi ve yaş ortalamaları 23.60 ± 2.28 idi. Katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo 6.1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1.1. Katılımcıların demografik özellikleri

		n	%
Cinsiyet	Kadın	10	50.00
	Erkek	10	50.00
	Toplam	20	100.00
Eğitim Durumu	Lise	5	25.00
	Üniversite	13	65.00
	Yüksek Lisans	2	10.00
	Toplam	20	100.00
Siber Hastalık Duyarlılık Ölçeği Sonucu	Çok Nadir	3	15.00
	Nadir	17	85.00
	Toplam	20	100.00

6.2. Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi (fNIRS)'ye Ait Bulgular

6.2.1. Uygulamalara ait fNIRS sonuçlarının görevler içi karşılaştırması

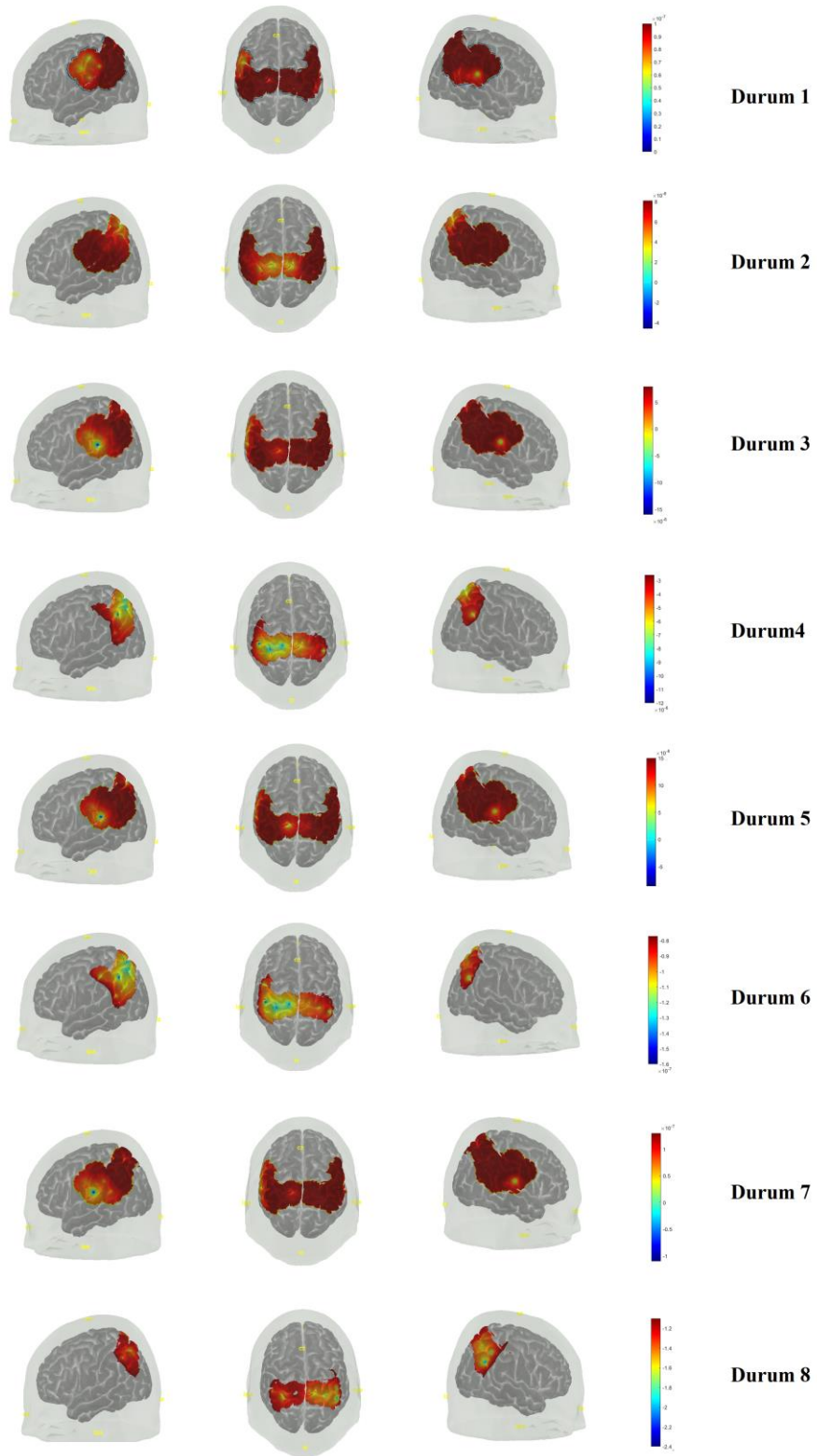
Bu bölümde 4 farklı oturumda katılımcıların sanal gerçeklik ortamında gerçekleştirdikleri görevler esnasındaki beyin hemodinamik yanıtlarına ait bulgular yer almaktadır.

6.2.1.1. *Vestibüler Stimulasyon Bulunmayan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması*

Vestibüler stimulasyon uygulanmamış oturumda katılımcıların hemodinamik beyin aktivitesine dair fNIRS sonuçlarına göre Tablo 6.2.1.1.1.'de görüldüğü üzere 5., 7., 11., 12., 13., 14. ve 15. kanallarda diğer kanallara göre anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p < .05$). Resim 6.2.1.1.1.'de bu oturumdaki 8 farklı duruma ait aktivasyon haritası gösterilmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda anlamlı değeriyle sahip olan

- 5. ve 11. Kanallarda durum 7'de,
- 7., 12., 13., 14. ve 15. Kanallarda ise durum 1'de anlamlı olarak daha yüksek hemodinamik beyin aktivitesi elde edilmiştir.



Resim 6.2.1.1.1. Vestibüler Stimulasyon Bulunmayan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri (*Sağda: Sağ lob, Ortada: Orta Hat, Solda: Sol lob*)

Tablo 6.2.1.1.1. Vestibüler Stimulasyon Bulunmayan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması (*: p<0.05)

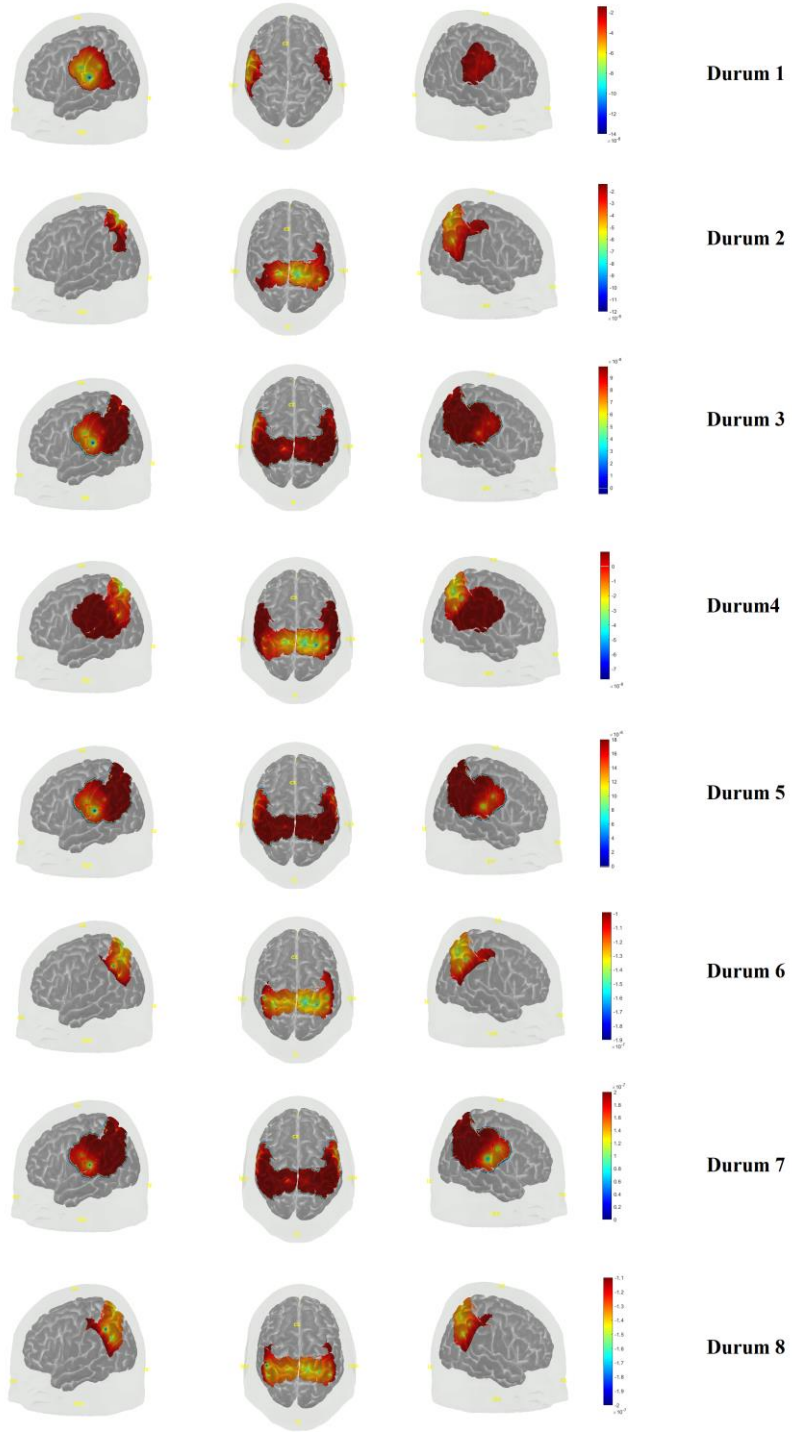
KANALLAR	Görev 1				Görev 2				Görev 3				Görev 4				Fark			
	Durum 1		Durum 2		Durum 3		Durum 4		Durum 5		Durum 6		Durum 7		Durum 8		F	Etki Büyüküğü	p	
	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.				
Kanal 1	1,10E+05	2,64E+06	1,63E+06	2,01E+06	-	2,11E+06	1,75E+06	2,36E+06	-	3,32E+06	9,47E+05	2,32E+06	-	3,91E+06	8,88E+05	1,28E+06	3,035	0,168	0,050	
Kanal 2	1,03E+06	2,60E+06	1,74E+06	2,84E+06	4,31E+05	2,47E+06	1,59E+06	1,83E+06	1,03E+06	2,88E+06	3,70E+05	1,69E+06	1,23E+06	1,97E+06	2,25E+04	2,01E+06	1,399	0,085	0,241	
Kanal 3	1,07E+06	2,13E+06	1,16E+06	2,07E+06	8,51E+05	2,10E+06	3,88E+05	1,92E+06	1,11E+06	3,10E+06	2,70E+05	1,92E+06	9,56E+05	2,74E+06	4,99E+05	1,28E+06	1,367	0,084	0,258	
Kanal 4	6,19E+05	2,93E+06	1,60E+06	2,16E+06	8,52E+05	2,70E+06	1,59E+05	2,64E+06	1,69E+06	3,77E+06	-	1,34E+05	1,86E+06	1,76E+06	3,05E+06	5,30E+05	1,78E+06	2,284	0,132	0,060
Kanal 5	8,25E+05	2,17E+06	1,61E+06	2,24E+06	8,10E+05	2,95E+06	4,82E+05	3,62E+06	1,46E+06	4,38E+06	9,26E+04	3,03E+06	2,46E+06	1,96E+06	1,12E+06	2,16E+06	3,851	0,204	0,006*	
Kanal 6	1,17E+06	1,85E+06	1,75E+06	2,03E+06	1,14E+06	1,58E+06	2,92E+05	2,11E+06	9,91E+05	3,94E+06	5,00E+05	2,28E+06	1,47E+06	1,75E+06	1,19E+05	1,38E+06	1,910	0,113	0,141	
Kanal 7	1,86E+06	2,41E+06	1,60E+06	2,24E+06	5,37E+05	3,23E+06	9,51E+05	1,60E+06	1,09E+06	4,47E+06	-	3,67E+05	1,86E+06	1,89E+06	1,87E+06	1,59E+06	1,51E+06	4,338	0,224	0,005*
Kanal 8	6,33E+05	2,43E+06	1,31E+06	1,60E+06	7,88E+04	2,41E+06	7,96E+05	1,47E+06	1,15E+06	3,75E+06	-	3,39E+05	2,96E+06	7,19E+05	4,42E+06	6,18E+05	2,04E+06	1,345	0,082	0,237
Kanal 9	7,28E+05	2,55E+06	8,31E+05	1,60E+06	1,40E+04	1,91E+06	2,92E+05	2,11E+06	2,15E+05	3,10E+06	-	6,75E+05	2,80E+06	3,84E+05	3,39E+06	5,72E+05	1,75E+06	0,965	0,060	0,419
Kanal 10	1,11E+06	1,55E+06	8,32E+05	1,30E+06	1,54E+05	2,05E+06	5,14E+05	1,08E+06	-	5,17E+06	-	1,73E+06	4,65E+06	-	3,71E+06	5,33E+05	2,17E+06	1,873	0,111	0,174
Kanal 11	1,56E+06	2,81E+06	1,35E+06	1,81E+06	-	2,89E+06	4,64E+05	2,80E+06	-	3,19E+06	1,75E+06	2,86E+06	1,22E+06	4,82E+06	8,49E+04	1,85E+06	3,564	0,192	0,024*	
Kanal 12	2,00E+06	3,10E+06	9,97E+05	1,70E+06	-	2,13E+06	-	2,29E+06	7,95E+05	3,34E+06	-	6,36E+05	2,66E+06	1,73E+06	1,33E+06	1,27E+06	2,28E+06	5,170	0,256	0,001*
Kanal 13	2,45E+06	2,12E+06	1,26E+06	1,83E+06	1,33E+06	1,95E+06	7,39E+05	2,50E+06	1,10E+06	3,13E+06	1,65E+05	2,35E+06	1,86E+06	1,50E+06	6,81E+05	2,51E+06	4,904	0,246	0,001*	
Kanal 14	1,85E+06	1,84E+06	1,48E+05	2,27E+06	7,99E+05	2,57E+06	5,82E+05	1,48E+06	-	1,01E+06	-	3,04E+05	3,19E+06	1,29E+06	3,35E+06	1,03E+06	2,28E+06	2,827	0,159	0,035*
Kanal 15	2,08E+06	2,96E+06	6,77E+05	2,35E+06	4,01E+05	2,01E+06	-	1,92E+06	1,34E+06	3,74E+06	1,52E+05	3,26E+06	1,33E+06	1,40E+06	5,66E+05	1,59E+06	2,700	0,153	0,038*	
Kanal 16	1,15E+06	1,90E+06	5,37E+05	1,80E+06	4,71E+05	1,99E+06	6,71E+05	2,04E+06	3,91E+05	1,08E+06	9,58E+05	1,82E+06	7,82E+05	2,59E+06	3,91E+05	2,48E+06	2,486	0,142	0,059	
Kanal 17	1,39E+06	1,90E+06	1,75E+05	1,35E+06	6,15E+04	1,75E+06	7,56E+03	1,68E+06	3,97E+05	2,97E+06	2,30E+05	2,05E+06	-	3,45E+06	5,93E+05	1,35E+06	1,387	0,085	0,254	
Kanal 18	1,38E+06	2,15E+06	8,44E+05	1,99E+06	5,31E+05	9,21E+05	8,29E+04	2,23E+06	-	7,32E+05	9,05E+05	1,45E+06	3,91E+04	3,05E+06	3,85E+05	2,12E+06	1,766	0,105	0,170	

6.2.1.2. rTPJ seviyesinde vestibüler stimölasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması

rTPJ seviyesinde vestibüler stimölasyon sağlanan oturumda katılımcıların hemodinamik beyin aktivitesine dair fNIRS sonuçlarına göre Tablo 6.2.1.2.1.'de görüldüğü üzere 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 11., 12., 13., 14., 15. ve 16. kanallarda diğer kanallara göre anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<.05$). Resim 6.2.1.2.1.'de bu oturumdaki 8 farklı duruma ait aktivasyon haritası gösterilmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda anlamlı değeriğe sahip olan

- 3., 4., 5., 6., 7., 8., 11., 12., 13., 14., ve 16. kanallarda durum 7'de,
- 9. ve 15. kanallarda ise durum 5'de anlamlı olarak daha yüksek hemodinamik beyin aktivitesi elde edilmiştir.



Resim 6.2.1.2.1. rTPJ seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri (Sağda: Sağ lob, Ortada: Orta Hat, Solda: Sol lob)

Tablo 6.2.1.2.1. rTPJ seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması (*: p<0.05)

KANALLAR	Görev 1				Görev 2				Görev 3				Görev 4				Fark		
	Durum 1		Durum 2		Durum 3		Durum 4		Durum 5		Durum 6		Durum 7		Durum 8		F	Etki Büyüklüğü	p
	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.			
Kanal 1	4,06E+05	2,66E+06	2,49E+06	3,09E+06	6,67E+03	3,34E+06	1,26E+06	1,34E+06	9,64E+05	4,73E+06	9,09E+05	2,88E+06	6,93E+05	3,19E+06	1,88E+06	2,34E+06	1,239	0,076	0,303
Kanal 2	3,27E+05	2,49E+06	1,75E+06	2,53E+06	3,04E+05	3,08E+06	1,28E+06	1,46E+06	1,60E+06	4,29E+06	5,77E+04	2,10E+06	1,22E+06	2,91E+06	1,46E+05	2,74E+06	1,617	0,097	0,186
Kanal 3	3,36E+05	3,00E+06	1,30E+06	1,30E+06	6,55E+05	2,51E+06	8,00E+05	1,90E+06	2,32E+06	3,06E+06	1,11E+06	2,57E+06	2,74E+06	3,45E+06	8,01E+05	3,10E+06	4,731	0,240	0,002*
Kanal 4	1,68E+05	3,89E+06	1,40E+06	1,63E+06	9,40E+05	3,73E+06	3,11E+05	2,24E+06	2,43E+06	3,16E+06	1,44E+06	3,12E+06	3,38E+06	3,66E+06	1,30E+06	3,23E+06	5,303	0,261	0,001*
Kanal 5	8,24E+05	3,77E+06	1,48E+06	1,74E+06	1,09E+06	2,62E+06	3,69E+05	2,42E+06	2,39E+06	4,01E+06	1,90E+06	3,04E+06	3,51E+06	2,86E+06	2,02E+06	3,44E+06	8,779	0,369	0,000*
Kanal 6	9,12E+05	1,32E+06	1,49E+06	1,65E+06	1,86E+06	2,15E+06	3,68E+05	2,30E+06	2,47E+06	3,63E+06	8,89E+05	2,06E+06	3,55E+06	3,46E+06	8,52E+05	2,51E+06	8,009	0,348	0,000*
Kanal 7	1,51E+06	2,10E+06	1,55E+06	1,64E+06	2,02E+06	3,12E+06	9,10E+05	1,50E+06	3,10E+06	4,72E+06	1,22E+06	2,47E+06	4,19E+06	3,55E+06	2,25E+06	3,86E+06	9,288	0,382	0,000*
Kanal 8	1,18E+06	3,99E+06	7,62E+05	1,01E+06	9,52E+05	3,05E+06	6,82E+05	1,14E+06	2,49E+06	2,97E+06	1,72E+06	3,20E+06	2,67E+06	4,24E+06	2,06E+06	3,59E+06	6,118	0,290	0,001*
Kanal 9	6,04E+05	4,34E+06	5,82E+05	1,07E+06	2,41E+05	3,83E+06	3,68E+05	2,30E+06	2,40E+06	3,51E+06	2,64E+06	4,52E+06	6,77E+05	5,91E+06	2,35E+06	3,50E+06	3,806	0,202	0,011*
Kanal 10	1,95E+06	2,50E+06	9,91E+05	1,50E+06	2,12E+05	4,25E+06	6,05E+05	9,74E+05	1,39E+06	5,30E+06	2,23E+06	3,00E+06	3,32E+05	7,99E+06	1,67E+06	3,35E+06	2,398	0,138	0,105
Kanal 11	2,48E+06	3,40E+06	1,03E+06	1,40E+06	2,11E+06	3,67E+06	4,07E+05	2,81E+06	3,83E+06	2,78E+06	4,85E+05	1,10E+06	4,42E+06	3,94E+06	1,71E+06	3,58E+06	9,096	0,377	0,000*
Kanal 12	1,50E+06	3,65E+06	1,05E+06	1,46E+06	1,91E+06	2,89E+06	6,86E+05	2,60E+06	3,53E+06	3,02E+06	1,14E+06	2,85E+06	4,42E+06	3,20E+06	2,49E+06	3,97E+06	11,053	0,424	0,000*
Kanal 13	1,27E+06	1,60E+06	1,18E+06	1,40E+06	1,95E+06	1,82E+06	8,20E+04	2,00E+06	2,05E+06	2,85E+06	3,42E+05	2,53E+06	3,40E+06	2,77E+06	1,31E+06	3,45E+06	6,883	0,315	0,000*
Kanal 14	1,83E+06	2,55E+06	8,57E+05	1,89E+06	1,92E+06	2,62E+06	6,85E+05	1,01E+06	1,17E+06	1,51E+06	1,70E+06	3,33E+06	3,94E+06	3,47E+06	2,18E+06	4,25E+06	8,365	0,358	0,000*
Kanal 15	8,21E+05	1,13E+06	8,57E+05	1,89E+06	7,74E+05	2,21E+06	5,73E+05	1,60E+06	3,38E+06	2,61E+06	4,20E+05	2,09E+06	2,77E+06	2,70E+06	5,24E+05	2,93E+06	7,324	0,328	0,000*
Kanal 16	1,29E+06	2,24E+06	3,36E+05	2,01E+06	1,05E+06	2,69E+06	3,42E+05	2,65E+06	5,77E+05	1,46E+06	1,08E+06	2,27E+06	2,80E+06	2,94E+06	1,20E+06	2,95E+06	4,644	0,236	0,002*
Kanal 17	1,03E+06	2,36E+06	2,79E+06	5,25E+06	9,10E+05	3,17E+06	1,45E+06	3,28E+06	8,61E+05	2,89E+06	5,29E+05	3,06E+06	1,41E+06	3,48E+06	6,20E+05	3,64E+06	1,346	0,082	0,262
Kanal 18	1,03E+06	1,88E+06	1,51E+06	2,95E+06	7,56E+05	2,00E+06	1,13E+06	2,56E+06	6,56E+05	1,36E+06	9,31E+05	1,33E+06	1,76E+06	2,73E+06	1,01E+06	3,24E+06	0,398	0,026	0,789

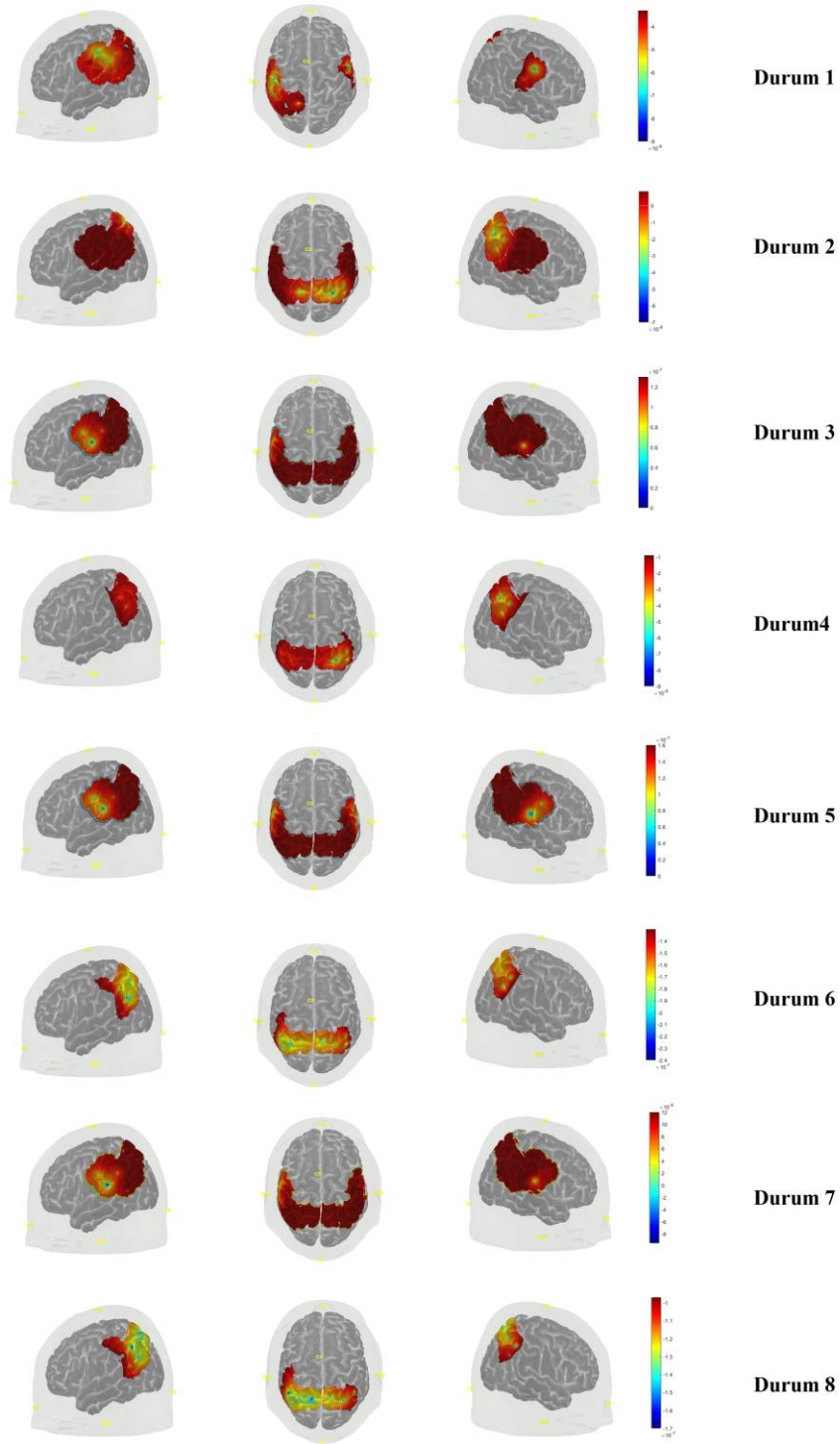
6.2.1.3. Mastoid seviyesinde vestibüler stimölasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması

Mastoid seviyesinde vestibüler stimölasyon sağlanan oturumda katılımcıların hemodinamik beyin aktivitesine dair fNIRS sonuçlarına göre Tablo 6.2.1.3.1.'de görüldüğü üzere 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14. ve 15. kanallarda diğer kanallara göre anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$). Resim 6.2.1.3.1.'de bu oturumdaki 8 farklı duruma ait aktivasyon haritası gösterilmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda anlamlı değeriğe sahip olan

- 5., 6., 7., 8., 12. ve 14. kanallarda durum 7'de,
- 4., 9., 10., 11. ve 15. kanallarda ise durum 5'de,
- 13. kanalda durum 2 de

anlamlı olarak daha yüksek hemodinamik beyin aktivitesi elde edilmiştir.



Resim 6.2.1.3.1. Mastoid seviyesinde vestibüler stimülasyon sağlanan oturumdaki 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri (Sağda: Sağ lob, Ortada: Orta Hat, Solda: Sol lob)

Tablo 6.2.1.3.1. Mastoid seviyesinden vestibüler stimülasyon sağlanan oturumda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması (*: p<0.05)

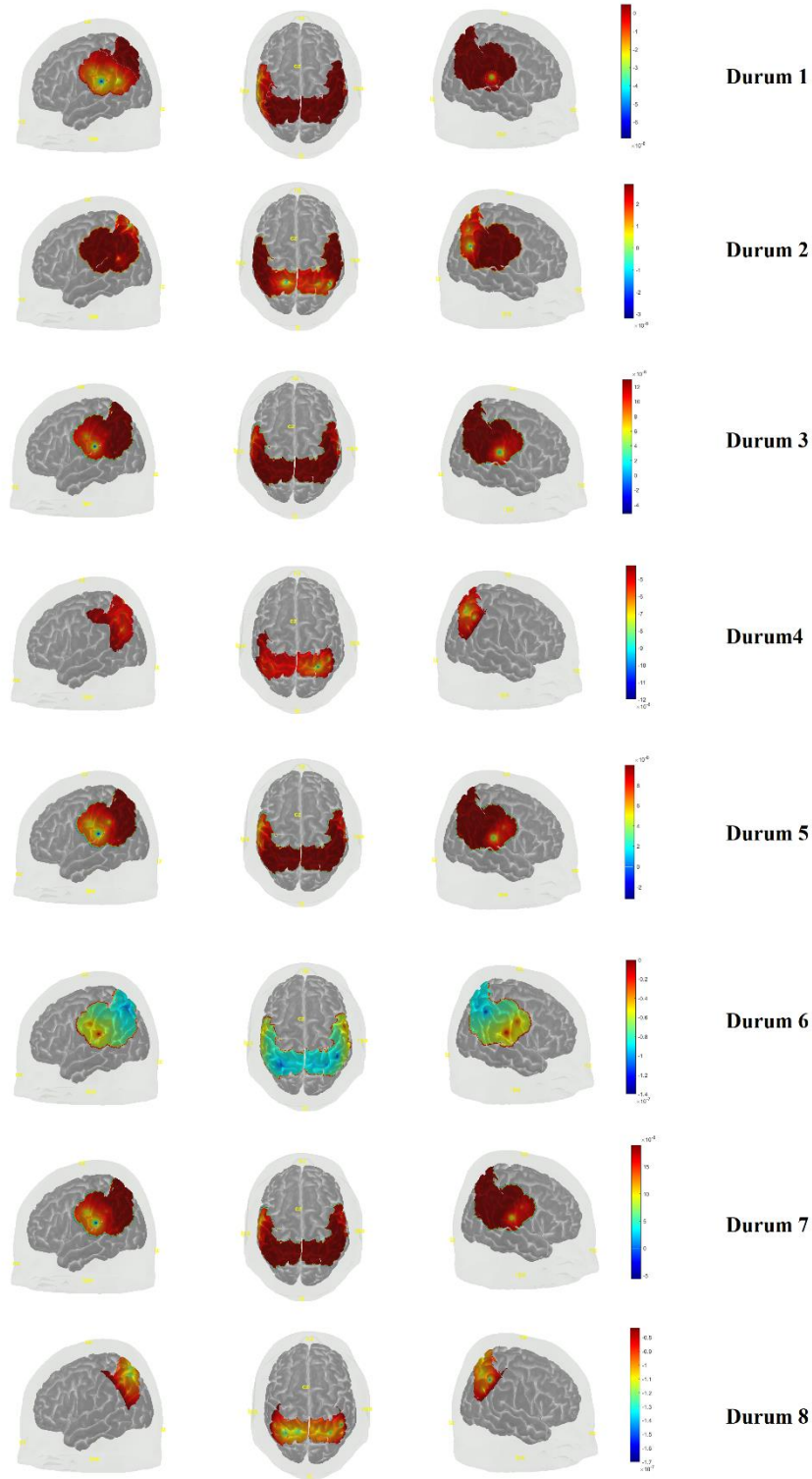
KANALLAR	Görev 1				Görev 2				Görev 3				Görev 4				Fark		
	Durum 1		Durum 2		Durum 3		Durum 4		Durum 5		Durum 6		Durum 7		Durum 8		F	Etki Büyüküğü	p
	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.			
Kanal 1	1,07E+06	3,66E+06	1,87E+06	2,39E+06	2,80E+05	2,85E+06	1,17E+06	3,02E+06	5,25E+05	3,74E+06	7,34E+05	2,62E+06	5,34E+05	4,11E+06	1,28E+06	1,47E+06	2,437	0,119	0,070
Kanal 2	1,32E+06	2,79E+06	1,05E+06	1,37E+06	9,52E+05	2,30E+06	1,04E+06	1,40E+06	7,01E+05	3,96E+06	2,49E+05	2,45E+06	6,00E+05	3,15E+06	5,31E+05	2,42E+06	2,164	0,107	0,090
Kanal 3	2,94E+05	3,07E+06	8,85E+05	1,27E+06	1,16E+06	2,31E+06	1,92E+05	2,07E+06	8,72E+05	2,07E+06	7,32E+05	1,99E+06	1,34E+06	2,74E+06	1,11E+05	2,62E+06	2,339	0,115	0,075
Kanal 4	1,25E+06	4,36E+06	1,18E+06	1,85E+06	1,28E+06	3,04E+06	3,90E+05	2,98E+06	1,60E+06	1,96E+06	1,49E+06	2,61E+06	1,54E+06	3,38E+06	4,94E+04	3,57E+06	3,532	0,164	0,017*
Kanal 5	4,45E+05	3,57E+06	9,09E+05	1,64E+06	1,34E+06	3,45E+06	4,23E+05	2,34E+06	1,95E+06	3,24E+06	1,89E+06	2,22E+06	2,40E+06	2,37E+06	1,07E+06	2,91E+06	7,079	0,282	0,000*
Kanal 6	6,72E+05	1,51E+06	1,23E+06	1,64E+06	1,96E+06	2,45E+06	6,99E+04	2,83E+06	1,28E+06	3,15E+06	5,74E+05	1,49E+06	2,61E+06	3,07E+06	2,03E+05	2,20E+06	5,315	0,228	0,001*
Kanal 7	8,89E+05	1,64E+06	9,64E+05	1,43E+06	1,85E+06	3,22E+06	9,33E+05	1,46E+06	1,47E+06	3,69E+06	1,75E+06	2,13E+06	3,01E+06	2,83E+06	9,59E+05	2,61E+06	9,428	0,344	0,000*
Kanal 8	3,55E+05	3,34E+06	6,85E+05	1,12E+06	1,21E+06	3,00E+06	7,37E+05	1,15E+06	1,26E+06	3,26E+06	1,70E+06	2,41E+06	1,25E+06	3,03E+06	1,50E+06	3,82E+06	3,702	0,171	0,015*
Kanal 9	1,33E+06	3,98E+06	9,65E+05	1,55E+06	8,55E+05	3,10E+06	6,99E+04	2,83E+06	1,22E+06	3,60E+06	1,92E+06	2,55E+06	6,78E+05	4,01E+06	1,20E+06	3,91E+06	3,592	0,166	0,016*
Kanal 10	6,79E+05	1,17E+06	6,98E+05	1,46E+06	1,05E+06	3,38E+06	9,99E+05	1,66E+06	1,25E+06	4,14E+06	1,65E+06	1,75E+06	1,05E+06	4,53E+06	1,02E+06	3,34E+06	3,276	0,154	0,035*
Kanal 11	6,81E+05	1,23E+06	1,02E+06	1,23E+06	1,79E+06	3,34E+06	3,42E+05	2,77E+06	2,42E+06	3,65E+06	2,54E+05	5,07E+05	2,34E+06	3,47E+06	6,63E+05	3,20E+06	4,719	0,208	0,003*
Kanal 12	1,60E+06	3,56E+06	9,78E+05	1,42E+06	1,61E+06	3,52E+06	4,23E+05	2,24E+06	2,29E+06	4,00E+06	1,72E+06	2,31E+06	3,13E+06	3,77E+06	8,72E+05	3,20E+06	8,495	0,321	0,000*
Kanal 13	5,08E+05	1,02E+06	6,27E+05	1,05E+06	1,85E+06	2,30E+06	3,20E+05	2,25E+06	1,21E+06	2,72E+06	8,74E+05	1,68E+06	1,71E+06	1,65E+06	8,57E+05	3,43E+06	5,828	0,245	0,001*
Kanal 14	7,60E+05	1,47E+06	1,62E+05	2,42E+06	1,17E+06	2,95E+06	6,41E+05	1,23E+06	4,15E+05	1,70E+06	1,88E+06	1,87E+06	1,88E+06	3,17E+06	1,14E+06	3,53E+06	5,744	0,242	0,001*
Kanal 15	6,12E+05	9,34E+05	9,77E+03	1,65E+06	4,29E+05	1,69E+06	1,49E+05	1,30E+06	1,56E+06	3,68E+06	6,68E+05	1,77E+06	9,15E+05	1,43E+06	5,16E+05	2,60E+06	3,255	0,153	0,023*
Kanal 16	5,83E+05	1,09E+06	2,89E+05	1,93E+06	5,16E+05	2,36E+06	6,68E+05	2,20E+06	7,27E+04	1,20E+06	1,28E+06	2,10E+06	6,94E+05	2,36E+06	4,06E+05	3,74E+06	2,007	0,100	0,130
Kanal 17	5,06E+05	8,12E+05	1,58E+06	3,02E+06	1,30E+05	3,28E+06	5,71E+05	4,07E+06	6,07E+05	2,31E+06	5,55E+05	2,07E+06	2,22E+06	6,64E+06	8,60E+04	2,81E+06	2,032	0,101	0,121
Kanal 18	5,24E+05	8,54E+05	5,61E+05	1,74E+06	1,22E+06	1,66E+06	4,55E+05	2,26E+06	2,68E+05	1,63E+06	5,94E+05	7,96E+05	8,55E+05	4,32E+06	3,74E+04	3,05E+06	1,303	0,067	0,285

6.2.1.4. Sham oturumunda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması

Sham oturumunda katılımcıların hemodinamik beyin aktivitesine dair fNIRS sonuçlarına göre Tablo 6.2.1.4.1.'de görüldüğü üzere 1., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15. ve 16. kanallarda diğer kanallara göre anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Resim 6.2.1.4.1.'de bu oturumdaki 8 farklı duruma ait aktivasyon haritası gösterilmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda anlamlı değeriyle sahip olan

- 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14. ve 16.. Kanallarda durum 7'de,
 - 1. Kanalda durum 4'te
 - 15. Kanalda durum 5'te
- anlamlı olarak daha yüksek hemodinamik beyin aktivitesi elde edilmiştir.



Resim 6.2.1.4.1. Sham oturumunda 8 farklı duruma ait beyin hemodinamik aktiviteleri (Sağda: Sağ lob, Ortada: Orta Hat, Solda: Sol lob)

Tablo 6.2.1.4.1. Sham oturumunda hemodinamik beyin aktivitelerinin durumlar arası karşılaştırması (*: p<0.05)

KANALLAR	Görev 1				Görev 2				Görev 3				Görev 4				Fark		
	Durum 1		Durum 2		Durum 3		Durum 4		Durum 5		Durum 6		Durum 7		Durum 8		F	Etki Büyüküğü	p
	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.	Ort.	SS.			
Kanal 1	4,73E +05	2,32E +06	1,78E +06	1,84E +06	1,69E +06	3,66E +06	2,27E +06	4,55E +06	1,13E +06	3,70E +06	3,09E +05	2,86E +06	4,27E +03	3,31E +06	1,67E +06	1,83E +06	4,838	0,222	0,002*
Kanal 2	5,22E +05	2,31E +06	1,33E +06	1,30E +06	6,33E +05	2,48E +06	1,51E +06	1,44E +06	1,58E +05	3,05E +06	8,06E +05	2,30E +06	9,72E +05	2,91E +06	2,25E +04	2,68E +06	2,309	0,120	0,080
Kanal 3	1,00E +05	2,66E +06	1,41E +06	1,28E +06	9,99E +05	3,31E +06	4,71E +05	2,56E +06	9,27E +05	2,63E +06	1,19E +06	2,82E +06	2,40E +06	3,22E +06	8,52E +04	2,67E +06	3,425	0,168	0,029*
Kanal 4	6,46E +05	3,28E +06	1,63E +06	1,94E +06	1,12E +06	3,29E +06	7,76E +05	3,11E +06	4,73E +05	3,14E +06	1,77E +06	3,40E +06	2,06E +06	3,57E +06	5,93E +05	3,37E +06	3,225	0,159	0,030*
Kanal 5	1,47E +05	3,67E +06	1,71E +06	2,21E +06	2,20E +06	3,73E +06	1,56E +06	3,27E +06	2,40E +06	3,46E +06	2,57E +06	3,82E +06	4,37E +06	4,67E +06	2,25E +06	4,86E +06	8,434	0,332	0,000*
Kanal 6	1,27E +06	2,72E +06	1,15E +06	1,16E +06	1,94E +06	3,10E +06	3,18E +05	3,02E +06	1,14E +06	3,28E +06	1,29E +06	3,46E +06	2,72E +06	2,96E +06	4,06E +05	2,19E +06	4,172	0,197	0,009*
Kanal 7	1,33E +06	2,36E +06	1,31E +06	1,88E +06	1,99E +06	3,54E +06	5,54E +05	1,19E +06	2,15E +06	3,50E +06	1,90E +06	2,93E +06	4,22E +06	4,19E +06	1,76E +06	4,37E +06	8,715	0,339	0,000*
Kanal 8	3,88E +04	4,82E +06	1,57E +06	2,56E +06	2,08E +06	4,03E +06	3,12E +05	1,18E +06	2,31E +06	3,60E +06	2,14E +06	2,71E +06	3,63E +06	4,63E +06	2,18E +06	4,93E +06	6,205	0,267	0,002*
Kanal 9	2,63E +05	3,84E +06	1,87E +06	2,61E +06	1,36E +06	3,60E +06	3,18E +05	3,02E +06	7,19E +05	2,79E +06	2,36E +06	3,18E +06	2,52E +06	3,94E +06	1,43E +06	3,22E +06	4,809	0,221	0,002*
Kanal 10	1,12E +06	1,79E +06	1,46E +06	2,09E +06	1,73E +06	4,47E +06	9,99E +05	2,28E +06	2,03E +06	3,28E +06	2,65E +06	3,86E +06	2,61E +06	3,99E +06	1,51E +06	3,49E +06	5,899	0,258	0,001*
Kanal 11	1,92E +06	2,65E +06	1,79E +06	2,88E +06	2,22E +06	4,71E +06	1,24E +06	3,85E +06	2,06E +06	4,31E +06	2,96E +05	1,07E +06	4,28E +06	5,65E +06	2,75E +06	5,73E +06	5,564	0,247	0,004*
Kanal 12	2,84E +05	2,79E +06	1,63E +06	2,57E +06	2,22E +06	3,04E +06	1,44E +06	2,75E +06	1,75E +06	2,93E +06	2,55E +06	3,76E +06	3,58E +06	3,37E +06	2,02E +06	4,31E +06	8,585	0,336	0,000*
Kanal 13	1,05E +06	1,64E +06	1,19E +06	2,12E +06	1,96E +06	2,40E +06	4,96E +05	2,27E +06	1,27E +06	2,91E +06	1,87E +06	3,39E +06	2,26E +06	2,93E +06	1,12E +06	2,63E +06	6,306	0,271	0,002*
Kanal 14	1,40E +06	2,10E +06	3,47E +05	4,01E +06	1,52E +06	3,70E +06	5,01E +05	1,20E +06	3,59E +04	1,53E +06	2,49E +06	3,02E +06	3,36E +06	4,33E +06	1,95E +06	4,00E +06	6,370	0,273	0,001*
Kanal 15	8,90E +05	1,24E +06	1,07E +05	2,68E +06	1,08E +06	3,07E +06	6,20E +05	1,97E +06	1,71E +06	3,75E +06	1,82E +06	2,37E +06	1,68E +06	2,47E +06	4,80E +05	2,30E +06	4,197	0,198	0,013*
Kanal 16	1,33E +06	1,58E +06	1,61E +05	3,45E +06	1,05E +06	3,61E +06	1,02E +06	2,92E +06	9,36E +04	1,12E +06	2,53E +06	2,61E +06	2,61E +06	3,41E +06	9,06E +05	3,25E +06	5,668	0,250	0,002*
Kanal 17	6,74E +05	9,68E +05	8,77E +05	3,94E +06	6,25E +05	3,26E +06	4,38E +05	3,94E +06	4,32E +05	2,66E +06	3,33E +04	2,80E +06	1,32E +06	4,73E +06	7,83E +05	3,60E +06	1,207	0,066	0,316
Kanal 18	6,81E +05	8,01E +05	4,84E +05	2,56E +06	1,39E +06	2,22E +06	3,47E +05	2,36E +06	8,34E +04	1,13E +06	4,56E +05	8,96E +05	2,22E +05	3,63E +06	2,13E +05	2,75E +06	0,655	0,037	0,617

6.2.2. Durumlara göre uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri farklarının karşılaştırması

8 farklı duruma göre uygulamalar arasında katılımcıların hemodinamik beyin aktivitesine dair fNIRS sonuçlarına karşılaştırıldığında 11. ve 12. kanallarda diğer kanallara göre anlamlı derecede daha yüksek seviyede aktivasyon elde edilmiştir (Tablo 6.2.2.1., $p < 0.05$).

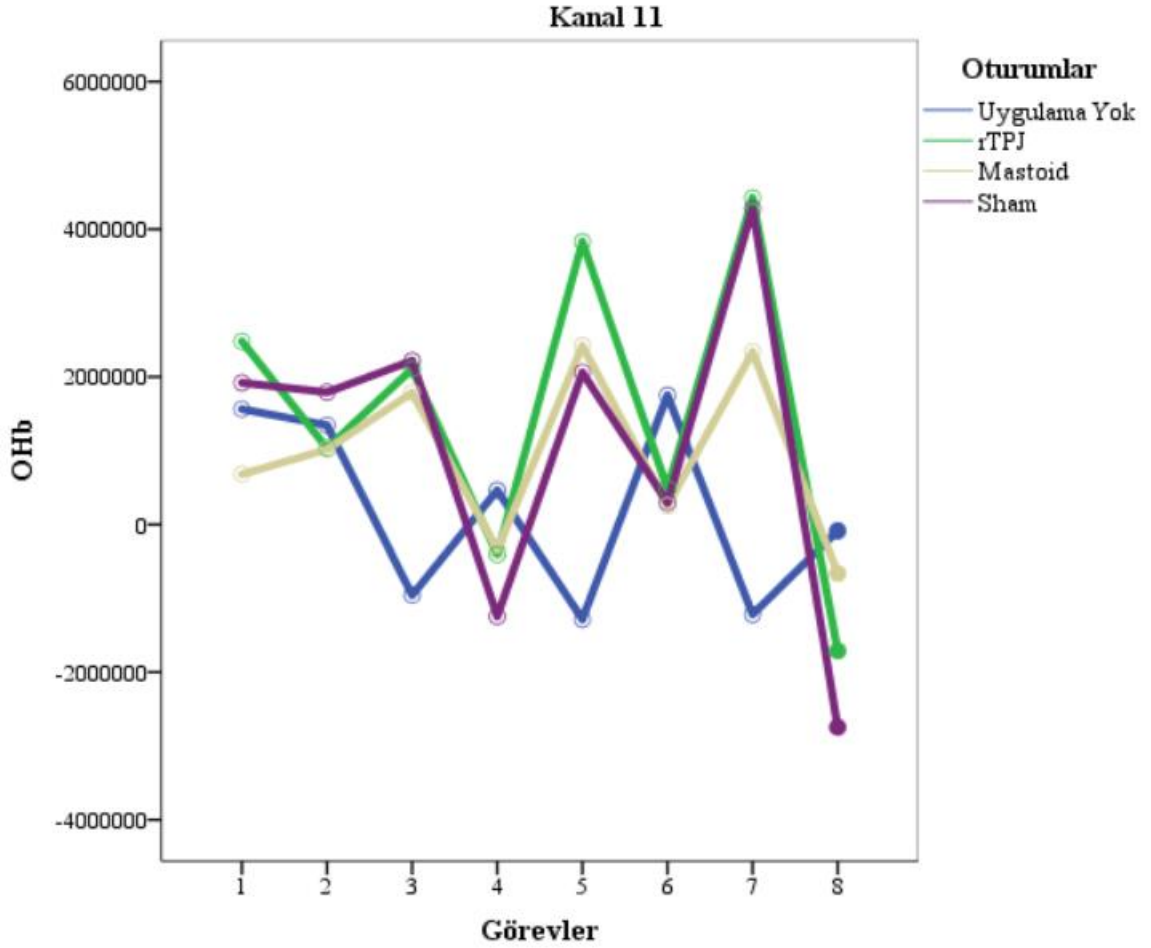
Tablo 6.2.2.1. Durumlara göre uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri farklarının karşılaştırması

	KANALLAR	Oturumlar arası Fark		
		F	Etki Büyüklüğü	p değeri
Görevler	Kanal 1	0.702	0.031	0.790
	Kanal 2	0.938	0.042	0.514
	Kanal 3	0.994	0.044	0.458
	Kanal 4	0.916	0.041	0.543
	Kanal 5	1.077	0.047	0.379
	Kanal 6	1.167	0.051	0.299
	Kanal 7	1.164	0.051	0.307
	Kanal 8	1.213	0.053	0.273
	Kanal 9	1.265	0.055	0.230
	Kanal 10	0.989	0.044	0.459
	Kanal 11	3.744	0,147	0.000*
	Kanal 12	2.170	0.091	0.008*
	Kanal 13	0.892	0.040	0.560
	Kanal 14	1.100	0.048	0.359
	Kanal 15	1.104	0.048	0.353
	Kanal 16	1.208	0.053	0.272
	Kanal 17	0.961	0.042	0.497
	Kanal 18	0.751	0.033	0.698

(* : $p < 0.05$)

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda uygulamalar arası 11. Kanal'da;

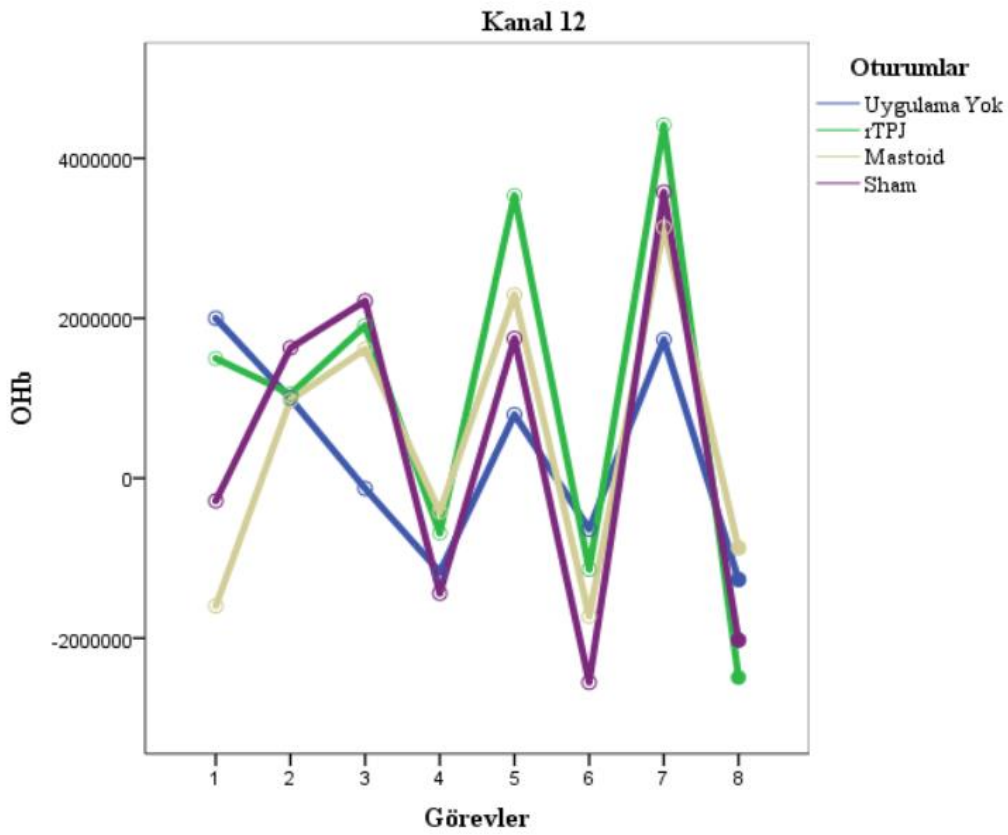
- Vestibüler uygulama yapılmayan oturumda Durum 1'de,
- rTPJ seviyesinde uygulama yapılan oturumda Durum 7'de
- Mastoid seviyeden uygulama yapılan oturumda Durum 7'te
- Sham oturumunda Durum 7'de en yüksek hemodinamik beyin aktivitesi kaydedilmiştir (Resim 6.2.2.1.).



Resim 6.2.2.1. 8 farklı duruma göre 11. Kanalda uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda uygulamalar arası 12. Kanal'da

- Vestibüler uygulama yapılmayan oturumda Durum 1'de,
- rTPJ seviyesinde uygulama yapılan oturumda Durum 7'de
- Mastoid seviyeden uygulama yapılan oturumda Durum 7'te
- Sham oturumunda Durum 7'de en yüksek hemodinamik beyin aktivitesi kaydedilmiştir (Resim 6.2.2.2.).



Resim 6.2.2.2. 8 farklı duruma göre 12. Kanalda uygulamalar arasındaki hemodinamik beyin aktiviteleri

6.3. Koordinat Verilerinin Karşılaştırılması

Katılımcılar sanal gerçeklik ortamında hedefe ulaştıkları anda buldukları konumlarının x ve y koordinatları üzerindeki değerleri Tablo 6.3.1.'de gösterilmiştir. Bu istatistiksel sonuca göre oturumlar arasında katılımcıların hedefe ulaştıkları son konumları arasında anlamlı farklılığa rastlanmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 6.3.1. Katılımcıların hedefe ulaştıkları anda buldukları konumların karşılaştırması

Görevler	Koordinatlar	Oturumlar				F	p
		Vestibüler Uyarım Yok	rTPJ seviyesinde uyarım	Mastoid seviyesinde uyarım	Sham Oturumu		
		Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS		
Görev 1	x	40,2 ± 14,8	39,7 ± 15,8	40,2 ± 14,3	41,2 ± 17,3	0,103	0,958
	y	271,1 ± 17,1	268,0 ± 14,3	267,1 ± 14,6	273,0 ± 15,5	1,862	0,137
Görev 2	x	35,1 ± 12,0	31,9 ± 14,2	31,5 ± 13,9	37,0 ± 18,5	1,880	0,134
	y	269,7 ± 16,7	269,0 ± 12,0	272,6 ± 11,0	271,0 ± 14,4	0,799	0,496
Görev 3	x	32,8 ± 13,7	31,5 ± 15,1	34,2 ± 16,9	32,0 ± 14,7	0,371	0,774
	y	276,9 ± 16,5	274,8 ± 15,3	272,3 ± 36,0	277,3 ± 17,8	0,584	0,626
Görev 4	x	34,9 ± 12,9	32,9 ± 14,9	34,0 ± 14,8	37,8 ± 13,9	1,347	0,260
	y	273,6 ± 14,4	272,9 ± 13,3	271,8 ± 12,3	269,7 ± 13,8	0,945	0,419

(* : $p<0.05$)

6.4. Hedefe Ulaşma Sürelerinin Karşılaştırması

Katılımcılar sanal gerçeklik ortamında hedefi tamamlama süreleri incelendiğinde Tablo 6.4.1.'de gösterildiği şekilde görev 3'te uygulamalar arasında anlamlı farklılığa ulaşıldığı gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu istatistiksel sonuca göre mastoid seviyesinde vestibüler uyarım sağlandıktan sonra katılımcıların hedefe ulaşma sürelerinin diğer oturumlara kıyasla daha kısa sürede tamamladıkları sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.4.1. Katılımcıların oturumlar arası hedefe ulaşma sürelerinin karşılaştırılması (saniye)

Görevler	Oturumlar				F	p
	Uyarım Yok	rTPJ seviyesinde uyarım	Mastoid seviyesinde uyarım	Sham		
	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS		
Görev 1	42,6 ± 10,3	38,2 ± 3,5	37,6 ± 4,0	39,6 ± 5,12	1,827	0,153
Görev 2	42,1 ± 9,0	44,7 ± 10,4	37,9 ± 4,1	41,6 ± 7,9	1,740	0,169
Görev 3	42,2 ± 10,1	37,8 ± 10,4	35,9 ± 1,8	40,8 ± 4,5	3,745	0,016*
Görev 4	44,8 ± 11,1	40,6 ± 10,7	37,2 ± 2,1	39,2 ± 1,6	2,513	0,068

(* : $p<0.05$)

7. TARTIŞMA

Bu çalışmanın öncelikli amacı, yapay vestibüler uyarımların bedensel benlik bilinci üzerindeki katkılarını hemodinamik aktiviteleri ile birlikte incelemektir. Bunun için katılımcıların vestibüler korteksleri, direkt yol ile sağ temporoparietal bileşke bölge seviyesinden ve indirekt yol ile mastoid bölge seviyesinden elektriksel uyarım sağlandıktan sonra, sanal gerçeklik ortamı içerisindeki performansları fNIRS ile karşılaştırıldı. Ek olarak, katılımcıların bu uygulamalar sonrasında sanal gerçeklik ortamında kendini konumlandırma performanslarını değerlendirmek üzere görev sonrası konumları x-y koordinat sistemi içerisinde incelendi. Çalışmanın sonuçlarına göre katılımcıların rTPJ ve mastoid seviyelerde yapay vestibüler uyarım sağlanması sonrasında sanal gerçeklik ortamında kişide bedensel benlik bilincinin oluşumuna katkı sağlanmasını öne sürdüğümüz ilk hipotezi destekledi. Hipotez 2 ile ileri sürdüğümüz yapay vestibüler uyarımın rTPJ seviyesinden sağlanması sonrasında, katılımcılardan 3. ve 4. görevlerde hedef doğrusalığından daha fazla sapmış ve daha zor tamamlanmış bir performans beklentisi ise kısmen sağlanmış olup, katılımcıların son konumları arasında uygulama yöntemleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiş, otoskopik yanılma & eğik oda yanılması birlikteliğini içeren 3. görevde hedefi tamamlama süresinin mastoid seviyesinde uygulama sonrasında diğer uygulamalara göre daha kısa sürede tamamladığı izlenmiştir. Tüm bu sonuçlar ayrıntılı olarak tartışılacaktır.

Vestibüler sistemin bedensel özbilinç üzerindeki rolü göz önüne alındığında, son çalışmalar görsel ve vestibüler sinyallerin tam vücut yanılmasına katkısını araştırdı (35,37,175–178). İlk araştırmalar, sanal beden üzerindeki yerçekimi ipuçlarını manipüle ederek dolaylı olarak görsel-vestibüler çatışma yaratmaya ve farklı vücut pozisyonunda olduğu izlenimine dayanıyordu (35,37). Daha yakın zamanlarda, Thür ve ark., katılımcıların sanal bedeni fiziksel bedenleriyle uyumlu beden pozisyonunda veya sola veya sağa eğik pozisyonda gördükleri farklı bir kurulum kullandı (178). Bu önceki çalışmaların tümünde, katılımcılar sanal bedeni bir üçüncü şahıs perspektifinden görürken çelişkili görsel vestibüler bilgilere maruz kaldılar. Sağlıklı deneklerde yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, vestibüler afferentlerin birçok beyin bölgesine yansıtılsalar da, kişinin kendi beden bilginde, çoklu duyuşal

entegrasyonda ve ayrıca beden dışı yanlısamlar ile ilgili olduğu gösterilen bir bölge olan TPJ ile yoğun bağlantılara sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışma deneysel kurulum açısından önceki çalışmalardan farklıdır. İlk olarak bedensel öz bilincin oluşum mekanizmasında şimdiye kadar yapılan çalışmalar sadece direkt ya da indirekt yol ile vestibüler korteksin uyarımını içeren çalışmaları içermekte olup, biz çalışmamızda bu iki farklı nöromodüsyon tekniğinin bedensel öz benlik üzerindeki etkilerini karşılaştırdık. İkinci olarak kişilerin kendini konumlandırma performansları esnasında hemodinamik aktivite verileri değerlendirilesinin yanında aynı zamanda görevler sonrasında gerçek dünyada kendi bedenlerinin bulunduğu konumlarını x-y düzleminde değerlendirdik. Üçüncü olarak sanal gerçeklik ortamını, katılımcılara dik vücut pozisyonunda olduğuna dair güçlü bir izlenim vermesi ve ortama daha fazla oryantasyonu sağlaması amacıyla deney odasındaki eşyalara benzer objeleri içerecek şekilde tasarladık (179)

7.1. Fonksiyonel Yakın Kızılötesi Spektroskopi Kullanarak Beyin Aktivasyonunun Analizi

Vestibüler kortikal işleme ile birlikte beden sahipliği ve bedensel bilinç arasındaki bağlantılar göz önüne alındığında, periferal vestibüler sinyallere müdahalenin, bedensel öz-bilincin nörobiyolojisi ile ilgili sonuçlara yol açabileceği düşünülebilir. Blanke ve ark. (180) ve Blanke ve Mohr (39), otoskopik fenomenlerin beden veya kişisel alandaki (çelişen dokunsal, proprioseptif, kinestetik ve görsel bilgiler nedeniyle) bir ayrışmadan ve kişisel ve kişi dışı alan arasındaki ikinci bir ayrışmadan (çelişen görsel ve vestibüler bilgiler nedeniyle) kaynaklandığını öne sürdüler. Otoskopik fenomenin formları arasındaki farklılıklar, esas olarak, vestibüler disfonksiyonun gücü ve tipindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Heutoskopide vestibüler ve somatosensoryel bilgi işlemedeki bozulma nedeniyle bedenlenme ve beden sahipliği bozulur. Otoskopik halüsinasyonlarda her iki bozukluk da yoktur veya daha hafiftir. Bu veriler, beden sahipliğinin beyin mekanizmalarının bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda beyin hemodinamik aktivitesine ilişkin sonuçlarımız 4 farklı uygulama sırasında çeşitli serebral bölgelerde kortikal aktivasyonu gösterdi.

Nörogörüntüleme çalışmaları, PIVC ile ilişkili beyin ağlarının bu tür vestibüler stimülasyon varlığında kritik olduğunu gösteren sonuçlara ulaşmıştır. Çalışma sonuçlarımızı ilk olarak uygulamalar içerisinde değerlendirdiğimizde; vestibüler uyarım sağlanmamış olan, rTPJ seviyesinde vestibüler uyarım sağlanan, mastoid seviyesinde uyarım sağlanan ve sham oturumlarında gerçekleştirilen görevler esnasında ortak olarak sağ lobda ve sol lobda supramarjinal girus, angular girus bölge bağlantılarında ve sol sekonder assosiasyon sensörimotor kortekste en güçlü hemodinamik aktivasyonu sergilemiş ve artan HbO ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Vestibüler uyarım sağlanmayan oturumda bu bölgelerin de hemodinamik aktivitesinde artış elde edilmesi bu ilgili bölgelerin görevler esnasında uzamsal odaklanma, görsel-uzaysal işleme ve görsel harekete tepki bilgilerini kodlamasından kaynaklandığı düşünülebilir. Diğer oturumlarda gerçekleştirilen rTPJ seviyesi ve mastoid bölge seviyesindeki yapay vestibüler stimülasyonlar sonucunda, bu serebral bölgelere ek olarak, iki uygulamada da sağ primer somatosensöriyel kortekste ve sekonder sensörimotor korteks-ventral posterior singulat korteks (PMC) bağlantısında hemodinamik aktivasyon gözlemledik. İki yapay vestibüler stimülasyon arasındaki fark olarak ise rTPJ seviyesinde sağlanan uyarım sonrasında diğer oturumlarda ayrı olarak sol primer somatosensöriyel korteks-supramarjinal girus bağlantısallığında ve sağ supramarjinal girus bölgesinde hemodinamik aktivasyonda artış gözlenmiştir. Mastoid seviyede sağlanan uyarımda ise diğer oturumlarda gözlemediğimiz sol sekonder assosiasyon sensörimotor korteks - ventral posterior singulat korteks (PMC) bağlantısında hemodinamik aktivite artışına ulaştık. İnférieur parietal lobda supramarjinal ve angular girustaki güçlü aktivasyonla ilgili sonuçlarımız, TPJ bölgesinde vestibüler işleme ile görevler arasındaki ilişkilerin daha güçlü hale geldiğine dair literatürdeki bulgularla desteklenmektedir (181–183). Bununla birlikte, yapılan çalışmalarda gerçek ve sahte tDCS protokollerinin, güçlü terapötik beklentiler uyandırabildiği ve bu nedenle özellikle büyük plasebo etkilerine neden olabildiği belirtilmiştir (161). Bizim çalışmamızda sham oturumunda, rTPJ ve mastoid seviyelerinde vestibüler uyarım sağlanan oturumlar sonrasında gözlediğimiz hemodinamik aktivasyon gerçekleşen kortikal alanlarının tümünde sahte uyarım sonrasında da hemodinamik aktivasyon oluştuğu sonucuyla karşılaştık.

Yapılan çalışmalarda beden sahipliği yanlısamasının, değiştirilmiş duyuşal işleme ve sensorimotor entegrasyonu yoluyla motor korteks uyarılabilirliğini modüle ettiği belirtilmiştir (184). Posteromedial korteksin öznelük üretmeden rol oynadığı fikri öne sürülmüştür (16). Literatürde posteromedial korteksten kaynaklanan nöbetleri olan ve benlik duygusu ile karakterize edilen hasta vakasında, hastanın “duyarsızlaşma” yani gerçek dışılık, kopukluk veya kişinin düşünceleri, hisleri, duyumları veya bedeniyle ilgili olarak dışarıdan bir gözlemci olma durumu bulunduğu raporlanmıştır. Bu rapor nöbet auraları sırasında ve PMC'nin uyarılmasından sonra bedenini kendi kendine ayırışmayı göstermiştir. Bu konuda kayda değer önceki önemli çalışmalarda rTPJ alanının uyarılması sırasında vücut dışı deneyim rapor edilmiş ve bunun TPJ ve PMC arasındaki etkileşimdeki bozulmalarla ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (35,41). Biz bu çalışma ile mastoid bölgeden sağlanan yapay vestibüler uyarım ile PMC bölgesinde artan hemodinamik yanıtı elde ettik. Bununla birlikte, yapılan fMRI çalışmasında posterior insula bölgesinin sadece mastoid düzeyde uygulanan galvanik stimülasyon sırasında aktivasyon gösterdiği bulgusu, vestibüler işlevini destekler. Bu konum, en iyi şekilde PIVC bölgesi ile ilişkilidir ve bu bölgedeki nöronlar, periferik vestibüler sinirin elektriksel uyarısına ve doğal vestibüler, somatosensöriyel ve optokinetik uyarıya yanıt vermektedir. Tsakiris tarafından sunulan nörobilişsel beden sahipliği modeli, multisensöriyel entegrasyona ve bedenini içsel modellerine bağlı olan, beden sahipliği algısından sorumlu bir sinir ağı önermiştir (3). Bu modele göre, sağlanan bedensel yanlısamalar sırasında somatosensöriyel ve görsel girdiler arasındaki çatışma, multisensöriyel entegrasyonu kesintiye uğratar ve vücut sahipliğinin sağlanması sürecini tetikler. Sağ temporoparietal bileşke, somatosensöriyel korteks, posterior parietal korteks ve sağ posterior insula bu sürecin stratejik alanları olarak önerilmiştir (185–188). Ayrıca ventral premotor korteksin vücut sahipliği duygusuna katkıda bulunduğu ve motor sisteme bir bağlantı sağladığı öne sürülmüştür (3,185,189). Beden sahipliği alanında yapılan elektrofizyolojik çalışmalar temel olarak somatosensöriyel uyarılmış potansiyeller, tekrarlayan transkraniyel manyetik stimülasyon ve elektroensefalografi kullanılarak farklı kortikal alanların somatosensöriyel işleme ve etkinliğine odaklanmıştır (187,190,191). Bununla birlikte, birkaç araştırma, beden sahipliğinin sensörimotor entegrasyon ve motor korteks uyarılabilirliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. İnsan motor sistemi,

hareketleri uygun şekilde yürütmek için sürekli duyuşal girdi gerektirir; bu sürece de sensorimotor entegrasyon adı verilmiştir (192). Bu nedenle, sanal gerçeklik ortamında sağlanan duyuşal çatışma, sensorimotor entegrasyonunu değiştirebilir, böylece kortikomotor çıktısı, bedensel sahipliğın nöral temeli hakkında daha fazla bilgi sağlayabilir.

İkinci olarak; uygulamalar arasındaki fNIRS verilerinde 11. ve 12. NIRS kanallarında yani inferior ve superior parietal lob'da sol sekonder assosiasyon sensörimotor kortekste ve angular girus bağlantısının sağlandığı bölgelerinde; vestibüler uyarım sağlanmadığında otoskopik yanılısma esnasında, rTPJ ve mastoid seviyelerinde uygulanan vestibüler uyarım oturumları sonrasında ise eğik oda yanılısması & heutoskopik yanılısma birlikteliği olan durumda diğer durumlara göre yüksek hemodinamik beyin aktivitesiyle sonuçlandı. Bunun nedeni olarak otoskopik yanılısma durumunun sadece kişisel alanda bir disentegrasyon ile birlikte gözlendiği ve vestibüler bilgiyi işlemedeki bir patolojiden etkilenmediği fakat yine de kişisel alanda bir çatışma olması nedeniyle ilgili bölgelerde hemodinamik aktivasyondaki artışı sağlandığı düşünülebilir. Bununla birlikte uygulanan her iki yapay vestibüler uyarım ile müdahale edilmiş vesibüler işleme sonrasında katılımcıların eğik oda yanılısması & heutoskopik yanılısma görevinde bedensel benliklerini atfetmede, eğik oda yanılısmasında mevcut olan vestibüler bilgiyi işleme ve kişi dışı alan entegrasyon bilgisini kodlaması becerilerine ek olarak, heutoskopik yanılısamada kişisel alan bilgilerinin de kodlanması gerektiğinden ve bu görevin diğer görevlerden daha fazla bir vestibüler işleme becerisi gerektirdiğinden en fazla hemodinamik aktivitenin bu görevde elde edilmiş olduğu şeklinde yorumlayabiliriz.

7.2. Koordinat Verilerinin ve Hedefe Ulaşma Sürelerinin Değerlendirilmesi

Çoğu çalışma görsel sinyallerin öz konumu belirlemedeki katkısını tanımlamış olsa da, diğerleri multimodal alanlarda bedensel, retinal ve jeosentrik uzaydan gelen sinyalleri birleştirerek vestibüler sinyallerin bedensel deneyimi birleştirmedeki rolünü vurgulamıştır (14). TPJ aktivitesi, çevreye göre vücut oryantasyonu hakkında görsel, dokunsal, proprioseptif ve vestibüler sinyaller aldığından, kendini konumlandırma ve görsel-uzaysal perspektifi hesaplamak için gereklidir (45,130). Bu bölgede

gerçekleşen multisensöriyel entegrasyon, bu formun öz konumlanma ve tutarlı perspektif deneyimi için gerekli görünmektedir. Bu anlamda, kendini konumlandırma deneyimi, benlik bilinci için ve ayrıca dış olayların farkındalığı için gerekli bir koşul olarak görünmektedir (129).

Çalışmadan elde ettiğimiz bulgular yapay vestibüler uyarımın mastoid seviyeden sağlanmasına göre, sağ temporo-parietal bileşke seviyesinden sağlanması sonrasında, katılımcılardan 1. ve 2. görevlerle karşılaştığımızda 3. ve 4. görevlerde hedef doğrusalığından daha fazla sapmış ve daha zor tamamlanmış bir performans beklediğimiz hipotezimizi kısmi olarak sağladığı sonucuna ulaştık. Katılımcıların istediğimiz 4 farklı yanılısama durumunda kendilerini atfettikleri sanal bedenlerine göre 45 derece sağ taraflarında kapı şeklinde bulunan hedefe ulaşım durmalarını istedik ve durdukları noktada her bir katılımcının sağ topuk hizasından x-y koordinat sistemindeki konumlarını kaydettik. Yapay vestibüler uygulama olmaksızın katılımcıların hedefe ulaştıkları konumu x-y koordinatları ile rTPJ ve mastoid bölge seviyelerinden sağlanan vestibüler uyarımlar sonrasındaki konumlarını karşılaştığımızda anlamlı farklılığa rastlamadık. Bununla birlikte katılımcıların hedefe ulaşma sürelerini karşılaştığımızda oda eğimi yanılısaması & otoskopik yanılısama birlikteliği bulunan görevi diğer görevlere göre daha kısa sürede tamamladıkları ve bunun mastoid bölge seviyesinden uygulanan vestibüler stimülasyon sonrasında gerçekleştiği sonucuna ulaştık.

Parieto insular vestibüler korteksin oda eğimi yanılısamasındaki etkisinin, vücut dışı deneyimlerdeki ve heutoskopideki etkisinden farklı olduğunu varsayılmıştır, çünkü oda eğimi yanılısaması sırasında, beden ve beden mülkiyeti patolojileri olmaksızın kişinin kişi dışı alanda yalnızca beden konumu ile ilgili anormal işleme vardır. Bununla birlikte sağlıklı katılımcılarda yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, üçüncü şahıs perspektifinden görülen sanal bir beden konumuyla kendini tanımlamanın ve bu konumdaki konumu belirlemenin sol inferior parietal lobu aktive ettiğini göstermiştir (146,147). Bu çalışmalar, temporo-parietal bileşkedeki multisensöriyel alanların sanal gerçeklikte değişen öz konumlandırmaya dâhil olduğu sonucuna varmaktadır. Vestibüler sinyallerin beden bilinci üzerindeki etkisini araştırmak için, periferik vestibüler sistemlerin yapay stimülasyonları kullanılmış (14), galvanik vestibüler stimülasyonun, yerçekimi dikeyine göre katoda doğru belirgin bir

eğim ile karakterize edilen hayali kendi vücut algıları yaratarak, kişinin kendi konumunda güçlü rahatsızlıklara neden olduğu gösterilmiştir (193,194). Bu hayali öz beden pozisyonu algısı, kişilerin dikey oryantasyonda başı sabitken, algılanan vücut pozisyonu ile fiziksel vücut pozisyonu arasında açık bir ayırım olduğunda gözlemlendiği ileri sürülmüştür. Buna göre, benlik ve vücut konumu arasındaki bu uzamsal ayrışmanın bu durumun en şiddetli şekilde gözlenebileceği vücut dışı deneyimler ile vestibüler yanılsamaların sıklıkla semptomlarla ilişkili olduğu otoskopik fenomenli hastalarda ve sanal gerçeklik kullanan sağlıklı deneklerde multisensöriyel çatışma oluşumu sonucunda gözlemlenebileceği düşünülmüştür. Bizim çalışmamızda katılımcıların x-y koordinat sisteminde kendilerini konumlandırma bilinci üzerinde, yapay vestibüler uyarımlar sonrasında, uyarım olmaksızın gerçekleşen oturumlara göre bir farklılık saptanmamış olup, ilerleyen çalışmalarda öz konumlandırmanın dikey lokasyon üzerindeki algısının bu yöntemler değerlendirilebileceğini öneriyoruz.

Her bilinçli zihindeki benlik, bireysel yaşam yönetimi düzeneklerinin ve biyolojik değerlerin temsilcisidir. İmge oluşturmada kullanılan verilerin toplandığı duyuşal portallar zihne, organizmanın bir nesne hakkındaki görüşünü sağlar. Bu görüş algıların doğduğu beden bölgelerinin tamamından toplanmaktadır. Bu görüşün sadece beden dışı deneyimler gibi nörolojik hastalıklarda, fizyolojik travmalarda ya da sanal gerçeklik aygıtlarının kullanıldığı deneysel çalışmalarda bozulduğu bildirilmiştir (47,195). Serebral korteks açısından duyuşal portallardan toplanan verilerin çoğu insula yerine kortekste SI ve SII alanları üzerinden somatosensöriyal sisteme girmesi gereklidir Somatosensöriyal korteksler dış dünyadan ve bedenden gelen sinyalleri ve duyuşal portallardan gelen sinyalleri iletir. Duyuşal portal bileşeni organizma yapısına, dolayısıyla ilkbene aittir. Bedenin beyinle ayrılmaz bir bütün olduğu gerçeği savunulmuş bunun da ilkel hislerin ve nesne olarak bedenle bu nesneyi temsil den beyin arasındaki ilişkini temeli olduğu öne sürülmüştür. Organizma bir nesneyle karşılaştığında bu karşılaşma ilkbene değiştirir. Bunun nedeni nesnenin haritasını çıkarmak için beynin bedeni uyarlaması ve bu uyarılmanın sonuçlarıyla haritalanan imgenin içeriğinin ilkbene iletilmesidir. İlkbendeki değişiklikler çekirdek benlik üretimini başlatır ve bir olaylar zincirini tetikler. Bu zincirdeki ilk olay ilkel hislerde “nesneyi bilme hissiyle” sonuçlanan bir dönüşümdür. Bu his, nesneyi o andaki diğer

nesnelere ayırır. Zincirdeki ikinci olay bilme hissinin sonucudur. Bu adımda etkileşime girilen nesne için bir “belirginlik” oluşur. Bu genellikle işleme kaynaklarının belirli bir nesneye odaklanması olarak yani “dikkat” ile ifade edilir. Bunun sonucu olarak çekirdek benlik değişmiş ilkbenin değişimine neden olan ve artık bir his ile işaretleniş ve dikkat etkeni dâhil olmuş nesneyle bağlanmasından oluşur. Bu döngünün sonunda zihin bir olaylar dizisine ait imgelere sahip olur: belirli bir görüşle nesneye bakıldığında, dokunulduğunda ya da nesne işitildiğinde nesne bedenle etkileşim kurar, bu etkileşim bedeninin değişimine neden olur, nesnenin varlığı hissedilir ve nesne belirgin hale gelir. Sürekli olarak gerçekleşen bu olaylar, olayların bir başkahramanı olduğunu ve bu başkahramanın da maddesel ben olduğu gerçeğini anlık olarak zihne yansıtır. Bu durumlar başkahramanı ortaya çıkarır, organizmanın ürettiği eylemleri ve nesneyle etkileşiminden doğan hisleri bu başkahramanla ilişkilendirir ve bir tür sahiplik hissi yaratır (16).

8. SONUÇ

- Çalışmamızda sağlıklı katılımcıların bedensel benlik bilinçlerinin sanal gerçeklik ortamında oluşturulan duyuşal çatışma ile kişilerde uzamsal odaklanma, görsel-uzaysal işleme ve görsel harekete tepki bilgilerini kodlamasını sağlamaktadır.
- Sanal gerçeklik ortamı ile birlikte mastoid bölge seviyesinden uygulanan yapay vestibüler uyarımlar sensorimotor entegrasyonu, rTPJ seviyesinde uygulanan yapay vestibüler uyarımlar somatosensöriyel entegrasyon üzerinde değişikliğe ayrıca neden olmaktadır, bu uyarımların kortikal çıktısı bedensel sahipliğin nöral temeli hakkında daha fazla bilgi sağlayabilir.
- Yapay vestibüler uyarım ile müdahale edilmiş vestibüler işleme sonrasında kişilerde bedensel sahiplik algısı vestibüler bilgiyi işleme ve kişi dışı alan entegrasyonu bilgilerinin kodlanmasının yanı sıra kişisel alan bilgilerinin kodlanmasını gerektirmektedir.
- rTPJ ve mastoid bölge seviyelerinden sağlanan yapay vestibüler uyarımlar kişilerde öz konumlanma üzerinde bir etkiye neden olmazken mastoid seviyede sağlanan yapay vestibüler uyarımlar periferal vestibüler bilginin kullanılmasını sağlayarak görsel-uzamsal düzlemde hedefe ulaşma performansında etkiye sebep olmaktadır.
- Çalışmamızda kullandığımız nörogörüntüleme tekniğinin (fNIRS) yapay vestibüler uyarımlar ile kişilerde bedensel benlik bilincinin kortikal alanlarda oluşturduğu aktivasyonu ölçmede kullanılabilir bir yöntem olduğu gözlenmiştir.

9. KAYNAKLAR

1. Gallagher S. Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends Cogn Sci* [Internet]. 2000 Jan 1 [cited 2021 Dec 15];4(1):14–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10637618/>
2. Jeannerod M. The origin of voluntary action: history of a physiological concept. *C R Biol* [Internet]. 2006 May [cited 2021 Dec 15];329(5–6):354–62. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16731493/>
3. Tsakiris M. My body in the brain: a neurocognitive model of body-ownership. *Neuropsychologia* [Internet]. 2010 Feb [cited 2021 Dec 15];48(3):703–12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19819247/>
4. Farrer C, Franck N, Paillard J, Jeannerod M. The role of proprioception in action recognition. *Conscious Cogn* [Internet]. 2003 [cited 2021 Dec 15];12(4):609–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14656504/>
5. Fournier P, Jeannerod M. Limited conscious monitoring of motor performance in normal subjects. *Neuropsychologia* [Internet]. 1998 Nov 1 [cited 2021 Dec 15];36(11):1133–40. Available from: <https://www.scinapse.io/papers/2091093652>
6. David N, Bewernick BH, Cohen MX, Newen A, Lux S, Fink GR, et al. Neural representations of self versus other: Visual-spatial perspective taking and agency in a virtual ball-tossing game. *J Cogn Neurosci* [Internet]. 2006 [cited 2021 Dec 15];18(6):898–910. Available from: https://www.researchgate.net/publication/6946972_Neural_Representations_of_Self_versus_Other_Visual-Spatial_Perspective_Taking_and_Agency_in_a_Virtual_Ball-tossing_Game
7. Farrer C, Frey SH, Van Horn JD, Tunik E, Turk D, Inati S, et al. The angular gyrus computes action awareness representations. *Cereb Cortex* [Internet]. 2008 Feb [cited 2021 Dec 15];18(2):254–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17490989/>
8. Farrer C, Franck N, Georgieff N, Frith CD, Decety J, Jeannerod M. Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *Neuroimage* [Internet]. 2003 Feb 1 [cited 2021 Dec 15];18(2):324–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12595186/>
9. Karim H, Fuhrman SI, Sparto P, Furman J, Huppert T. Functional brain imaging of multi-sensory vestibular processing during computerized dynamic posturography using near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*. 2013 Jul 1;74:318–25.
10. Takakura H, Shojaku H, Takamoto K, Urakawa S, Nishijo H, Watanabe Y. Cortical Hemodynamic Responses to Intravenous Thiamine Propylidysulphide Administration Detected by Multichannel Near Infrared Spectroscopy (NIRS) System. *Brain Topogr* 2011 242 [Internet]. 2011 Mar 29 [cited 2021 Dec 27];24(2):114–26. Available from:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10548-011-0179-9>

11. Lin CC, Barker JW, Sparto PJ, Furman JM, Huppert TJ. Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) brain imaging of multi-sensory integration during computerized dynamic posturography in middle-aged and older adults. *Exp Brain Res* 2017 2354 [Internet]. 2017 Feb 14 [cited 2021 Dec 27];235(4):1247–56. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-017-4893-8>
12. Santiesteban I, Banissy MJ, Catmur C, Bird G. Enhancing social ability by stimulating right temporoparietal junction. *Curr Biol* [Internet]. 2012 Dec 4 [cited 2022 Jan 6];22(23):2274–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23122848/>
13. Santiesteban I, Banissy MJ, Catmur C, Bird G. Functional lateralization of temporoparietal junction - imitation inhibition, visual perspective-taking and theory of mind. *Eur J Neurosci* [Internet]. 2015 Oct 1 [cited 2022 Jan 6];42(8):2527–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26234387/>
14. Lopez C, Blanke O. Neuropsychology and neurophysiology of self-consciousness Multisensory and vestibular mechanisms. 2007;
15. Lenggenhager B, Tadi T, Metzinger T, Blanke O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science* [Internet]. 2007 Aug 24 [cited 2021 Dec 15];317(5841):1096–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17717189/>
16. Damasio A. Self comes to mind [Internet]. *Human Nature*. 2010. 367 p. Available from: <http://books.google.com/books?id=AuNjhF6HYIkC&pgis=1>
17. Ae GB, Aglioti SM. The body in the brain revisited.
18. Blanke O, Metzinger T. Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends Cogn Sci* [Internet]. 2009 Jan [cited 2021 Dec 15];13(1):7–13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19058991/>
19. Legrand D. Pre-Reflective Self-Consciousness. *Janus Head*. 2007;9(2):493–519.
20. Metzinger T. Empirical perspectives from the self-model theory of subjectivity: a brief summary with examples. *Prog Brain Res* [Internet]. 2008 [cited 2021 Dec 15];168. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18166398/>
21. Filippetti ML, Johnson MH, Lloyd-Fox S, Dragovic D, Farroni T. Body perception in newborns. *Curr Biol* [Internet]. 2013 Dec 2 [cited 2021 Dec 15];23(23):2413–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24268410/>
22. Rochat P. Self-perception and action in infancy. *Exp brain Res* [Internet]. 1998 [cited 2021 Dec 15];123(1–2):102–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9835398/>
23. Blanke O, Slater M, Serino A. Behavioral, Neural, and Computational

- Principles of Bodily Self-Consciousness. *Neuron* [Internet]. 2015 Oct 7 [cited 2021 Dec 15];88(1):145–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26447578/>
24. Kilteni K, Maselli A, Kording KP, Slater M. Over my fake body: Body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception. *Front Hum Neurosci*. 2015 Mar 24;9(MAR):141.
 25. Metzinger T. Being no one : the self-model theory of subjectivity. 2003 [cited 2021 Dec 15];699. Available from: https://www.researchgate.net/publication/237562485_Losing_Your_Self_Being_No-One_the_Self-Model_Theory_of_Subjectivity
 26. Blanke O. Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. *Nat Rev Neurosci*. 2012 Aug;13(8):556–71.
 27. Gallagher S. How the Body Shapes the Mind. *How Body Shapes Mind*. 2006 Feb 1;1–294.
 28. Metzinger T. Empirical perspectives from the self-model theory of subjectivity: a brief summary with examples. *Prog Brain Res*. 2007;168.
 29. Seth AK. Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends Cogn Sci* [Internet]. 2013 Nov [cited 2021 Dec 15];17(11):565–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24126130/>
 30. Alsmith A. Alsmith, A.J.T. (2012) What reason could there be to believe in pre-reflective bodily self-consciousness? [Internet]. [cited 2021 Dec 15]. Available from: https://www.academia.edu/1567851/Alsmith_A_J_T_2012_What_reason_could_there_be_to_believe_in_pre_reflective_bodily_self_consciousness
 31. Metzinger T. Why are dreams interesting for philosophers? The example of minimal phenomenal selfhood, plus an agenda for future research. *Front Psychol* [Internet]. 2013 [cited 2021 Dec 15];4. Available from: </pmc/articles/PMC3813926/>
 32. Serino A, Alsmith A, Costantini M, Mandrigin A, Tajadura-Jimenez A, Lopez C. Bodily ownership and self-location: Components of bodily self-consciousness. *Conscious Cogn*. 2013;22(4):1239–52.
 33. Nicolas-Puel C, Akbaraly T, Lloyd R, Berr C, Uziel A, Rebillard G, et al. Characteristics of tinnitus in a population of 555 patients: specificities of tinnitus induced by noise trauma. *Int Tinnitus J*. 2006;12(1):64–70.
 34. Kannape OA, Schwabe L, Tadi T, Blanke O. The limits of agency in walking humans. *Neuropsychologia* [Internet]. 2010 May [cited 2021 Dec 15];48(6):1628–36. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20144893/>
 35. Ionta S, Heydrich L, Lenggenhager B, Mouthon M, Fornari E, Chapuis D, et al. Multisensory Mechanisms in Temporo-Parietal Cortex Support Self-Location and First-Person Perspective. *Neuron*. 2011 Apr 28;70(2):363–74.

36. Lenggenhager B, Mouthon M, Blanke O. Spatial aspects of bodily self-consciousness. *Conscious Cogn*. 2009 Mar;18(1):110–7.
37. Pfeiffer C, Lopez C, Schmutz V, Duenas JA, Martuzzi R, Blanke O. Multisensory origin of the subjective first-person perspective: visual, tactile, and vestibular mechanisms. *PLoS One* [Internet]. 2013 Apr 22 [cited 2021 Dec 15];8(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23630611/>
38. O B. Out of body experiences and their neural basis. *BMJ* [Internet]. 2004 Dec 18 [cited 2021 Sep 22];329(7480):1414–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15604159/>
39. Blanke O, Mohr C. Out-of-body experience, heautoscopy, and autoscopic hallucination of neurological origin: Implications for neurocognitive mechanisms of corporeal awareness and self-consciousness. *Brain Res Rev*. 2005 Dec 1;50(1):184–99.
40. Neuropsychology and neurophysiology of self-consciousness Multisensory and vestibular mechanisms | Request PDF [Internet]. [cited 2021 Dec 15]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/242076714_Neuropsychology_and_neurophysiology_of_self-consciousness_Multisensory_and_vestibular_mechanisms
41. Blanke O, Ortigue S, Landis T, Seeck M. Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature*. 2002 Sep 19;419(6904):269–70.
42. Heydrich L, Blanke O. Distinct illusory own-body perceptions caused by damage to posterior insula and extrastriate cortex. *Brain* [Internet]. 2013 [cited 2021 Dec 15];136(Pt 3):790–803. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23423672/>
43. Guldin WO, Grüsser OJ. Is there a vestibular cortex? *Trends Neurosci* [Internet]. 1998 Jun 1 [cited 2021 Dec 25];21(6):254–9. Available from: <http://www.cell.com/article/S0166223697012113/fulltext>
44. Bense S, Stephan T, Yousry TA, Brandt T, Dieterich M. Multisensory cortical signal increases and decreases during vestibular galvanic stimulation (fMRI). *J Neurophysiol* [Internet]. 2001 [cited 2021 Dec 15];85(2):886–99. Available from: https://www.researchgate.net/publication/12168331_Multisensory_cortical_increases_and_decreases_during_vestibular_galvanic_stimulation_fMRI
45. Bottini G, Karnath HO, Vallar G, Sterzi R, Frith CD, Frackowiak RSJ, et al. Cerebral representations for egocentric spaceFunctional–anatomical evidence from caloric vestibular stimulation and neck vibration. *Brain* [Internet]. 2001 Jun 1 [cited 2021 Dec 25];124(6):1182–96. Available from: <https://academic.oup.com/brain/article/124/6/1182/377762>
46. Dieterich M, Bucher SF, Seelos KC, Brandt T. Horizontal or vertical optokinetic stimulation activates visual motion-sensitive, ocular motor and vestibular cortex areas with right hemispheric dominance. An fMRI study.

- Brain [Internet]. 1998 [cited 2021 Dec 29];121 (Pt 8)(8):1479–95. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9712010/>
47. Ehrsson HH. The experimental induction of out-of-body experiences. *Science* (80-). 2007 Aug 24;317(5841):1048.
 48. Petkova VI, Ehrsson HH. If I Were You: Perceptual Illusion of Body Swapping. *PLoS One* [Internet]. 2008 Dec 3 [cited 2021 Dec 15];3(12):e3832. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003832>
 49. Aspell JE, Lenggenhager B, Blanke O. Keeping in Touch with One’s Self: Multisensory Mechanisms of Self-Consciousness. *PLoS One* [Internet]. 2009 Aug 5 [cited 2021 Dec 15];4(8):e6488. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0006488>
 50. Dobricki M, De La Rosa S. The Structure of Conscious Bodily Self-Perception during Full-Body Illusions. *PLoS One* [Internet]. 2013 Dec 23 [cited 2021 Dec 15];8(12):e83840. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0083840>
 51. Petkova VI, Björnsdotter M, Gentile G, Jonsson T, Li TQ, Ehrsson HH. From part- to whole-body ownership in the multisensory brain. *Curr Biol*. 2011 Jul 12;21(13):1118–22.
 52. Lopez C, Lenggenhager B, Blanke O. How vestibular stimulation interacts with illusory hand ownership. *Conscious Cogn* [Internet]. 2010 Mar [cited 2021 Dec 15];19(1):33–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20047844/>
- yarm
55. O D, E F, K B, E B. Autosopic phenomena with seizures. *Arch Neurol* [Internet]. 1989 [cited 2021 Sep 22];46(10):1080–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2679507/>
 56. P B. Reflective mirrors: perspective-taking in autosopic phenomena. *Cogn Neuropsychiatry* [Internet]. 2002 Aug [cited 2021 Sep 22];7(3):179–94. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16571536/>
 57. O B, A B, M M, L S, M A, L L, et al. Distinct mechanisms of form-from-motion perception in human extrastriate cortex. *Neuropsychologia* [Internet]. 2007 [cited 2021 Sep 22];45(4):644–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17049953/>
 58. S B, O B. The out-of body experience: precipitating factors and neural correlates. *Prog Brain Res* [Internet]. 2005 [cited 2021 Sep 22];150:331–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16186034/>
 59. P B, M R, T L. Illusory Reduplication of One’s Own Body: Phenomenology and Classification of Autosopic Phenomena. *Cogn Neuropsychiatry* [Internet]. 1997 [cited 2021 Sep 22];2(1):19–38. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25420137/>
 60. O B, S O, T L, M S. Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature*

- [Internet]. 2002 Sep 19 [cited 2021 Sep 22];419(6904):269–70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12239558/>
61. T F, C B, C B. The bilocated mind: new perspectives on self-localization and self-identification. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2013 Feb 22 [cited 2021 Sep 22];7(FEB). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23482653/>
 62. B W, D W, J S, FW M. Being present in more than one place at a time? Patterns of mental self-localization. *Conscious Cogn* [Internet]. 2011 Dec [cited 2021 Sep 22];20(4):1808–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21641823/>
 63. Brugger P, Agosti R, Regard M, Wieser H-G, Landis T, Brugger SP, et al. Heautoscopy, epilepsy, and suicide. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 1994 [cited 2021 Dec 15];57(7):838. Available from: </pmc/articles/PMC1073027/?report=abstract>
 64. Graybiel A, Kellogg RS. Inversion illusion in parabolic flight: its probable dependence on otolith function. undefined. 1967;
 65. Gurovskiy NN, Bryanov II, Yegorov AD. Changes in the vestibular function during space flight. *Acta Astronaut* [Internet]. 1975 [cited 2021 Dec 15];2(3–4):207–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11887913/>
 66. Ln K. Orientation illusions in spaceflight. undefined. 1997;
 67. Lackner JR. Spatial orientation in weightless environments. *Perception* [Internet]. 1992 Jun 25 [cited 2021 Dec 15];21(6):803–12. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p210803>
 68. Solms M, Kaplan-Solms K, Saling M, Miller P. Inverted vision after frontal lobe disease. *Cortex* [Internet]. 1988 Dec 1 [cited 2021 Dec 15];24(4):499–509. Available from: <https://europepmc.org/article/med/3064969>
 69. Tiliket C, Ventre-Dominey J, Vighetto A, Grochowicki M. Room tilt illusion. A central otolith dysfunction. undefined. 1996;53(12):1259–64.
 70. The vestibular cortex - Its locations, functions, and disorders - University of Guelph [Internet]. [cited 2021 Dec 15]. Available from: https://ocul-gue.primo.exlibrisgroup.com/discovery/openurl?institution=01OCUL_GUE&rft_id=info:sid%252Fprimo.exlibrisgroup.com-bX-Bx&rft_id=info:sid%2Fprimo.exlibrisgroup.com-2589167-Bx&rft_val_fmt=info:ofi%2Ffmt:kev:mtx:&rft.epage=312&rft.volume=871&rft_id=info:doi%2F&rft.jtitle=Annals of the New York Academy of Sciences&rft.isbn=&rft.btitle=&rft.genre=article&rft.issue=1&rft.aunit1=M&rft.eisbn=&rft.aulast=Brandt&rft.aunit=T&rft.spage=293&rft.au=Brandt,M&rft.atitle=The vestibular cortex - Its locations, functions, and disorders&rft_dat=&rft.issn=0077-8923&rft.eissn=1749-6632&svc_dat=CTO&u.ignore_date_coverage=true&vid=01OCUL_GUE:GU ELPH
 71. Oman CM. Human Visual Orientation in Weightlessness. *Levels Percept* [Internet]. 2006 Apr 28 [cited 2021 Dec 15];375–98. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/246401217_Human_Visual_Orientation_in_Weightlessness

72. Dogulu CF, Kansu T. Upside-down reversal of vision in multiple sclerosis. *undefined*. 1997;244(7):461.
73. Hernández AH, Pujadas F, Purroy F, Delgado P, Huertas R, Álvarez-Sabín J. Upside down reversal of vision due to an isolated acute cerebellar ischemic infarction. *J Neurol* [Internet]. 2006 Jul [cited 2021 Dec 15];7(253):953–4. Available from: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-b1eb9589-9f9e-383f-aaa5-432cbb2f6482>
74. Steiner I, Shahin R, Melamed E. Acute “upside down” reversal of vision in transient vertebrobasilar ischemia. *Neurology* [Internet]. 1987 Oct 1 [cited 2021 Dec 15];37(10):1685-1685-a. Available from: <https://n.neurology.org/content/37/10/1685.2>
75. Stracciari A, Guarino M, Ciucci G, Pazzaglia P. Acute upside down reversal of vision in vertebrobasilar ischaemia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 1993 [cited 2021 Dec 15];56(4):423. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1014963/>
76. Malis DD, Guyot JP. Room tilt illusion as a manifestation of peripheral vestibular disorders. *Ann Otol Rhinol Laryngol* [Internet]. 2003 Jul 1 [cited 2021 Dec 15];112(7):600–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12903679/>
77. Querner V, Schenk T, Brandt T. Motion-induced transient room tilt illusion in an otherwise healthy subject. <http://dx.doi.org/10.1076/noph.22.3.169.3727> [Internet]. 2009 [cited 2021 Dec 15];22(3):169–76. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/noph.22.3.169.3727>
78. Bottini G, Sterzi R, Paulesu E, Vallar G, Cappa SF, Erminio F, et al. Identification of the central vestibular projections in man: a positron emission tomography activation study. *Exp Brain Res*. 1994 May;99(1):164–9.
79. Bottini G, Paulesu E, Sterzi R, Warburton E, Wise RJS, Vallar G, et al. Modulation of conscious experience by peripheral sensory stimuli. *Nature* [Internet]. 1995 Aug 31 [cited 2021 Dec 15];376(6543):778–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7651537/>
80. Dieterich M, Bense S, Lutz S, Drzezga A, Stephan T, Bartenstein P, et al. Dominance for vestibular cortical function in the non-dominant hemisphere. *Cereb Cortex* [Internet]. 2003 Sep 1 [cited 2021 May 19];13(9):994–1007. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12902399/>
81. Eickhoff SB, Weiss PH, Amunts K, Fink GR, Zilles K. Identifying human parieto-insular vestibular cortex using fMRI and cytoarchitectonic mapping. *Hum Brain Mapp*. 2006 Jul;27(7):611–21.
82. Lobel E, Kleine JF, Le Bihan D, Leroy-Willig A, Berthoz A. Functional MRI of galvanic vestibular stimulation. *J Neurophysiol* [Internet]. 1998 [cited 2021 Dec 15];80(5):2699–709. Available from:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9819274/>

83. Suzuki M, Kitano H, Ito R, Kitanishi T, Yazawa Y, Ogawa T, et al. Cortical and subcortical vestibular response to caloric stimulation detected by functional magnetic resonance imaging. *Cogn Brain Res* [Internet]. 2001 [cited 2021 Dec 15];12(3):441–9. Available from: https://www.researchgate.net/publication/223657515_Cortical_and_subcortical_vestibular_response_to_caloric_stimulation_detected_by_functional_magnetic_resonance_imaging
84. Indovina I, Maffei V, Bosco G, Zago M, Macaluso E, Lacquaniti F. Representation of visual gravitational motion in the human vestibular cortex. *Science* (80-) [Internet]. 2005 Apr 15 [cited 2021 Dec 25];308(5720):416–9. Available from: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1107961>
85. Bufalari I, Lenggenhager B, Porciello G, Holmes BS, Aglioti SM. Enfacing others but only if they are nice to you. *Front Behav Neurosci*. 2014 Mar 28;8(MAR):102.
86. Paladino MP, Mazzurega M, Pavani F, Schubert TW. Synchronous multisensory stimulation blurs self-other boundaries. *Psychol Sci* [Internet]. 2010 Sep 2 [cited 2021 Dec 25];21(9):1202–7. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0956797610379234>
87. Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* [Internet]. 1996 [cited 2021 Dec 25];119:593–609. Available from: <https://academic.oup.com/brain/article/119/2/593/382476>
88. Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cogn Brain Res*. 1996 Mar 1;3(2):131–41.
89. Rizzolatti G, Craighero L. THE MIRROR-NEURON SYSTEM. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230> [Internet]. 2004 Jun 24 [cited 2021 Dec 25];27:169–92. Available from: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
90. Bremner F, Klam F, Duhamel JR, Ben Hamed S, Graf W. Visual–vestibular interactive responses in the macaque ventral intraparietal area (VIP). *Eur J Neurosci* [Internet]. 2002 Oct 1 [cited 2021 Dec 25];16(8):1569–86. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1460-9568.2002.02206.x>
91. Grusser O-J, Pause M, Schreier U. VESTIBULAR NEURONES IN THE PARIETO-INSULAR CORTEX OF MONKEYS (MACACA FASCICULARIS): VISUAL AND NECK RECEPTOR RESPONSES. Vol. 430, *Journal of Physiology*. 1990.
92. Berthoz A. The brain’s sense of movement. 2000 [cited 2021 Dec 25];337. Available from: <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674009806>
93. Dichgans J, Brandt T. Visual-Vestibular Interaction: Effects on Self-Motion

- Perception and Postural Control. Perception [Internet]. 1978 [cited 2021 Dec 25];755–804. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-46354-9_25
94. Kavounoudias A, Roll R, Roll J-P. The plantar sole is a ‘dynamometric map’ for human balance control. Neuroreport [Internet]. 1998 [cited 2021 Dec 25];9(14):3247–52. Available from: https://www.academia.edu/20489651/The_plantar_sole_is_a_dynamometric_map_for_human_balance_control
 95. Lackner JR, DiZio P. Vestibular, Proprioceptive, and Haptic Contributions to Spatial Orientation. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.142023> [Internet]. 2004 Sep 10 [cited 2021 Dec 25];56:115–47. Available from: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.psych.55.090902.142023>
 96. Angelaki DE, Shaikh AG, Green AM, Dickman JD. Neurons compute internal models of the physical laws of motion. Nature [Internet]. 2004 Jul 29 [cited 2021 Dec 15];430(6999):560–4. Available from: https://www.researchgate.net/publication/8426538_Neurons_compute_internal_models_of_the_physical_laws_of_motion
 97. Fernandez C, Goldberg JM. Physiology of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey. I. Response to static tilts and to long duration centrifugal force. J Neurophysiol. 1976;39(5):970–84.
 98. Barra J, Marquer A, Joassin R, Reymond C, Metge L, Chauvineau V, et al. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. Brain. 2010;133(12):3552–63.
 99. Barmack NH. Central vestibular system: vestibular nuclei and posterior cerebellum. Brain Res Bull. 2003 Jun 15;60(5–6):511–41.
 100. Balaban CD. Projections from the parabrachial nucleus to the vestibular nuclei: potential substrates for autonomic and limbic influences on vestibular responses. Brain Res. 2004 Jan 16;996(1):126–37.
 101. Taube JS. The Head Direction Signal: Origins and Sensory-Motor Integration. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112854> [Internet]. 2007 Jun 28 [cited 2021 Dec 25];30:181–207. Available from: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112854>
 102. Cullen KE, Roy JE. Signal Processing in the Vestibular System during Active Versus Passive Head Movements. J Neurophysiol [Internet]. 2004 [cited 2021 Dec 25];91(5):1919–33. Available from: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/jn.00988.2003>
 103. Roy JE, Cullen KE. Dissociating Self-Generated from Passively Applied Head Motion: Neural Mechanisms in the Vestibular Nuclei. J Neurosci [Internet]. 2004 Mar 3 [cited 2021 Dec 25];24(9):2102–11. Available from: <https://www.jneurosci.org/content/24/9/2102>

104. Tomlinson RD, Robinson DA. Signals in vestibular nucleus mediating vertical eye movements in the monkey. *J Neurophysiol* [Internet]. 1984 [cited 2021 Dec 25];51(6):1121–36. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6737024/>
105. Waespe W, Henn V. Conflicting visual-vestibular stimulation and vestibular nucleus activity in alert monkeys. *Exp Brain Res* 1978 332 [Internet]. 1978 [cited 2021 Dec 25];33(2):203–11. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00238060>
106. Day BL, Fitzpatrick RC. The vestibular system. *Curr Biol* [Internet]. 2005 Aug 9 [cited 2021 Dec 25];15(15):R583–6. Available from: <http://www.cell.com/article/S0960982205008377/fulltext>
107. Fukushima K. Corticovestibular interactions: anatomy, electrophysiology, and functional considerations. *Exp Brain Res* 1997 1171 [Internet]. 1997 [cited 2021 Dec 25];117(1):1–16. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/PL00005786>
108. Lopez C, Blanke O. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev*. 2011 Jun 24;67(1–2):119–46.
109. Grüsser OJ, Pause M, Schreier U. Localization and responses of neurones in the parieto-insular vestibular cortex of awake monkeys (*Macaca fascicularis*). *J Physiol* [Internet]. 1990 Nov 1 [cited 2021 Dec 25];430(1):537–57. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2086773/>
110. Guldin WO, Akbarian S, Grüsser O -J. Cortico-cortical connections and cytoarchitectonics of the primate vestibular cortex: A study in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *J Comp Neurol* [Internet]. 1992 Dec 15 [cited 2021 Dec 25];326(3):375–401. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cne.903260306>
111. Liu S, Dickman JD, Angelaki DE. Response Dynamics and Tilt versus Translation Discrimination in Parietoinsular Vestibular Cortex. *Cereb Cortex* [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2021 Dec 25];21(3):563–73. Available from: <https://academic.oup.com/cercor/article/21/3/563/312518>
112. Ödkvist LM, Schwarz DWF, Fredrickson JM, Hassler R. Projection of the vestibular nerve to the area 3a arm field in the squirrel monkey (*Saimiri Sciureus*). *Exp Brain Res* 1974 211 [Internet]. 1974 Sep [cited 2021 Dec 25];21(1):97–105. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00234260>
113. Schwarz DWF, Deecke L, Fredrickson JM. Cortical projection of group I muscle afferents to areas 2, 3a, and the vestibular field in the rhesus monkey. *Exp Brain Res* 1973 175 [Internet]. 1973 Jul [cited 2021 Dec 25];17(5):516–26. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00234865>
114. Schwarz DWF, Fredrickson JM. Rhesus Monkey Vestibular Cortex: A Bimodal Primary Projection Field. *Science* (80-) [Internet]. 1971 Apr 16 [cited 2021 Dec 25];172(3980):280–1. Available from:

<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.172.3980.280>

115. Bremmer F, Schlack A, Duhamel JR, Graf W, Fink GR. Space Coding in Primate Posterior Parietal Cortex. *Neuroimage*. 2001 Jul 1;14(1):S46–51.
116. Chen A, DeAngelis GC, Angelaki DE. A Comparison of Vestibular Spatiotemporal Tuning in Macaque Parietoinsular Vestibular Cortex, Ventral Intraparietal Area, and Medial Superior Temporal Area. *J Neurosci* [Internet]. 2011 Feb 23 [cited 2021 Dec 25];31(8):3082–94. Available from: <https://www.jneurosci.org/content/31/8/3082>
117. Schlack A, Sterbing-D'Angelo SJ, Hartung K, Hoffmann KP, Bremmer F. Multisensory Space Representations in the Macaque Ventral Intraparietal Area. *J Neurosci* [Internet]. 2005 May 4 [cited 2021 Dec 25];25(18):4616–25. Available from: <https://www.jneurosci.org/content/25/18/4616>
118. Bremmer F, Kubischik M, Pekel M, Lappe M, Hoffmann KP. Linear Vestibular Self-Motion Signals in Monkey Medial Superior Temporal Area. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 1999 May 1 [cited 2021 Dec 25];871(1):272–81. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1749-6632.1999.tb09191.x>
119. Gu Y, DeAngelis GC, Angelaki DE. A functional link between area MSTd and heading perception based on vestibular signals. *Nat Neurosci* 2007 108 [Internet]. 2007 Jul 8 [cited 2021 Dec 25];10(8):1038–47. Available from: <https://www.nature.com/articles/nn1935>
120. Ebata S, Sugiuchi Y, Izawa Y, Shinomiya K, Shinoda Y. Vestibular projection to the periarculate cortex in the monkey. *Neurosci Res*. 2004 May 1;49(1):55–68.
121. Fukushima J, Akao T, Kurkin S, Kaneko CRS, Fukushima K. The vestibular-related frontal cortex and its role in smooth-pursuit eye movements and vestibular-pursuit interactions. *J Vestib Res* [Internet]. 2006 [cited 2021 Dec 25];16(1–2):1. Available from: [/pmc/articles/PMC1761700/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1761700/)
122. O'mara SM, Rolls ET, Berthoz A, Kesnerc RP. Neurons Responding to Whole-Body Motion in the Primate Hippocampus. 1994;
123. Lopez C, Blanke O, Mast FW. The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience*. 2012 Jun 14;212:159–79.
124. Zu Eulenburg P, Caspers S, Roski C, Eickhoff SB. Meta-analytical definition and functional connectivity of the human vestibular cortex. *Neuroimage*. 2012 Mar 1;60(1):162–9.
125. Fasold O, Von Brevern M, Kuhberg M, Ploner CJ, Villringer A, Lempert T, et al. Human Vestibular Cortex as Identified with Caloric Stimulation in Functional Magnetic Resonance Imaging. *Neuroimage*. 2002 Nov 1;17(3):1384–93.
126. Craig AD. How do you feel — now? The anterior insula and human awareness.

- Nat Rev Neurosci 2009 101 [Internet]. 2009 Jan [cited 2021 Dec 25];10(1):59–70. Available from: <https://www.nature.com/articles/nrn2555>
127. Windt JM. The immersive spatiotemporal hallucination model of dreaming. *Phenomenol Cogn Sci* 2010 92 [Internet]. 2010 May 6 [cited 2021 Dec 25];9(2):295–316. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11097-010-9163-1>
 128. Fasold O, Von Brevern M, Kuhberg M, Ploner CJ, Villringer A, Lempert T, et al. Human vestibular cortex as identified with caloric stimulation in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*. 2002;17(3):1384–93.
 129. Blanke O, Metzinger T. Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood. *Trends Cogn Sci*. 2009 Jan;13(1):7–13.
 130. Arzy S, Thut G, Mohr C, Michel CM, Blanke O. Neural Basis of Embodiment: Distinct Contributions of Temporoparietal Junction and Extrastriate Body Area. *J Neurosci* [Internet]. 2006 Aug 2 [cited 2021 Dec 25];26(31):8074–81. Available from: <https://www.jneurosci.org/content/26/31/8074>
 131. Blanke O, Mohr C. Out-of-body experience, heautoscopy, and autoscopic hallucination of neurological origin: Implications for neurocognitive mechanisms of corporeal awareness and self-consciousness. *Brain Res Rev*. 2005 Dec 1;50(1):184–99.
 132. Downing PE, Jiang Y, Shuman M, Kanwisher N. A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science* [Internet]. 2001 Sep 28 [cited 2021 Dec 25];293(5539):2470–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11577239/>
 133. Lenggenhager B, Halje P, Blanke O. Alpha band oscillations correlate with illusory self-location induced by virtual reality. *Eur J Neurosci* [Internet]. 2011 May 1 [cited 2021 Dec 25];33(10):1935–43. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1460-9568.2011.07647.x>
 134. Knowing where and knowing how to get there. - PsycNET [Internet]. [cited 2022 Jan 8]. Available from: <https://psycnet.apa.org/record/1991-98839-024>
 135. Wardman DL, Fitzpatrick RC. What does galvanic vestibular stimulation stimulate? *Adv Exp Med Biol*. 2002;508:119–28.
 136. Carmona S, Ferrero A, Pianetti G, Escolá N, Arteaga MV, Frankel L. Galvanic vestibular stimulation improves the results of vestibular rehabilitation. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 2011 Sep [cited 2021 Dec 27];1233(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22360772/>
 137. Goldberg JM, Smith CE, Fernandez C. Relation between discharge regularity and responses to externally applied galvanic currents in vestibular nerve afferents of the squirrel monkey. *J Neurophysiol* [Internet]. 1984 [cited 2021 Dec 27];51(6):1236–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6737029/>
 138. Inglis JT, Shupert CL, Hlavacka F, Horak FB. Effect of galvanic vestibular

- stimulation on human postural responses during support surface translations. *J Neurophysiol* [Internet]. 1995 [cited 2021 Dec 31];73(2):896–901. Available from: https://www.researchgate.net/publication/15439339_Effect_of_galvanic_vestibular_stimulation_on_human_postural_responses_during_support_surface_translations
139. Watson SRD, Colebatch JG. EMG responses in the soleus muscles evoked by unipolar galvanic vestibular stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* [Internet]. 1997 Jan 17 [cited 2021 Dec 31];105(6):476–83. Available from: <https://eurekamag.com/research/045/852/045852380.php>
 140. Zink R, Stedden S, Weiss A, Brandt T, Dieterich M. Galvanic vestibular stimulation in humans: effects on otolith function in roll. *Neurosci Lett* [Internet]. 1997 Sep 5 [cited 2021 Dec 31];232(3):171–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9310307/>
 141. Guillaud E, Simoneau M, Blouin J. Prediction of the body rotation-induced torques on the arm during reaching movements: Evidence from a proprioceptively deafferented subject. *Neuropsychologia*. 2011 Jun 1;49(7):2055–9.
 142. Bresciani JP, Blouin J, Popov K, Bourdin C, Sarlegna F, Vercher JL, et al. Galvanic vestibular stimulation in humans produces online arm movement deviations when reaching towards memorized visual targets. *Neurosci Lett*. 2002 Jan 18;318(1):34–8.
 143. Fitzpatrick RC, Marsden J, Lord SR, Day BL. Galvanic vestibular stimulation evokes sensations of body rotation.
 144. Riva G, Waterworth JA, Waterworth EL, Mantovani F. From intention to action: The role of presence. *New Ideas Psychol*. 2011 Jan 1;29(1):24–37.
 145. Sanchez-Vives M V., Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. *Nat Rev Neurosci* 2005 64 [Internet]. 2005 [cited 2021 Dec 25];6(4):332–9. Available from: <https://www.nature.com/articles/nrn1651>
 146. Corradi-Dell'Acqua C, Ueno K, Ogawa A, Cheng K, Rumiati RI, Iriki A. Effects of shifting perspective of the self: An fMRI study. *Neuroimage*. 2008 May 1;40(4):1902–11.
 147. Ganesh S, Van Schie HT, De Lange FP, Thompson E, Wigboldus DHJ. How the Human Brain Goes Virtual: Distinct Cortical Regions of the Person-Processing Network Are Involved in Self-Identification with Virtual Agents. *Cereb Cortex* [Internet]. 2012 Jul 1 [cited 2021 Dec 25];22(7):1577–85. Available from: <https://academic.oup.com/cercor/article/22/7/1577/292239>
 148. Kim YR, Son JW, Lee SI, Shin CJ, Kim SK, Ju G, et al. Abnormal brain activation of adolescent internet addict in a ball-throwing animation task: Possible neural correlates of disembodiment revealed by fMRI. *Prog Neuro-Psychopharmacology Biol Psychiatry*. 2012 Oct 1;39(1):88–95.
 149. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical

- power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* [Internet]. 2007 [cited 2022 Jan 6];39(2):175–91. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17695343/>
150. Freiwald JP, Göbel Y, Mostajeran F, Steinicke F. The cybersickness susceptibility questionnaire: Predicting virtual reality tolerance. *ACM Int Conf Proceeding Ser.* 2020;115–8.
 151. Hesse S, Waldner A, Mehrholz J, Tomelleri C, Pohl M, Werner C. Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted arm training in subacute stroke patients: An exploratory, randomized multicenter trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011;25(9):838–46.
 152. Kennedy RS, Drexler J, Kennedy RC. Research in visually induced motion sickness. *Appl Ergon* [Internet]. 2010 [cited 2021 Dec 31];41(4):494–503. Available from: https://www.researchgate.net/publication/41507687_Research_in_visually_induced_motion_sickness
 153. Munafo J, Curry C, Wade MG, Stoffregen TA. The distance of visual targets affects the spatial magnitude and multifractal scaling of standing body sway in younger and older adults. *Exp Brain Res* [Internet]. 2016 Sep 1 [cited 2021 Dec 31];234(9):2721–31. Available from: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&sw=w&issn=00144819&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA470456363&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
 154. Iyer MB, Mattu U, Grafman J, Lomarev M, Sato S, Wassermann EM. Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals. *undefined.* 2005 Mar 8;64(5):872–5.
 155. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol* [Internet]. 2000 Sep 15 [cited 2022 Jan 6];527 Pt 3(Pt 3):633–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10990547/>
 156. Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology* [Internet]. 2001 Nov 27 [cited 2021 Dec 26];57(10):1899–901. Available from: <https://n.neurology.org/content/57/10/1899>
 157. Nitsche MA, Schauenburg A, Lang N, Liebetanz D, Exner C, Paulus W, et al. Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human. *J Cogn Neurosci.* 2003 May 15;15(4):619–26.
 158. Utz KS, Dimova V, Oppenländer K, Kerkhoff G. Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology-A review of current data and future implications. *Neuropsychologia* [Internet]. 2010;48(10):2789–810. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.002>

159. Rodríguez N, Opisso E, Pascual-Leone Á, Soler MD. Skin lesions induced by transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain Stimul* [Internet]. 2014;7(5):765–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brs.2014.06.005>
160. Babyar S, Santos-Pontelli T, Will-Lemos T, Mazin S, Bikson M, Truong DQ, et al. Center of Pressure Speed Changes with tDCS Versus GVS in Patients with Lateropulsion after Stroke. *Brain Stimul* [Internet]. 2016;9(5):796–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brs.2016.06.053>
161. Fonteneau C, Mondino M, Arns M, Baeken C, Bikson M, Brunoni AR, et al. Sham tDCS: A hidden source of variability? Reflections for further blinded, controlled trials. *Brain Stimul*. 2019;12(3):668–73.
162. Bikson M, Datta A, Elwassif M. Establishing safety limits for transcranial direct current stimulation. *Clin Neurophysiol* [Internet]. 2009 Jun [cited 2022 Jan 6];120(6):1033. Available from: [/pmc/articles/PMC2754807/](http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2754807/)
163. Tadini L, El-Nazer R, Brunoni AR, Williams J, Carvas M, Boggio P, et al. Cognitive, mood, and electroencephalographic effects of noninvasive cortical stimulation with weak electrical currents. *J ECT* [Internet]. 2011 Jun [cited 2022 Jan 6];27(2):134–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20938352/>
164. Santos-Pontelli TEG, Rimoli BP, Favoretto DB, Mazin SC, Truong DQ, Leite JP, et al. Polarity-Dependent Misperception of Subjective Visual Vertical during and after Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *PLoS One* [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2021 Dec 26];11(3). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27031726/>
165. N N, KS H. fNIRS-based brain-computer interfaces: a review. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2015 Jan 28 [cited 2021 Sep 22];9(JAN). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25674060/>
166. Jöbsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* [Internet]. 1977 [cited 2021 Dec 31];198(4323):1264–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/929199/>
167. JM C, B G, FF J. Infra-red technique for cerebral blood flow: comparison with 133Xenon clearance. *Neurol Res* [Internet]. 1981 [cited 2021 Sep 22];3(1):17–31. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6114454/>
168. Sukal-Moulton T, de Campos AC, Stanley CJ, Damiano DL. Functional near infrared spectroscopy of the sensory and motor brain regions with simultaneous kinematic and EMG monitoring during motor tasks. *J Vis Exp*. 2014;(94):1–10.
169. Mihara M, Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K, Sakoda S. Role of the prefrontal cortex in human balance control. *Neuroimage* [Internet]. 2008 Nov 1 [cited 2021 Dec 27];43(2):329–36. Available from: https://www.researchgate.net/publication/23185601_Role_of_the_prefrontal_cortex_in_human_balance_control
170. Niederer P, Mudra R, Keller E. Monte Carlo simulation of light propagation in

adult brain: Influence of tissue blood content and indocyanine green. *Opto-Electronics Rev* [Internet]. 2008 Jun 1 [cited 2022 Jan 8];16(2):124–30. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.2478/s11772-008-0012-5/html>

171. K I, S U, K T, A I, T O, H N. Cerebral functional imaging using near-infrared spectroscopy during repeated performances of motor rehabilitation tasks tested on healthy subjects. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2014 May 13 [cited 2021 Sep 22];8(MAY). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24860474/>
172. van Elk M, Duizer M, Sligte I, van Schie H. Transcranial direct current stimulation of the right temporoparietal junction impairs third-person perspective taking. *Cogn Affect Behav Neurosci* [Internet]. 2017 Feb 1 [cited 2022 Jan 8];17(1):9–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27649972/>
173. Miranda PC, Lomarev M, Hallett M. Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *Clin Neurophysiol*. 2006;117(7):1623–9.
174. Cooper RJ, Selb J, Gagnon L, Phillip D, Schytz HW, Iversen HK, et al. A systematic comparison of motion artifact correction techniques for functional near-infrared spectroscopy. *Front Neurosci*. 2012;0(OCT):147.
175. Ferrè ER, Lopez C, Haggard P. Anchoring the Self to the Body: Vestibular Contribution to the Sense of Self. *Psychol Sci* [Internet]. 2014 Nov 20 [cited 2021 Dec 31];25(11):2106–8. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0956797614547917>
176. Macaуда G, Bertolini G, Palla A, Straumann D, Brugger P, Lenggenhager B. Binding body and self in visuo-vestibular conflicts. *Eur J Neurosci* [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2021 Dec 31];41(6):810–7. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ejn.12809>
177. Preuss N, Brynjarsdóttir BL, Ehrsson HH. Body ownership shapes self-orientation perception. *Sci Reports* 2018 81 [Internet]. 2018 Oct 30 [cited 2021 Dec 31];8(1):1–7. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-34260-7>
178. Thür C, Lesur MR, Bockisch CJ, Lopez C, Lenggenhager B. The tilted self: Visuo-graviceptive mismatch in the full-body illusion. *Front Neurol*. 2019;10(MAY):436.
179. Howard IP, Childerson L. The contribution of motion, the visual frame, and visual polarity to sensations of body tilt. *Perception*. 1994;23:753–62.
180. Blanke O. Out of body experiences and their neural basis. *BMJ* [Internet]. 2004 Dec 18 [cited 2021 Dec 15];329(7480):1414–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15604159/>
181. Yogev G, Giladi N, Peretz C, Springer S, Simon ES, Hausdorff JM. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson’s disease: which aspects of gait are attention demanding? *Eur J Neurosci* [Internet]. 2005 Sep [cited 2021 Dec

- 31];22(5):1248–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16176368/>
182. Springer S, Giladi N, Peretz C, Yogev G, Simon ES, Hausdorff JM. Dual-tasking effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. *Mov Disord* [Internet]. 2006 Jul [cited 2021 Dec 31];21(7):950–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16541455/>
 183. Hausdorff JM, Yogev G, Springer S, Simon ES, Giladi N. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Exp Brain Res* 2005 1644 [Internet]. 2005 Apr 28 [cited 2021 Dec 31];164(4):541–8. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-005-2280-3>
 184. Alaydin HC, Cengiz B. Body Ownership, Sensorimotor Integration and Motor Cortical Excitability: A TMS Study About Rubber Hand Illusion. *Neuropsychologia* [Internet]. 2021 Oct 15 [cited 2022 Jan 8];161. Available from: <https://avesis.gazi.edu.tr/publication/details/7a83b1d6-3708-4690-99d6-72d05f6a86e6/body-ownership-sensorimotor-integration-and-motor-cortical-excitability-a-tms-study-about-rubber-hand-illusion>
 185. Ehrsson HH, Spence C, Passingham RE. That’s my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science* [Internet]. 2004 Aug 6 [cited 2022 Jan 8];305(5685):875–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15232072/>
 186. Press C, Heyes C, Haggard P, Eimer M. Visuotactile Learning and Body Representation: An ERP Study with Rubber Hands and Rubber Objects. *J Cogn Neurosci*. 2008 Feb 1;20(2):312–23.
 187. Tsakiris M, Costantini M, Haggard P. The role of the right temporo-parietal junction in maintaining a coherent sense of one’s body. *Neuropsychologia*. 2008 Oct 1;46(12):3014–8.
 188. Tsakiris M, Hesse MD, Boy C, Haggard P, Fink GR. Neural Signatures of Body Ownership: A Sensory Network for Bodily Self-Consciousness. *Cereb Cortex* [Internet]. 2007 Oct 1 [cited 2022 Jan 8];17(10):2235–44. Available from: <https://academic.oup.com/cercor/article/17/10/2235/308024>
 189. Makin TR, Holmes NP, Ehrsson HH. On the other hand: Dummy hands and peripersonal space. *Behav Brain Res*. 2008 Aug 5;191(1):1–10.
 190. Kammers MPM, Verhagen L, Dijkerman HC, Hogendoorn H, De Vignemont F, Schutter DJLG. Is This Hand for Real? Attenuation of the Rubber Hand Illusion by Transcranial Magnetic Stimulation over the Inferior Parietal Lobule. *J Cogn Neurosci*. 2009 Jul 1;21(7):1311–20.
 191. Kanayama N, Sato A, Ohira H. Crossmodal effect with rubber hand illusion and gamma-band activity. *Psychophysiology* [Internet]. 2007 May 1 [cited 2022 Jan 8];44(3):392–402. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8986.2007.00511.x>
 192. Machado SEDC, Cunha M, Velasques B, Minc D, Teixeira S, Domingues CA, et al. Sensorimotor integration: Basic concepts, abnormalities related to

movement disorders and sensorimotor training-induced cortical reorganization. *Rev Neurol*. 2010 Oct 1;51(7):427–36.

193. Fitzpatrick RC, Day BL. Probing the human vestibular system with galvanic stimulation. *J Appl Physiol* [Internet]. 2004 Jun [cited 2021 Dec 25];96(6):2301–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15133017/>
194. Lenggenhager B, Smith ST, Blanke O. Functional and neural mechanisms of embodiment: Importance of the vestibular system and the temporal parietal junction. *Rev Neurosci* [Internet]. 2006 [cited 2021 Dec 25];17(6):643–57. Available from: https://www.researchgate.net/publication/6520345_Functional_and_Neural_Mechanisms_of_Embodiment_Importance_of_the_Vestibular_System_and_the_Temporal_Parietal_Junction
195. Lenggenhager B, Tadi T, Metzinger T, Blanke O. Video ergo sum: Manipulating bodily self-consciousness. *Science* (80-). 2007 Aug 24;317(5841):1096–9.

10. EKLER

Ek – 1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

İstanbul Medipol Üniversitesi
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sizi Prof. Dr. Lütfü HANOĞLU tarafından yürütülen “Vestibüler Uyarımların Sanal Gerçeklik Tabanlı Bedensel Benlik Bilinci Üzerine Etkisi” adlı bir araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmada herhangi bir psikiyatrik veya nörolojik tanısı bulunmayan 20 sağlıklı bireyde bedensel benlik-bilincinin ortaya çıkmasında, merkezi sinir sistemi ile periferik sinir sistemi mekanizmalarının uyarılması ile katılımcıların sanal gerçeklik ortamındaki performanslarının araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla gönüllü bireylerin NIRS kayıtları için fNIRS ve vestibüler stimülasyon için tDCS cihazları kullanılacak ve bireyler sanal gerçeklik gözlüğü ile sanal gerçeklik ortamına daldırılarak performansları değerlendirilecektir. Araştırmada sizden fINCAN (Functional Imaging and Cognitive-Affective Neuroscience) Sanal Gerçeklik Laboratuvarına gelerek çalışmaya katılmanız ve size talimatları açıklanacak olan 4 farklı görevi gerçekleştirmeniz istenecektir. Araştırmaya sizinle birlikte 20 kişi katılacaktır. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, görevler esnasında verilen talimatlar uyum sağlamaktır. Bu araştırma boyunca size yapılacak olan uygulamalar için sizden her hangi bir ücret talebinde bulunulmayacaktır. Bu durum sizin sosyal sigortanıza da yansıtılmayacaktır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. İletişim bilgileriniz ise sadece iznimize bağlı olarak ve farklı araştırmacıların sizinle iletişime geçebilmesi için “ortak katılımcı havuzuna” aktarılabilir. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacıya şimdi sorabilir veya hanoğlu@medipol.com.tr -posta adresi ve 0212 250 00 00 numaralı telefondan ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı/araştırmacılar tarafından yapıldı. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı. Kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda yeterli güven verildi.

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

Katılımcının 2:

Adı-Soyadı:.....

İmzası: İletişim Bilgileri: e-posta: Telefon:

İletişim bilgilerimin diğer araştırmacıların benimle iletişime geçebilmesi için “ortak araştırma havuzuna” aktarılmasını;

kabul ediyorum kabul etmiyorum (lütfen uygun seçeneği işaretleyiniz)

Araştırmacının

Adı-Soyadı:.....

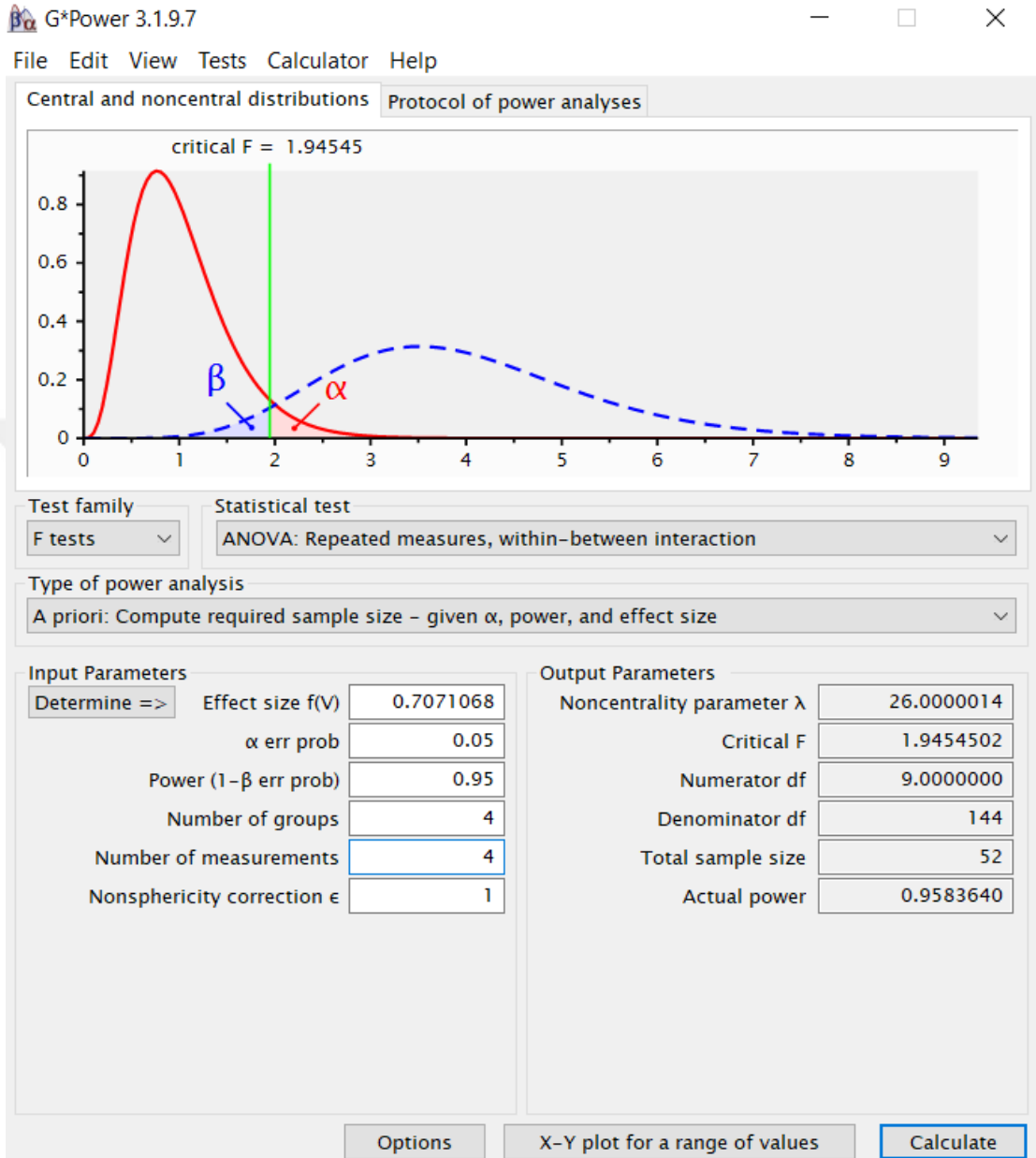
İmzası:

Şahidin 3

Adı-Soyadı:.....

İmzası:

Ek – 2. G*Power Analiz Sonucu



11. ETİK KURUL ONAYI



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

Sayı : E-10840098-772.02-2489
Konu: Etik Kurulu Kararı

01/06/2021

Sayın Prof. Dr. LÜTFÜ HANOĞLU

Üniversitemizin Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 26/10/2020 tarihli 10840098-772.02-E.58401 sayı no ile onay verilen "Merkezi ve Periferik Vestibüler Stimülasyonun Bedensel Benlik-Bilinci Üzerindeki Etkisi" isimli çalışmamızın başlığını "Vestibüler Uyarımların Sanal Gerçeklik Tabanlı Bedensel Benlik Bilinci Üzerine Etkisi" olarak değiştirilmesi isteğimiz uygun bulunmuş olup kayıt altına alınmıştır.

Bilgilerinize rica ederim.

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

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakımızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 36CA3664X3 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Medipol Üniversitesi Kavacık Yerleşkesi (Ana Yerleşke Rektörlük)
Kavacık Mah. Ekinçiler Cad. No: 19, Kavacık Kavşağı, 34810 Beykoz, İstanbul
T: 444 85 44 F: 0212 531 75 55
E-Posta: bilgi@medipol.edu.tr İnternet Adresi: www.medipol.edu.tr
Kep Adresi: medipoluniversitesi@hs03.kep.tr

Ayrıntılı Bilgi İçin: Bilge KAYA
Tel: ~~0212 531 75 55~~



İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Merkezi ve Periferik Vestibüler Stimülasyonun Bedensel Benlik-Bilinci Üzerindeki Etkisi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Lütfü HANOĞLU			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Nöroloji			
	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"/>

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL 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: 748	Tarih: 08/10/2020				
	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 GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

BASKANIN UNVANI / ADI / SOYADI Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ	Tıp Tarihi ve Etik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
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"/>	
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"/>	
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"/>	
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"/>	
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"/>	
Dr. Öğr. Üyesi Neriman İpek KIRMIZI	Tıbbi Farmakoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

* :Toplantıda Bulunma

Sayı : E-10840098-772.02-2489
Konu: Etik Kurulu Kararı

01/06/2021

Sayın Prof. Dr. LÜTFÜ HANOĞLU

Üniversitemizin Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 26/10/2020 tarihli 10840098-772.02-E.58401 sayı no ile onay verilen "Merkezi ve Periferik Vestibüler Stimülasyonun Bedensel Benlik-Bilinci Üzerindeki Etkisi" isimli çalışmanızın başlığını "Vestibüler Uyarımların Sanal Gerçeklik Tabanlı Bedensel Benlik Bilinci Üzerine Etkisi" olarak değiştirilmesi isteğiniz uygun bulunmuş olup kayıt altına alınmıştır.

Bilgilerinize rica ederim.

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

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrakınızın <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden 36CA3664X3 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Medipol Üniversitesi Kavacık Yerleşkesi (Ana Yerleşke Rektörlük)
Kavacık Mah. Ekinciler Cad. No: 19, Kavacık Kavşağı, 34810 Beykoz, İstanbul
T: 444 85 44 F: 0212 531 75 55
E-Posta: bilet@medipol.edu.tr İnternet Adresi: www.medipol.edu.tr
Kep Adresi: medipoluniversitesi@hs03.kep.tr

Ayrıntılı Bilgi İçin: Bilge KAYA

Tel: 