

MURAT KARA

SİNİRBİLİM

İSTANBUL – 2023

İSTİNYE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

DORSOLATERAL PREFRONTAL KORTEKSE TDCS UYGULAMASININ SANAL GERÇEKLİK DENEYİMİNDE ALGI DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

MURAT KARA

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKÇER ESKİKURT

SİNİRBİLİM

İSTANBUL – 2023

İSTİNYE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS)

DORSOLATERAL PREFRONTAL KORTEKSE TDCS UYGULAMASININ SANAL GERÇEKLİK DENEYİMİNDE ALGI DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

MURAT KARA

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKÇER ESKİKURT
2. DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞENOL PİŞKİN

İSTANBUL – 2023

İÇİNDEKİLER

Etik Beyanı i
İthaf ii
Teşekkür iii
İçindekiler iv
Tablolar Listesi vi
Şekiller Listesi vii
Simge ve Kısaltma Listesi viii
Özet ix
Abstract x
1. Giriş 1
2. Genel Bilgiler 4
2.1. Gerçeklik Hissi 4
2.2. Transkraniyel Doğru Akım Uyarımı (tDCS) 5
2.3. Sanal Gerçeklik (VR) 5
2.4. Dorsolateral Prefrontal Korteks 6
2.4.1. Anatomisi 6
2.4.2. İşlevsel Değerlendirmesi ve Önemi 6
3. Gerekçe ve Yöntem 9
3.1. Katılımcıların Seçilmesi 9
3.2. VR Deneyimi 9
3.3. Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ) 10
3.4. tDCS Uygulaması 11
3.5. tDCS Uygulaması Sonrası Sanal Gerçeklik Deneyimi 11
3.6. Yan Etki Değerlendirme Formu 12
3.7. İstatistiksel Analiz 12
4. Bulgular 13
4.1. Demografik Veriler 13
4.2. Gruplar Arası Karşılaştırmalar 13
4.2.1. Grupların tDCS öncesi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması 13
4.2.2. Grupların tDCS sonrası BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması 14

4.3. Grup İçi Bulguları 15
4.3.1. tDCS öncesi ve sonrası aktif grubun grup içi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması 15
4.3.2. tDCS öncesi ve sonrası sham grubun grup içi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması 16
5. Tartışma 18
6. Sonuç, Öneriler ve Topluma Katkı 23
Kaynakça 24
Ekler 29
EK-2: Etik Kurul Onayı 31
EK-3: İntihal Raporu 32
EK-4: Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu 33
EK-5: Özgeçmiş 40

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri 13
Tablo 2. tDCS Öncesi Gruplar Arası Farklılıklar 14
Tablo 3. tDCS Sonrası Gruplar Arası BHÖ Puanlarının Farklılıkları.....15
Tablo 4. tDCS Öncesi ve Sonrası Aktif Grubu Arası Farklılıklar 16
Tablo 5. tDCS Öncesi ve Sonrası Sham Grubu Arası Farklılıklar.....17

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: VR deneyimi 10
Şekil 2: tDCS uygulaması sırasında elektrotların yerleşimi 11

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

BA : Broadmann Alanları

BHÖ : Bulunuşluk Hissi Ölçeği

DLPFC : Dorsolateral Prefrontal Korteks

IPQ : Igroup Presence Questionnaire (Grup Varlığı Anketi)

MVHI : Mirror Virtual Hand Illusion (Sanal El İllüzyonu)

PPC : Posterior Parietal Korteks

RHI : Rubber Hand Illusion (Plastik El İllüzyonu)

SPES : Mekansal Varlık Deneyimi Ölçeği

SUS : Slater-Usoh-Steed Anketi

tDCS : Transkraniyal Doğru Akım Uyarımı

TMS : Transkraniyel Manyetik Uyarımı

VR : Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

ÖZET

Kara, M. (2023). Dorsolateral Prefrontal Kortekse tDCS Uygulamasının Sanal Gerçeklik Deneyiminde Algı Değişimine Etkisi. İstinye Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sinirbilim ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Transkraniyel Doğru Akım Uyarımı (tDAU - transcranial direct current stimulation - tDCS), kortikal aktivasyonu kolaylaştıran veya zorlaştıran popüler bir beyin uyarım yöntemidir. Sanal gerçeklik (VR) teknolojisi ise, oyun endüstrisi ile ivme kazanmış fakat son yıllarda tedavi ve araştırma amaçlı olarak da kullanılan donanımsal simülasyon sistemidir. VR teknolojisinin, tDCS ile birlikte kullanıldığı alanlar, özellikle beyin araştırmalarının konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada dorsolateral prefrontal kortekse (DLPFC) tDCS uygulayarak katılımcıların sanal gerçeklik deneyimlerindeki algı değişimleri incelemiştir. Çalışmanın amacı, DLPFC'ye uygulanan aktif tDCS'nin, sham tDCS uyarımına kıyasla katılımcılarda VR mevcudiyet deneyimlerini artırması beklenmektedir. Çalışmaya 42 gönüllü katılmıştır ve iki gruba aktif ve sham olmak üzere 21'şer kişi olarak tek kör randomize kontrollü olarak atanmıştır. Katılımcılara tDCS uygulaması öncesinde alıştırma ve mevcudiyet deneyimlerini değerlendirdikleri ölçeği doldurmaları için VR deneyimi yaşatılmıştır. Katılımcıların VR deneyimleri Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ) ile puanlandırılmıştır. Çalışmanın sonucunda sağ DLPFC anodal, sol DLPFC katodal uyarımı, aktif grubun grup içi daha yüksek bir gerçeklik deneyimi yaşamalarına neden olmuştur. İki grubun birbirleriyle karşılaştırılmasında, tDCS öncesi ve sonrasına göre herhangi istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Sham grubu, grup içi karşılaştırmasında tDCS sonrası, önce ile kıyaslandığında katılımcıların daha yüksek bir gerçeklik deneyimi yaşadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile DLPFC'e uygulanan tDCS'nin, VR deneyiminde algı değişimine etkisi olduğu ve subjektif durumların araştırma sonuçlarını beklenmeyen sonuçlarla etkileyebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Transkraniyel doğru akım uyarımı, Dorsolateral prefrontal korteks, Sanal gerçeklik, Gerçeklik algısı.

ABSTRACT

Kara, M. (2023). The Effect of tDCS Application to the Dorsolateral Prefrontal Cortex on Perception Change in Virtual Reality Experience. Istinye University, Institute of Health Science, Neuroscience. Master Thesis. Istanbul.

Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) is a popular brain stimulation method that facilitates or challenges cortical activation. Virtual reality (VR) technology is a hardware simulation system that has gained momentum with the gaming industry but has also been used for therapeutic and research purposes in recent years. The areas where VR technology is used together with tDCS have become the subject of brain research. In this study, we applied tDCS to the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and examined the perceptual changes in participants' virtual reality experiences. The aim of the study is that active tDCS applied to the DLPFC is expected to enhance VR presence experiences in participants compared to sham tDCS stimulation. Forty-two volunteers participated in the study and were assigned to two groups, active and sham, as 21 participants each in a single-blind randomized controlled trial. Before the tDCS application, participants were given a VR experience to fill in the scale in which they evaluated their experience of familiarization and presence. The VR experiences of the participants were scored with the Presence Questionnaire (PQ). As a result of the study, right DLPFC anodal and left DLPFC cathodal stimulation caused the active group to have a higher in-group reality experience. When the two groups were compared with each other, no statistical difference was found before and after tDCS. In the in-group comparison of the sham group, it was concluded that the participants had a higher reality experience after tDCS compared to before. With the results obtained, it has been shown that tDCS applied to DLPFC has an effect on perception change in VR experience and subjective situations may affect the research results with unexpected results.

Key Words: Transcranial direct current stimulation, Dorsolateral prefrontal cortex, Virtual reality, Perception of reality.

1. GİRİŞ

Gerçeklik algısı yüzyıllardır felsefenin ve bilimin konusu olmuştur. Felsefede Sokrates'ten Nietzsche'ye bilimde ise Isaac Newton'dan Albert Einstein'a kadar birçok düşünür ve bilim insanının ilgisini çekmiştir. İnsanoğlu çoğu zaman gerçekliği algıladığı gibi kabul etmiş, bundan tereddüt etmemiştir. İnsan, kendi gerçekliğinin ve nesne deneyiminin herkeste aynı olduğunu düşünüp, bu felsefeye göre yüzyıllarca yaşamıştır. Fakat bir süredir bu konuyu irdeleyen bilim insanları aslında herkesin gerçekliğinin farklı olabileceğini düşünmektedir. İnsanlarda ve hayvanlarda bunu farklı araştırmalarla göstermeye çalışmaktadır (Panzano ve ark., 2010). Örneğin sinesteziye sahip olan insanlar renkleri duyabilmekte, sesleri görebilmektedir. Nüfusun en az %4,4'ünü oluşturan bu insanlar genellikle harfleri ve sayıları farklı algılamaktadır (Sacks, 2001). Öte yandan bazı yılan türleri, amfibiler ve bazı balık türlerinin insanların çıplak gözle göremediği kızılötesi ışığı gördükleri kanıtlanmıştır (Panzano ve ark., 2010). Şizofreni hastalarında ise öne sürülen bir yaklaşım birçok beyin alanının yanında dorsolateral prefrontal korteksin işlevini yerine getirememesi sonucunda kişi, gerçeklikten kopup kendine başka bir gerçeklik matriksi yarattığı yönündedir (Potkin ve ark., 2008). Bunun yanında sağlıklı insan uykusunun belirli dönemlerinde dorsolateral prefrontal korteksin baskılandığı gösterilmiştir (Muzur ve ark., 2002).

Sanal gerçeklik (VR) teknolojisi ilk piyasaya sürüldüğünde sadece oyun endüstrisinde kullanılacağı sanılırken birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Eğitim, sanat, sağlık ve kültür gibi farklı çevrelerde uygulanan VR, gelişmeye ve özellikle psikolojik hastalıkların seyrinde iyileşme göstermeye devam etmektedir (Dellazizzo ve ark., 2020). VR'nin bir diğer kullanım alanı ise öznel mevcudiyet deneyimidir. VR anında kişi, envanterlerin kalitesinin yüksekliği, ses ve nesne deneyimin gerçekliği ile içinde bulunduğu gerçek dünyadan kopabilmektedir. VR'deki öznel mevcudiyet deneyimi, farklı beyin aktivasyon kalıplarıyla ilişkilendirilmektedir (Kogler ve ark., 2022). VR'de yüksek bir varlık hissinin, katılımcının VR etkileşim kapasitesini geliştirdiği, VR'de doğal davranışı beslediği ve gerçek dünya davranışına aktarım etkileri olanağını yükselttiği düşünülmektedir. (Cummings ve Bailenson, 2016; Grassini ve Laumann, 2020). Diğer bir yaklaşım ise beyin uyarım tekniklerini kullanarak mevcudiyet deneyiminin değiştirebileceği yaklaşımıdır (Beeli ve ark., 2008).

Son 15 yılda, nispeten yeni bir nöromodülasyon şekli olan tDCS'nin, hem klinik hem de akademik ortamlarda uygulanmasında bir artış görülmüştür (Horvath ve ark., 2015). tDCS uygulamasının, noninvazif olması ve ucuz bir yöntem olması bu artışın sebepleri arasındadır (Eryılmaz ve ark., 2015). Özellikle çalışma belleği araştırmalarında tDCS, sıklıkla kullanılmaktadır (Hoy ve ark., 2013; Fregni ve ark., 2005).

DLPFC, planlama, karar verme, problem çözme, dikkat ve dil işleme gibi daha yüksek bilişsel işlevleri kontrol eden karmaşık bir bölgedir. DLPFC ayrıca duygu düzenleme, sosyal davranış, çalışma belleği, motor kontrol ve algısal işleme gibi diğer işlevlerle de ilgilidir.tDCS, dorsolateral prefrontal korteks'de (DLPFC) bir takım farklı amaçlar için de uygulanmaktadır. Örneğin, sağlıklı yetişkinlerde sağ DLPFC'ye tDCS'nin uzun süreli uygulanması, yemek isteklerinde uzun süreli dalgalanmalara yol açabilmektedir ve bu dalgalanmalar normal ve obez denekler arasında farklılık göstermektedir. (Ören, 2020). Öte yandan, DLPFC'in önemli işlevlerinden biri gerçeklik algısı modülasyonudur (Kogler ve ark., 2022).

Şizofreni gibi gerçeklik algısının standarttan farklılaştığı klinik bozukluklarda ise, DLPFC ve hippokampus alanlarında N-asetil aspartat (NAA)'da azalma olduğunu göstermektedir (Ertuğrul ve Rezaki, 2006). NAA'nın beyinde serbest aminoasit olması, dopamin sentezi ve belirli nöron grupları ile beraber çalışması önemlidir. DLPFC ve hippokampusta tespit edilen NAA düşüklüğünün daha çok kronik şizofreni bireylerde görülmesi, yeni başlangıçlı şizofrenlerde bunun tersi sonuçlar olması, boylamsal çalışmalarda prefrontal gri cevher kaybı olduğunun bildirilmesi dejeneratif bir süreci destekleyen bulgulardan bazılarıdır (Ertuğrul ve Rezaki, 2006).

Gerçeklik algısını değiştirmenin farklı bir yolu ise plastik el illüzyonu (Rubber Hand Illusion - RHI) veya sanal el illüzyonu (Mirror Virtual Hand Illusion - MVHI)'dur (Lim ve ark., 2019; Lira ve ark., 2018). İlk olarak 1998 yılında yapılan bu çalışmada katılımcıların bir elleri kendilerine görünmeyecek biçimde konumlandırılır (Botvinick ve Cohen, 1998). Daha sonra katılımcıların önüne gerçekçi bir plastik el konur ve görünmeyen eli ile plastik el bir fırça tarafından eş zamanlı olarak okşanır. Amaç, katılımcının sahibi olduğu elin gerçekliğinden koparak plastik eli kendi elleriymiş gibi hissetmeleridir (Botvinick ve Cohen, 1998). Sağlıklı kişilerin motor korteksine tDCS uygulandığında, katılımcıların plastik eli kendi elleriymiş gibi hissetmelerinin başlangıç

sürelerinde gözle görülür bir düşüş yaşanmıştır (Lim ve ark., 2019). Bunun yanı sıra plastik el algısının gerçekçilik hissi anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Lim ve ark., 2019).

Çalışmamızın amacı, tDCS'nin gerçeklik algısı üzerindeki etkisini bir VR cihazı kullanarak araştırmaktır. Bu araştırmada aktif tDCS grubunun, sham (sahte) tDCS grubuna göre VR sırasında daha yüksek mevcudiyet deneyimi yaşaması beklenmektedir. Çünkü daha önce yapılan çalışmalarda sol DLPFC'e uygulanan katodal tDCS sanal gerçeklikte varlık deneyiminin artması ile ilişkilendirilmiştir (Jäncke ve ark., 2009; Kogler ve ark., 2022). Çalışmanın sonunda elde ettiğimiz veriler DLPFC ile ilişkilendirilen nörolojik hastalıkları -özellikle şizofreniyi- daha iyi anlamayı yardımcı yöntemler kullanabilmeyi ve gerçeklik algısına biraz daha yakından bakabilmeyi sağlayacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gerçeklik Hissi

Algılarımız ile gerçeklik arasındaki ilişki ve zihin-beden arasındaki ilişki yüzyıllardır felsefenin konusu olmuştur. Bilimin ilerlemesiyle beraber zihin-beden ikilemi artık çağdaş tartışma konularına dönüşmüştür. Bilişimizin algılarımızı değiştirdiğini çok fazla çalışma bizlere göstermiştir (Fraisse ve Piaget, 1970). Her ne kadar çağdaş bilim, günümüzde gerçeklik hissi konusunda hızlı ilerlemeler kat etse de beyin uyarım yöntemlerini dışarıda bırakarak gerçeklik hissinin algılanması hakkında daha genel bir tartışma yapabiliriz.

Antik Yunan dönemi filozoflarından Platon, gerçeklik ile görünümü ayıran ilk kişilerden biridir (Subbotsky, 2000). Platon'a göre "insan", "güzellik" ya da "erdem" kavramları duyuların ötesindedir ve bunlar ancak fenomenal (somut, algılanabilir) nesnelerin kendi aralarında karşılaştırılmasıyla hatırlanabilir (Subbotsky, 2000). Ona göre, gerçeklik, ideaların dünyasında bulunan mutlak formlardan oluşur. Başka bir Yunanlı düşünür Pythagoras, somut gerçekliğin ancak sayılarla algılanabileceğini düşünmüştür (Subbotsky, 2000). Aristoteles ise duyuların gerçeklik algısındaki rolünü vurgulayarak, deneyim ve gözlemle elde edilen bilgiye önem vermiştir (Berlin, 1982). Tabi ki aydınlanma dönemi, modern ve çağdaş bilimden farklı olarak bu düşünürler, genellikle salt akıl süreçler ile bu kanıtlara varmıştır. Aydınlanma dönemiyle beraber bilimsel düşünce ve rasyonelite önem kazanmıştır ve salt akıl yürütmelerden deneylere geçiş sağlanmıştır (Kar, 2014). Beyin uyarım yöntemlerinin bu denli gelişmesi öncesinde, bilim insanları gerçeklik algısını kavrayabilmek için bir takım deneyler yapmıştır. Görsel illüzyonlarla beynin, gerçekliği nasıl yarattığını anlamaya çalışmışlardır (Conde ve Macknik, 2008). Örneğin, gri kareleri siyah ve beyaz iki farklı çerçeveyle çevrelediğinde, siyah renk ile çevrelenen gri kare, beyaz ile çevrelenen gri kareye göre da açık görünmektedir (Conde ve Macknik, 2008). Başka bir örnekte ise, aslında hareket etmeyen durağan bir desenin insan algısında harekete neden olduğu bilinmektedir (Conde ve Macknik, 2008). Çünkü hayali hareket, gerçek hareket tarafından aktive edilenlere benzer beyin bölgelerini aktive etmiştir (Conde ve Macknik, 2008). Bunun yanı sıra, lastik el illüzyonunda kişinin kendi gizli elini fırçalarken aynı anda lastik bir elin fırçalanması görüntüsü, sahte ele sahiplik duygusu yaratmak için

yeterlidir (Ehrsson, 2005). Kişilerin bu gerçeklik hissinden kopmaları beynin duyusal alanları, özellikle de ventral premotor aktivite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Ehrsson, 2004).

2.2. Transkraniyel Doğru Akım Uyarımı (tDCS)

Son araştırmalarda, non-invaziv bir uyarım yöntemi olan tDCS, sıklıkla kullanılmaktadır. Kısaca, tDCS, kortikal uyarılabilirliği düzenlemek için kullanılan ve çeşitli davranışlar üzerinde kolaylaştırıcı veya engelleyici etkiler üreten popüler bir beyin uyarım yöntemidir. (Hayley ve ark., 2017). Sağlıklı ve hasta kişilerle yapılan uzun veya kısa süreli tDCS uygulamaları çalışmalarda farklı sonuçlar vermektedir (Ljubisavljeviç ve ark., 2017). Son dönemlerde sağlıklı bireylerde bilişsel fonksiyon, duygu durum, denge gibi fonksiyonları geliştirmek için kullanılmaktadır (Ören, 2020). Hasta bireylerde ise kaygı bozuklukları, depresyon ve diğer psikolojik rahatsızlıkların tedavisindeki araştırmalar devam edilmektedir (Ljubisavljevic ve ark., 2009).

2.3. Sanal Gerçeklik (VR)

VR, gerçekte var olmayan bir olguyu teknoloji aracılığıyla varmış gibi algılanmasına neden olan bir simülasyondur. Bir simülasyon cihazı olan VR, kullanıcılarına "orada olma" hissini vermektedir. (Bowman ve McMahan, 2007). Başka bir deyişle, VR kullanıcıları, gerçek dünyayı engelleyecek bir teknolojiyi kullanarak sanal bir ortama girerler. Bu genellikle bir VR gözlüğü aracılıyla yapılır (Brooks, 1999). VR cihazları ilk piyasaya sürüldüğü tarihlerde, pilotların uçuş deneyimlerini ve askerlerin askeri deneyimlerini sergiledikleri bir teknolojiyken, daha sonra bu alanlardan ayrılıp oyun endüstrisi için kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişim, 1990'larda Sega VR ve Nintendo gibi şirketlerin Virtual Boy gibi kullanıcıları için tasarlanmıştır. (Rebenitsch, 2015) Zayıf grafik özelliklerine sahip olan bu VR cihazları, kullanıcılarda mide bulantılarına neden oldukları için başarılı olamamışlardır (Neira ve ark., 1993).

Son 20 senedir VR teknolojisinde ciddi şekilde gelişmeler olup, özellikle Oculus Rift şirketi HTC VIVE ve PlayStation VR gibi HMD'leri piyasaya sürmüştür (Wohlgenannt, 2020). Böylelikle VR teknolojisi evlere yayılmıştır. Modern VR teknolojileri görsel ve tipik olarak sesler üzerine kurulu iken, son zamanlarda VR teknolojisinde dokunsal eldivenler, dokunsal giysiler, çok boyutlu koşu bantları veya sürükleyiciliği artıran diğer donanımları bile içerebilir (Valouch, 2019).

2.4. Dorsolateral Prefrontal Korteks

2.4.1. Anatomisi

Dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC), insan ve primat beyninin ön kısmında yer alan bir yapıdır. Prefrontal korteks, insan beyninde, evrimsel olarak en geç gelişen yapıdır. Sağlıklı bir bir bireyin yetişkinlik çağına kadar gelişimi devam etmektedir. DLPFC, insan beyninde Korbinian Brodmann'ın tanımladığı Broadmann Alanları'ndan (BA) 9 ve 46 numaralı alanlara denk gelmektedir. Bu bölge insan beyninin orta frontal girusu olarak adlandırılmaktadır (Nelson ve Luciana, 2001). DLPFC, kendisine proksimal ve distal olan beyin alanları olan (orbitofrontal korteks, talamus, hippokampus, bazal ganglionlar ve serebral korteksin farklı bölgeleri) ile iletişim halindedir (Simmon, 2013).

2.4.2. İşlevsel Değerlendirmesi ve Önemi

Dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC), beynin prefrontal korteksinin bir bölgesidir ve bir dizi karmaşık zihinsel işlevden sorumludur. (Nelson ve Luciana, 2001).

DLPFC, planlama, karar verme, problem çözme, dikkat ve dil işleme gibi yüksek bilişsel işlevleri yöneten kompleks bir bölgedir. DLPFC, aynı zamanda duygusal düzenleme, sosyal davranış, çalışma belleği, motor kontrol ve algısal işlemleme gibi diğer işlevlerle de ilişkilidir. Bu nedenle DLPFC, bireysel fonksiyonel ve sosyal davranışı kontrol etmede önemli bir rol oynar. (Kaplan ve ark., 2016)

DLPFC, birçok psikiyatrik ve nörolojik bozukluğun neden olduğu bilişsel, davranışsal ve duygusal semptomların birincil kaynağıdır (Javier ve ark., 2017). Bu nedenle, DLPFC üzerinde yapılan araştırmalar, bu bozuklukların nedenlerini ve tedavilerini anlamak için önemlidir (Miller ve Cummings, 2007).

Şizofreni hastaları ile yapılan VR çalışmalarında DLPFC'de azalmış aktivasyon gösterilmiştir (Salgado ve ark., 2016). Bu çalışmada, yirmi yedi DSM-IV şizofreni hastası ve 32 sağlıklı kontrol, bir sanal gerçeklik kasabasında bir hedefe doğru ilerlerken fMRI çekimi yapılmıştır. Aktivasyon ve deaktivasyon sadece hippokampusta değil, aynı zamanda ilgili bölgeler (ROI) kullanılarak tüm beyin seviyesinde de incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda hastaların sol DLPFC'de ve sol oksipital/temporal korteksinde

kontrol grubuna göre kıyasla azalmış aktivasyonu olduğu göstermiştir (Salgado ve ark., 2016).

Yapılan bir çalışmada bilgisayar ekranında sanal bir lunapark treninin sürüşünü izlerken varlık deneyimini değiştirmek için farklı deneyim zamanlarında sağ DLPFC'ye anodal ve katodal tDCS uygulanmıştır. Anot tDCS modu sırasında, anot elektrotu sağ DLPFC üzerine ve katot elektrotu ipsilateral mastoid üzerine yerleştirilmiştir. Katot uyarım sırasında, iki elektrodun yeri birbiri ile değiştirilmiştir. (Beeli ve ark., 2008). Aktivasyonun doğrudan DLPFC ile modüle edilmesi, otonom sinir sisteminin tepkilerinde önemli değişikliklere ve dürtüselliğin değişmesine neden olduğu gösterilmiştir. Çalışmada, Mekansal Varlık Anketi'nin (MEC-SPQ) uyarlanmış bir versiyonu kullanılarak mevcudiyet deneyimi ölçülmüş ve fizyolojik ölçümler (elektrodermal aktivite) kullanılarak dürtüsellik hissi değerlendirilmiştir. Buna göre sağ DLPFC'de varlık deneyimi ile beyin aktivasyonu arasında sol DLPFC'ye göre biraz daha güçlü korelasyonlar bulunduğundan, tDCS'yi yalnızca sadece sağ DLPFC'ye uygulanmıştır. (Beeli ve ark., 2008). Sadece katodal tDCS'nin elektrodermal aktivite üzerinde bir etkisi bulunmuştur. (Beeli ve ark., 2008). Böylelikle gerçeklik algısında birçok alanın rol oynadığı fakat özellikle DLPFC'nin merkezi bir rol oynadığı ileri sürülmüştür. (Kogler ve ark., 2022).

VR çalışmalarının yanı sıra gerçeklik algısından farklılaşmasının farklı yolları olduğu gösterilmiştir (Lira ve ark., 2018). Örneğin; plastik el illüzyonunda (Rubber Hand Illusion - RHI) veya sanal el illüzyonunda (Mirror Virtual Hand Illusion - MVHI) insanlar kendi ellerinin gerçekliğinden ayrılıp, plastik veya sanal eli kendi elleri zannedebilmektedirler (Lira ve ark., 2018; Lim ve ark., 2019). Bu proprioseptif kaymanın beynin özellikle birincil motor korteksinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Lim ve ark., 2019). Bunun yanında sağlıklı kişilerin motor korteksine tDCS uygulandığında proprioseptif kaymanın süresini kısaldığı ve sanal ele olan hissiyat gücünü arttığı bulunmuştur (Lim ve ark., 2019). Motor korteks üzerine uygulanan tDCS'nin, MVHI'nın daha fazla proprioseptif kaymayı indükleyecek şekilde pariyetal ve frontal loblar üzerindeki dikkat ağını etkinleştireceğini ve böylece MVHI'nin oluşmasını kolaylaştıracağını, böylece VR ve tDCS kombinasyonunun VR'deki sürükleyici etkiyi artırabileceğini gösterilmiştir (Lim ve ark., 2019). Başka bir çalışmada ise posteriyor pariyetal korteks (PPC) üzerindeki anodal tDCS'nin plastik eli hissetme süresini azalttığını ve vücut sahipliğini arttırdığı bulunmuştur (Lira ve ark.,

2018). Bu çalışmada katılımcı anot, katot veya sahte (sham) tDCS uyarımı almıştır ve daha sonra plastik el illüzyonu için rahat bir şekilde, kolları masaya dayalı ve ayakları yerde düz olacak şekilde yerleştirilmiştir. Plastik el katılımcının sol elinin yanına, sol işaret parmağından 15 cm uzağa yerleştirilmiştir ve daha sonra katılımcıdan işaret parmağını kullanarak sağ elini bulması istenmiştir (Lira ve ark., 2018). Daha sonra katılımcının sol eli tahta bir bölme ile kapatılmış ve katılımcı 180 saniye boyunca plastik el üzerindeki fırçanın senkron uyarımını izlemiştir (Lira ve ark., 2018). Katılımcılardan, plastik el onlara vücut kontrolü hissi vermeye başladığı anda elin kendilerine ait olduğunu hissettiklerini bildirmeleri istenmiştir. RHI tarafından indüklenen vücut sahipliği, frontal-parietal devreyi içeren bir sinir ağı ile ilişkilendirilmiştir (Lira ve ark., 2018). Tüm katılımcılar komplikasyonlar sırasında RHI deneyimlemiştir. Bununla birlikte, yanılsamanın başlangıç zamanının PPC'nin anodal tDCS durumu tarafından modüle edilebileceği bulunmuştur. Yanıltıcı başlangıcı ve vücut kontrolünün zamanlamasında, anodal tDCS'nin öznel deneyimini azalttığı gösterilmiştir. (Lira ve ark., 2018).

Çalışmamızın amacı, bir VR cihazı kullanarak tDCS'nin gerçeklik algısı üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu çalışmadan beklediğimiz sonuç, aktif tDCS grubunun, sanal gerçeklik sırasında sahte tDCS grubundan daha yüksek bir mevcudiyet deneyimi yaşamasıdır.

3. GEREKÇE VE YÖNTEM

3.1. Katılımcıların Seçilmesi

Çalışmada 18-35 yaş arası, herhangi bir psikiyatrik veya nörolojik öyküsü bulunmayan, sağlıklı, kafa içerisinde metal cisim olmayan, son 6 aydır sinir sistemini etkileyen herhangi bir ilaç kullanmamış, testlerden en az bir gün öncesine kadar alkol tüketmemiş, daha önce VR deneyimi yaşamamış ve sağ elini kullanan kişiler seçilip laboratuvar ortamına davet edilmiştir. Toplam 42 katılımcı, aktif ve sham olmak üzere iki gruba eşit şekilde tayin edilmiştir. Katılımcılara hangi grupta olduklarına dair bilgi verilmemiştir.

3.2. VR Deneyimi

Laboratuvar ortamına davet edilen katılımcılara alıştırma ve mevcudiyet deneyimlerini oylayacakları ölçeği doldurma amaçlı "Unreal Engine" mağazasından ücretsiz olarak indirilen 5 dakikalık bir VR deneyimi yaşatılmıştır. VR etkileşimi için, 2880 × 1600 (göz başına 1440 × 1600 piksel) çözünürlüğe ve 72 Hz yenileme hızına sahip olan Oculus Quest marka gözlük kullanılmıştır. Kullandığımız bu sistem oyun endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır. VR için "Modern City" isimli uygulama kullanılmıştır. Bu uygulamada kişi çevresinde binalar, ağaçlar, sokaklar ve birtakım nesneler görmektedir. VR sistemi kablolu olduğundan ve laboratuvarın sınırlı etkileşim alanından dolayı katılımcılar belirli bir alan içerisinde hareket etmiştir. Herhangi bir görevi olmayan bu deneyimde katılımcılar, ışınlanma hareketi tekniğini kullarak hareket etmiştir. Bu teknikte katılımcıların sağ ellerinde bulunan joystick yardımıyla menzili sınırlı ışınlanma noktalarına ışınlanarak hareket etmiştir. Katılımcılar, sağa ve sola dönme hareketini ise sol ellerindeki joystick yardımı ile yapmıştır. VR içerisinde sürekli hareketin daha yüksek bir siber hastalığa (mide bulantısı, duruş bozukluğu vb.) neden olduğu bilindiğinden, sürekli hareket yerine ışınlanma hareketi tercih edilmiştir (Clifton ve ark., 2020). Katılımcılar VR deneyimi boyunca göre çevresini keşfetmiş ve beden-nesne deneyimi yaşamıştır. Ardından "Bulunuşluk Hissi Ölçeği" uygulanmıştır.



Şekil 1: VR deneyimi

3.3. Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ)

Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ), katılımcıların VR'de deneyimledikleri ortamı değerlendirdikleri bir ölçektir. Ölçekte 1'den 5'e kadar numaralandırılmış, birbirinden bağımsız 29 soru bulunmaktadır. 1'den 5'e kadar numaralandırılmış seçenekler arasında ara seçenekler de (2, 3, 4) bulunmaktadır. Katılımcılar VR deneyimine en uygun olan puanı vermelidir. Ölçek 6 farklı alt faktörden oluşmaktadır (Katılım, Uyum/Çevreleme, Duyusal Bağlılık, Etkileşim, Arayüz Kalitesi). İşaretlemeler sırasında arayüz kalitesi faktörüne ait sorular ters kodlanmalıdır. Ölçek içerisindeki soruların hiçbiri boş bırakılmamalıdır. Ayrıca katılımcılar, verdikleri cevapları farklı bir cevapla değiştirmemelidir.

BHÖ içerisindeki duyusal bağlılık alt faktörüne ait 5. ve 11., etkileşim alt faktörüne ait 12., 13. ve 17. sorular, kullandığımız VR sisteminde ses ve dokunma aracı bulunmadığından tüm katılımcıların belirttiğimiz sorulara verdiği yanıt 1 puan olarak alınmıştır. Bu sorular şu şekildedir; *5. Ortamdaki sesler seni ne kadar içine aldı?, 11. Sesleri ne kadar tanıyabildin?, 12. Seslerin geldiği yeri ne kadar belirleyebildin?, 13. Dokunma aracını kullanarak sanal ortamı ne kadar aktif olarak inceleyebildin veya araştırabildin? 17. Sanal ortamdaki nesneleri ne kadar hareket ettirebildin veya yönlendirebildin?*

3.4. tDCS Uygulaması

Uygulama sırasında sağ DLPFC (Uluslararası 10-20 sistemine göre EEG'de F4 bölgesi) ve sol DLPFC (F3) bölgelerine elektrotlar yerleştirildi. Uluslararası olarak önerilen 5x7 (35 cm^2) boyutundaki anot elektrot, 5x7 (35 cm^2) katot elektrot uyarım sırasında kullanıldı. Aktif tDCS grubundaki kişiler 20 dakika boyunca 1 mA'lik akım verildi (İlk ve son 30 sn boyunca akım artışı ve düşüşü yapıldı). Sahte (Sham) tDCS grubundaki katılımcılarda aynı işlemlere maruz bırakıldı fakat akım almadı. Sham grubunuda uygulamanın ilk 30 saniyesinde akım yükseldi, 15 sn boyunca akım verildi ve sonraki 30 sn'de akım düşürüldü.



Şekil 2: tDCS uygulaması sırasında elektrotların yerleşimi

3.5. tDCS Uygulaması Sonrası Sanal Gerçeklik Deneyimi

Katılımcılar, tDCS uygulaması sonrasında "Modern City" isimli sanal gerçeklik deneyimini tekrar yaşadı. Ardından katılımcılara tekrardan "Bulunmuşluk Hissi Ölçeği" uygulandı.

3.6. Yan Etki Değerlendirme Formu

Her katılımcıya, tDCS uygulaması sonrasında verildi. Katılımcılar bu formda, o gün yapılan uygulama boyunca karıncalanma, kaşıntı hissi, yanma hissi, boyun ağrısı, kafa derisi ağrısı, baş ağrısı, yorgunluk, yoğunlaşma güçlüğü, sinirlilik, ani ruh hali değişikliği, görsel algıda değişiklik, hoş olmayan duyum, görsel duyum, mide bulantısı, uyuşukluk ve katılımcının uygulama sonrası hala akımı hissi algısı olup olmadığını değerlendirdiler. Değerlendirmeyi 1 ve 5 puan arasında işaretlediler (1 çok hafif, 5=çok şiddetli).

3.7. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda, iki grubun (aktif ve sham) birbirleriyle kıyaslanması için Bağımsız Örneklem t-Testi (Independent Sample T-Test) kullanılmıştır. Grup içi kıyaslaması için ise Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi (Paired Sample t-Test) kullanılmıştır. Demografik bilgiler analizinde tanımlayıcı istatistiksel metotlar (Ortalama, standart sapma vb.) kullanılmıştır. İstatistiksel verilerin analizinde IBM SPSS programı (Statistics Package for Social Sciences) versiyon 22.0 kullanılmıştır. Sonuçlar %95 güven aralığında, anlamlılık $p \leq 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Veriler

Katılımcıların demografik özelliklerine ait bilgiler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Yaş (yıl)		25,1± 3,67
Cinsiyet	Kadın 9	Erkek 33
Eğitim Seviyesi	Lise 21	Üniversite 21
Üniversite Mezunu Kadın Sayısı		8
Üniversite Mezunu Erkek Sayısı		12
Lise Mezunu Kadın Sayısı		1
Lise Mezunu Erkek Sayısı		21
Aktif Grubu Kadın Sayısı		4
Sham Grubu Kadın Sayısı		5
Aktif Grubu Erkek Sayısı		17
Sham Grubu Erkek Sayısı		16

4.2. Gruplar Arası Karşılaştırmalar

4.2.1. Grupların tDCS öncesi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması

tDCS uygulaması öncesinde katılımcıların, sanal gerçeklik deneyiminden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği'ne (BHÖ) verdiği cevapların ortalaması (X), cevapların standart sapması (ss) ve bağımsız örneklem t testi sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. İstatistiksel analiz sonucuna göre, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. ($p \leq 0,05$).

Tablo 2. tDCS Öncesi Gruplar Arası Farklılıklar

Alt Faktör	Gruplar	N	X	ss	t testi		
tDCS Öncesi					t	sd	p
Katılım	Aktif	21	28,33	6,069	,171	40	,865
	Sham	21	28,00	6,527			
Uyum/Çevreleme	Aktif	21	27,57	2,976	-,380	40	,706
	Sham	21	28,00	4,219			
Duyusal Bağlılık	Aktif	21	12,76	1,609	,325	40	,747
	Sham	21	12,52	2,943			
Etkileşim	Aktif	21	9,57	2,039	,239	40	,812
	Sham	21	9,43	1,832			
Arayüz Kalitesi	Aktif	21	6,52	1,750	-,398	40	-,693
	Sham	21	6,81	2,786			
Genel Toplam	Aktif	21	84,76	10,625	,000	40	1,000
	Sham	21	84,76	11,738			

N: katılımcı sayısı, X: katılımcıların ortalama cevapları, ss: standart sapma, sd: serbestlik derecesi

4.2.2. Grupların tDCS sonrası BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması

tDCS sonrası BHÖ'nden alınan genel puanın ve alt faktör puanlarının iki grup arasındaki sonuçları Tablo 3'de sunulmuştur. Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. ($p \leq 0,05$).

Tablo 3. tDCS Sonrası Gruplar Arası BHÖ Puanlarının Farklılıkları

Alt Faktör	Gruplar	N	X	Ss	t testi		
tDCS Sonrası					t	sd	p
Katılım	Aktif	21	32,71	6,972	,1,133	40	,264
	Sham	21	30,29	6,915			
Uyum/Çevreleme	Aktif	21	28,67	4,175	,485	40	,631
	Sham	21	28,05	4,105			
Duyusal Bağlılık	Aktif	21	13,67	2,198	,363	40	,718
	Sham	21	13,38	2,854			
Etkileşim	Aktif	21	9,81	2,316	-,153	40	,879
	Sham	21	9,90	1,670			
Arayüz Kalitesi	Aktif	21	6,10	2,022	-1,422	40	,163
	Sham	21	7,10	2,508			
Genel Toplam	Aktif	21	90,95	13,21	,550	40	,585
	Sham	21	88,71	13,16			

N: katılımcı sayısı, X: katılımcıların ortalama cevapları, ss: standart sapma, sd: serbestlik derecesi

4.3. Grup İçi Bulguları

4.3.1. tDCS öncesi ve sonrası aktif grubun grup içi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması

tDCS öncesi aktif grubun, grup içi bulguları karşılaştırılmasının sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. Grup içi karşılaştırmalarda BHÖ'de bulunan katılım alt faktöründe ve alt faktörlerin genel toplamında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p \leq 0,05$).

Tablo 4. tDCS Öncesi ve Sonrası Aktif Grubu Arası Farklılıklar

Alt Faktör	tDCS	N	X	Ss	t testi		
Aktif Grup					T	sd	P
Katılım	Önce	21	28,33	6,069	-3,276	20	**,004***
	Sonra	21	32,71	6,972			
Uyum/Çevreleme	Önce	21	27,57	2,976	-1,255	20	,224
	Sonra	21	28,67	4,175			
Duyusal Bağlılık	Önce	21	12,76	1,609	-1,914	20	,070
	Sonra	21	13,67	2,198			
Etkileşim	Önce	21	9,57	2,039	-,470	20	,643
	Sonra	21	9,81	2,319			
Arayüz Kalitesi	Önce	21	6,52	1,750	,779	20	,445
	Sonra	21	6,10	2,022			
Genel Toplam	Önce	21	84,76	10,625	-2,163	20	**,043***
	Sonra	21	90,95	13,219			

tDCS: transkraniyel doğru akım uyarımı, N: katılımcı sayısı, X: katılımcıların ortalama cevapları, ss: standart sapma, sd: serbestlik derecesi *p≤0,05

4.3.2. tDCS öncesi ve sonrası sham grubun grup içi BHÖ sonuçlarının karşılaştırılması

tDCS öncesi ve sonrası sham grubun, grup içi bulguları karşılaştırılmasının sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. Grup içi karşılaştırmada BHÖ'de bulunan katılım ve duyusal bağlılık alt faktöründe istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p≤0,05).

Tablo 5. tDCS Öncesi ve Sonrası Sham Grubu Arası Farklılıklar

Değişkenler	tDCS	N	X	ss	t testi		
Sham Grup					T	sd	P
Katılım	Önce	21	28,00	6,527	-2,496	20	**,021***
	Sonra	21	30,29	6,915			
Uyum/Çevreleme	Önce	21	28,00	4,219	-,051	20	,960
	Sonra	21	28,05	4,105			
Duyusal Bağlılık	Önce	21	12,52	2,943	-2,335	20	**,030***
	Sonra	21	13,38	2,854			
Etkileşim	Önce	21	9,43	1,832	-1,313	20	,204
	Sonra	21	9,90	1,670			
Arayüz Kalitesi	Önce	21	6,81	2,786	-,603	20	,553
	Sonra	21	7,10	2,508			
Genel Toplam	Önce	21	84,76	11,738	-2,017	20	,057
	Sonra	21	88,71	13,161			

tDCS: transkraniyel doğru akım uyarımı, N: katılımcı sayısı, X: katılımcıların ortalama cevapları, ss: standart sapma, sd: serbestlik derecesi *p≤0,05

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, tDCS'nin VR deneyiminde gerçeklik algısını üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Önceki çalışmalarda, DLPFC'ye uygulanan tDCS'nin gerçeklik algısını ve mevcudiyet deneyimini değiştirdiği gözlemlenmiştir (Kogler, 2022; Beeli ve ark., 2008; Lim ve ark., 2019; Jäncke ve ark., 2009). Bunun yanı sıra, literatürde, sağ DLPFC bölgesine (F4) uygulanan anot tDCS'nin mevcudiyet deneyimini değiştirmediği ve mevcudiyet deneyiminin azaldığına yönelik çelişkili sonuçlar bulunmuştur (Kogler, 2022; Jäncke ve ark., 2009). Sağ DLPFC üzerinde anodal tDCS uygulanması, mevcudiyet deneyimini azalttığı ve ne kadar güçlü aktive edilirse mevcudiyet deneyiminin o kadar azaldığı bulunmuştur (Jäncke ve ark., 2009). Yine sağ DLPFC bölgesine uygulanan anodal tDCS'nin, statik bir VR deneyiminde mevcudiyet deneyiminin istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olmadığı bulgusu ile sonuçlanmıştır (Kogler ve ark., 2022). Geçmiş çalışmalar arasında tutarsızlıklar mevcuttur. Çalışmamızda sağ DLPFC (F4) bölgesine anodal, sol DLPFC (F3) bölgesine katodal tDCS uyarımı yapılmıştır. Ayrıca çalışmamıza sahte uyarım grubu atanmıştır. Literatürde sağ DLPFC anodal uyarımı ve sol DLPFC katodal uyarımı bulunan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak geçmiş çalışmalarda sadece sağ DLPFC bölgesine katodal uyarımın mevcudiyet deneyiminde artmalar olduğunu fakat istatistiksel olarak artışın anlamlı olmadığını gösterilmiştir (Kogler ve ark., 2022). Ayrıca sağ DLPFC bölgesine anodal uyarımın mevcudiyet deneyiminde herhangi bir farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır (Kogler ve ark., 2022). Bu verilere dayanarak çalışmamızda, sağ DLPFC bölgesine yapılan anodal, sol DLPFC bölgesine yapılan katodal uyarımın mevcudiyet deneyimi olarak birbirlerini büyük oranda dengelemesi beklenmektedir. İkinci olasılık olarak çalışmalarda daha çok sol DLPFC bölgesinin mevcudiyet deneyimiyle, sağ DLPFC bölgesinin ise duygusal tepkilerle ilişkilendirildiği bulgularına rastlanıldığından, sol DLPFC bölgesine uygulanan katodal uyarımın mevcudiyet deneyiminde küçük farklar oluşturabileceği öngörülmektedir (Jäncke ve ark., 2009). Çalışmamızda, aktif grubun tDCS öncesi ve sonrasında (sağ DLPFC bölgesine anodal, sol DLPFC bölgesine katodal) uygulanan Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ) verilen cevaplara göre, katılım alt faktöründe ve alt faktörlerin genel toplamında, katılımcıların daha yüksek bir mevcudiyet deneyimi yaşadığı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur

(Tablo 4). Katılım alt faktörü, katılımcının VR içerisine ne kadar dahil olabildiğine ilişkin sorulardan oluşmaktadır. Katılımcılar, örneğin, *"Ortam ile etkileşimin ne kadar doğal görünüyordu?", "Ortamın görsel yönleri seni ne kadar içine aldı?", "Ortam içerisinde hareketin kontrol edildiği sistem ne kadar doğaldı?", "Ortamda hareket eden nesnelerin sende uyandırdığı his ne kadar inandırıcıydı?"*, gibi soruları 1'den 5'e kadar (hiç-orta-tamamen) seçenekleri arasında oylamışlardır. Katılım alt faktörü sonuçları, mevcudiyet deneyiminin genel toplamı sonuçlarını etkilemiştir. Literatür örneklerine benzerlik gösteren bu sonuç, sol DLPFC'in daha çok mevcudiyet deneyimiyle ilişkili olduğu görüşünü desteklemektedir.

Başka bir çalışmada katılımcılara roller coaster (lunarpark hız treni) deneyimi yaşatılmıştır. Sürüş sırasında elektrodermal aktivite, sanal roller coaster senaryosuna maruz kalma sırasında dürtüsellik ve öznel varlık deneyimi ölçülmüştür. Katodal tDCS'nin sağ DLPFC'ye uygulanması, VR deneyiminde galvanik cilt tepkisini artırmıştır. Bu bulgu önemlidir çünkü duygusal reaktivitenin sağ taraflı DLPFC aktivitesinin bir fonksiyonu olarak değiştiğini göstermektedir. Sağ taraftaki DLPFC'nin aktivasyonunun azalmasıyla, sanal roller coaster yolculuğu sırasında duygusal tepki verme artmıştır. Bununla birlikte, duygusal yanıt vermedeki artışla birlikte varlık deneyiminde herhangi bir eş zamanlı artış olmamıştır (Jäncke ve ark., 2009). Sağ DLPFC'nin aktivasyonunun azalması ile, elektrodermal olarak ölçülen duygusal tepkilerin arttığı fakat mevcudiyet deneyiminde herhangi eş zamanlı bir artışın olmadığı yönündedir (Jäncke ve ark., 2009). Bu beklenmedik bulgunun nedeni, roller coaster deneyimi sırasında elektrodermal tepkiler ölçülürken, varlık anketinin roller coaster yolculuğundan sonra doldurulması ve gerçek varlık deneyiminin geriye dönük karakterizasyonunun DLPFC inhibisyonunun devam eden fizyolojik etkileri tarafından engellenmesi olarak düşünülmüştür (Jäncke ve ark., 2009). Bir diğer tahmin ise, sadece sağ taraf DLPFC'nin inhibe edilmiş olmasıdır. Çünkü sol DLPFC'de mevcudiyet deneyiminin kontrolünde yer almaktadır. Bu nedenle, hem sağ hem de sol DLPFC'nin inhibe edilmesi, öznel varoluş deneyimini de modüle edebilmektedir. (Jäncke ve ark., 2009). Tüm bu bağlamda, bizim çalışmamızda katılım alt faktörü hariç diğer tüm alt faktörlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (Tablo 4). Bunun nedeni de sol DLPFC'e katodal elektrot yerleştirilmesi olarak düşünülmektedir. Sol DLPFC'in mevcudiyet deneyimi üzerinde etkili olduğu bilindiğinden, katılım alt faktörürnün

puanlaması artış göstermiştir. Diğer alt faktörlerde herhangi istatistiksel anlamlı bir farklılığın bulunmayışı, sağ DLPFC'e uygulanan anodal uyarımın ve eş zamanlı olarak, sol DLPFC'e uygulanan katodal uyarımın, mevcudiyet deneyimi üzerinde bir dengelenme oluşturduğudur. Araştırmamızın sonucu, literatür örnekleriyle benzerlik taşımaktadır.

tDCS uygulaması öncesinde katılımcıların, sanal gerçeklik deneyimlerinden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği'ne (BHÖ) verdikleri cevapların iki grup arasındaki karşılaştırmalarında anlamlı fark bulunmayışı (Tablo 2), iki grubun başlangıçta VR deneyimlerinin katılımcılarda oluşturduğu izlenimin benzer olduğunu göstermektedir. Böylece çalışmamız, tDCS uyarımından önce herhangi subjektif bir yanılsamanın olamayacağını düşündürür niteliktedir.

Kogler ve ark. (2022) yaptığı çalışmada, öznel varlık, her VR etkileşiminden sonra rastgele sırada doldurulan üç farklı varlık anketinden oluşmaktadır. Igroup Presence Questionnaire (IPQ), mekansal varlığı, katılımı ve deneyimlenen gerçekçiliği değerlendiren 14 madde içerir (Schubert ve ark., 2001). Mekansal Varlık Deneyimi Ölçeği (SPES), katılımcının kendini konumlandırma derecesini ve algılanan olası eylemleri değerlendiren sekiz madde içerir (Hartmann ve ark. 2016). Slater-Usoh-Steed Anketi (SUS) ise 15 madde içermektedir; bunlardan 5 madde, sanal gerçeklikte bulunma hissini, sanal gerçekliğin ne ölçüde baskın gerçeklik haline geldiğini ve sanal gerçekliğin ne ölçüde bir yer olarak hatırlandığını değerlendiren mevcudiyetle ilgilidir. (Usoh ve ark., 2000). SUS anket sonuçlarının katodal grup gerçek tDCS'ye kıyasla, sham tDCS uygulaması sonrasında sanal gerçeklikte sayısal olarak daha yüksek bir varlık deneyimi bulunmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlılığa ulaşmamıştır. (Kogler ve ark., 2022). Katodal grup ayrıca gerçek tDCS ile karşılaştırıldığında sahte tDCS'den sonra IPQ alt ölçeğinde değerlendirildiğinde sayısal olarak daha yüksek öznel varlık deneyimi göstermiştir, ancak bu fark da istatistik olarak anlamlılığa ulaşmamıştır. Buna karşılık, anodal grup kullanılan anketlerin hiçbirinde sham ve gerçek tDCS koşulları arasında mevcudiyet deneyiminde farklılık bulunmamıştır (Kogler, 2022). Yaptığımız çalışmada, tDCS sonrası BHÖ'nden alınan genel puanın ve alt faktör puanlarının iki grup arasındaki sonuçlarına göre (Tablo 3), katılım alt faktöründe aktif grubun, sham grubuna göre daha yüksek mevcudiyet deneyimi yaşadığı bulunmuştur fakat bu fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır.

Katılım alt faktöründe aktif grubun, sham grubuna göre daha yüksek ortalama cevaplarından iki grup arasındaki genel toplam farkı oluşmuştur fakat bu fark da istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. tDCS sonrası aktif ve sham grupları karşılaştırmasında katılım alt faktöründeki küçük farkın bulunması, sağ DLPFC'in anodal uyarılırken, eş zamanlı olarak sol DLPFC'in katodal uyarılması ile katılımcıların gerçeklik deneyimlerinde ufak değişiklikler olabileceğini düşündürmüştür. İstatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşabilmesi için daha büyük örneklem gruplarına ihtiyaç duyulabilir. İkinci olasılık olarak, tDCS öncesi ve sonrası sham grubu arası farklılıkların grup içi karşılaştırılmasında (Tablo 5), katılım ve duyusal bağlılık alt faktörlerinde anlamlı farklılığın bulunması, katılımcılara tDCS uygulanması değil, VR deneyiminin tDCS öncesi ve sonrasında (iki defa) yaşatılmasının bir sonucu olarak, katılımcıların VR deneyimine aşinalığının artması olarak yorumlanabilir. Ayrıca sahte uyarım sonrasında iki grup arasındaki karşılaştırma sonucuna göre, katılım ve duyusal bağlılık alt faktörlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmasına karşın, genel toplamda anlamlı farklılığın bulunmaması, bu alanda daha büyük örneklemlerle, daha fazla araştırmaya ihtiyacımız olduğunu göstermektedir.

DLPFC'in yanı sıra posterior parietal kortekse (PPC) uygulanan tDCS'nin propriosepsiyon ve denge üzerinde olumlu etkileri bulunmuştur. Buna göre, sağ posterior parietal kortekse tDCS uygulanması, katılımcıların ''Sağ Blind Stork Testi'' ndeki performansını artırmıştır (Oren, 2020). Dikkat ağı ile ilgili yapılan bir çalışmada ise, sağ PPC'e uygulanan tDCS'den sonra, görsel-uzamsal yönden katılımcıların dikkat performanslarında artış gösterilmiştir. (Crossman ve ark., 2019). Hirayama ve ark. (2021) yaptığı çalışmaya göre PPC'ye uygulanan Transkraniyel Manyetik Uyarımın (TMU – transcranial magnetic stimulation – TMS) katılımcıların kurulan basit bir düzenek içerisinde el seçim olasılıklarını değiştirmiştir. TMS uyarımından önce verilen basit bir görevde sağ el seçimlerinin daha fazla olduğu fakat uyarım sonrasında sol el seçim oranında önemli artış ile beraber sağ el seçim oranında önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir. TMS ile sol PPC aktivitesinin bozulması, sağ el kullanma olasılığını azaltmış, sol el kullanma olasılığını artırmıştır. Bunun yanında sağ PPC anot elektrotla, sol PPC ise katot elektrotla uyarıldıktan sonra katılımcıların görev içerisindeki reaksiyon süresinde de önemli ölçüde düşüş bulunmuştur (Hirayama ve ark., 2021). Bu araştırmalardaki propriosepsiyon kaymaları, denge performansındaki artışlar, dikkat

üzerindeki performans değişiklikleri ve katılımcıların el seçim farklılıkları DLPFC'nin yanında PPC'in de gerçeklik hissi değişiklerine neden olabileceğini göstermiştir. DLPFC ve PPC bölgelerinin birbirleriyle olan fonksiyonel bağlantısallığı, gerçeklik algısındaki değişiklikleri incelememiz açısından önemli olabilmektedir. Özellikle proprioseptif kaymalar, görsel dikkat süreleri ve mevcudiyet deneyimleri büyük örneklem gruplarıyla beraber incelendiğinde, literatüre daha açık bir katkı yapacağı kanısını düşünmekteyiz.

6. SONUÇ, ÖNERİLER VE TOPLUMA KATKI

Çalışmamızda, sağlıklı yetişkinlerde DLPFC'e tDCS uygulanmasının VR gerçeklik algısı deneyimine etkisini incelemeyi amaçladık.

1. tDCS uygulaması öncesinde katılımcıların sanal gerçeklik deneyiminden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ) verdikleri yanıtlar doğrultusunda, iki grup arasında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır.
2. tDCS uygulaması sonrasında katılımcıların sanal gerçeklik deneyiminden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği (BHÖ) verdikleri yanıtlar doğrultusunda, iki grup arasında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır.
3. tDCS öncesi ve sonrasında aktif grubun, sanal gerçeklik deneyiminden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği'ne (BHÖ) verdikleri yanıtlar doğrultusunda, tDCS öncesine kıyasla iki grup arasında anlamlı artış sonucuna ulaşılmıştır.
4. tDCS öncesi ve sonrasında sham grubunun, sanal gerçeklik deneyiminden sonra Bulunuşluk Hissi Ölçeği'ne (BHÖ) verdikleri yanıtlar doğrultusunda, tDCS öncesine kıyasla iki grup arasında anlamlı artış sonucuna ulaşılmıştır.

Ulaştığımız sonuçlara göre, DLPFC'in gerçeklik algısındaki rolünü net olarak anlayabilmemiz için bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyacımız vardır. Gerçeklik algısı çalışmalarında DLPFC'ye, DLPFC'ye yönelik gerçeklik algısı çalışmalarında ise VR deneyiminden faydanılabilir. tDCS uyarımının insan beyni modülasyonunda başarılı sonuçlar vermektedir. Çalışmamız, bu alanda yapılan çalışmaların objektifliğinin tekrar değerlendirilmesi açısından değer taşımaktadır. Çalışmalar arası sonuca yönelik standardizasyon eksikliği, her çalışmanın kendine ait subjektif bir yönünün olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, DLPFC ile ilişkilendirilen nörolojik bozukluklar, gerçeklik algısında VR deneyiminin bir parametre olarak kullanılması ve tDCS çalışmalarının insan beynini daha iyi anlamamıza yardımcı olacak bir yöntem olması açısından önem taşımaktadır.

Çalışma sırasında katılımcıların doldurdukları ''Yan Etki Değerlendirme Formu'' sonuçlarına göre, tDCS uygulaması sırasında kafa derisi üzerinde kaşıntı ve karıncalanma hariç herhangi bir yan etkiye rastlanmamıştır.

KAYNAKÇA

Aygün, E. & Rezaki, M. (2006). Prefrontal Korteks ve Şizofreni. Klinik Psikofarmakoloji Bülteni, 16:118-127.

Beeli, G., Casutt, G., Baumgartner, T. & Jancke L. (2008). Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. Behav Brain Funct 4:1–7.

Berlin, J. A. (1982). Contemporary composition: The major pedagogical theories. College English, 44(8), 765-777.

Botvinick, M. & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. Nature volume 391, page756.

Bowman, D.A., McMahan, R.P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough? Comput. 40(7):36–43.

Brooks, F.P. (1999). What's real about virtual reality?. IEEE Comput Graph Appl 19(6):16–27.

Bruce, L. M. & Jeffrey, L. (2007). Cummings The Human Frontal Lobes: Functions and Disorders. The Guilford Press. p. 355. ISBN 978-1-59385-329- 7.

Chen, Y., Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., Bereshpolova, Y., Swadlow, H. A., & Alonso, J. M. (2008). Task difficulty modulates the activity of specific neuronal populations in primary visual cortex. Nature neuroscience, 11(8), 974-982.

Clifton J, Palmisano, S. (2020) Effects of steering locomotion and teleporting on cybersickness and presence in HMD-based virtual reality. Virtual Real 24:453–468. doi: 10.1007/s10055-019-00407-8

Crossman, M., Bartl, G., Soerum, R., & Sandrini, M. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex on episodic memory reconsolidation. Cortex, 121, 78-88.

Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (1993). Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. In Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 135-142).

Cummings, J. J. & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. Media Psychology, 19(2), 272–309. doi:10.1080/15213269.2015.1015740

Dellazizzo, L., Potvin, S., Luigi, M., & Dumais, A. (2020). Evidence on virtual reality–based therapies for psychiatric disorders: meta-review of meta-analyses. Journal of medical Internet research, 22(8), e20889.

Ehrsson, H. H., Holmes, N. P., & Passingham, R. E. (2005). Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. Journal of neuroscience, 25(45), 10564-10573.

Ehrsson, H. H., Spence, C., & Passingham, R. E. (2004). That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. Science, 305(5685), 875-877.

Eryılmaz, G., Erkmen, H. & Gül, I. (2015). Transkraniyal doğru akım uyarı tedavisi. Anatolian Journal of Psychiatry 2015; 16:138-142.

Fraisse, P., & Piaget, J. (1970). Historia y método de la psicología experimental. In Historia y método de la psicología experimental (pp. 247-247).

Fregni, F., Boggio, P., Nitsche, M., Bermpohl, F., Antal, A., Feredoes, E., ve ark. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Experimental Brain Research volume 166, pages23–30.

Grassini, S. & Laumann, K. (2020). Questionnaire measures and physiological correlates of presence: a systematic review. Front Psychol 11:349.

Hartmann, T., Wirth, W., Schramm, H., Klimmt, C., Vorderer, P., Gysbers, A., ve ark. (2016). The spatial presence experience scale (SPES). J Media Psychol 28:1–15. doi: 10.1027/1864-1105/a000137

Hayley, T., Amy, L., Roger, N. & Alastair, D. (2017). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. frontiers in Neuroscience. doi: 10.3389/fnins.2017.00641

Hirayama, K., Koga, T., Takahashi, T., & Osu, R. (2021). Transcranial direct current stimulation of the posterior parietal cortex biases human hand choice. Scientific Reports, 11(1), 204.

Horvath, J. C., Forte, J. D. & Olivia Carter. (2015). Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). Volume 8, Issue 3, Pages 535-550.

Hoy, K., Emonson, M., Arnold, S., Thomson, R., Daskalakis, Z. & Fitzgerald, P. 2013. Testing the limits: Investigating the effect of tDCS dose on working memory

enhancement in healthy controls. Neuropsychologia Volume 51, Issue 9, Pages 1777-1784.

Jäncke, L., Cheetham, M., & Baumgartner, T. (2009). Virtual reality and the role of the prefrontal cortex in adults and children. Frontiers in neuroscience, 6.

Javier, G., Emilio, V., Ramón, G., José B., Carlos, C. & Juan, N. (2012). Alterations in the expression of PSA-NCAM and synaptic proteins in the dorsolateral prefrontal cortex of psychiatric disorder patients. Neuroscience Letters Volume 530, Issue 1, Pages 97-102.

Kaplan, J. T., Gimbel, S. I. & Harris, S. (2016). Neural correlates of maintaining one's political beliefs in the face of counterevidence". Scientific Reports. Nature 2016. doi:10.1038/srep39589

Kar, S. (2014). Din, aydınlanma ve eleştirisi.

Kogler, W., Wood, G., & Kober, S. E. (2021). Effects of electrical brain stimulation on brain indices and presence experience in immersive, interactive virtual reality. Virtual Reality, 1-11.

Lim, H., Kim, W. & Jeonghun, Ku. (2019) Transcranial Direct Current Stimulation Effect on Virtual Hand Illusion. Cyberpsychology, Behavior, and Social NetworkingVol. 23, No. 8.

Lira, M., Pantaleão, F. N., de Souza Ramos, C. G., & Boggio, P. S. (2018). Anodal transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex reduces the onset time to the rubber hand illusion and increases the body ownership. Experimental Brain Research, 236, 2935-2943.

Ljubisavljeviç, M., Maxood, K., Bjekic, J. & Nagelkerke, J. O. (2016). Long-Term Effects of Repeated Prefrontal Cortex Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Food Craving in Normal and Overweight Young Adults. Brain Stimulation Volume 9, Issue 6, Pages 826-833.

Ljubisavljevic, M., Maxood, K., Bjekic, J. Oommen, J. & Nagelkerke, N. (2009). Long-Term Effects of Repeated Prefrontal Cortex Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Food Craving in Normal and Overweight Young Adults. Brain Stimulation Volume 9, Issue 6, Pages 826-833.

Mach, V., Valouch, J., Adámek, M., Ševčík, J. (2019). Virtual reality – level of immersion within the crime investigation. In: Proceedings of the 23rd international conference on circuits, systems, communications and computers, Athens.

Moss, S. (2013). Dorsolateral prefrontal cortex. Psychlopedia. Archived from the original on, 11.

Muzur, A., Pace-Schott, E. F., & Hobson, J. A. (2002). The prefrontal cortex in sleep. Trends in cognitive sciences, 6(11), 475-481.

Nelson, C. A. & Luciana, M. (2001). Handbook of developmental cognitive neuroscience. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press. ISBN 978-0-262-14073-7.

Ören, D. (2020). Sağlıklı erişkinlerde dorsolateral prefrontal korteks ve posterior parietal kortekse uygulanan TDCS'in bilişsel fonksiyon, duygu durumu ve propriosepsiyona etkisi/Sağlikli erişkinlerde dorsolateral prefrontal korteks ve posterìor parietal kortekse uygulanan TDCS'in bilişsel fonksiyon, duygu durumu ve propriosepsiyona etkisi (Master's thesis, İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Panzano, V. C., Kang, K., & Garrity, P. A. (2010). Infrared snake eyes: TRPA1 and the thermal sensitivity of the snake pit organ. Science signaling, 3(127), pe22-pe22.

Potkin, S. G., Turner, J. A., Brown, G. G., McCarthy G., Greve D. N., Glover G. H., ve ark. (2008). Working memory and DLPFC inefficiency in schizophrenia: The FBIRN study. Schizophrenia Bulletin, Volume 35, Issue 1, Pages 19–31. doi: 10.1093/schbul/sbn162

Rebenitsch, L. (2015). Managing cybersickness in virtual reality". XRDS Crossroads 22(1):46–51.

Sacks, O. (1989). Seeing Voices. United States of America.

Salgado-Pineda, P., Landin-Romero, R., Portillo, F., Bosque, C., Pomes, A., Spanlang, B., ve ark. (2016). Examining hippocampal function in schizophrenia using a virtual reality spatial navigation task. Schizophrenia Research Volume 172, Issues 1–3, Pages 86-93.

Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: factor analytic insights. Presence: Teleoper Virtual Environ 10:266–281

Subbotsky, E. (2000). Phenomenalistic reality: The developmental perspective. Developmental Review, 20(3), 438-474.

Usoh, M., Valouch, J., Catena, E., Arman, S. & Slater, M. (2000). Using presence questionnaires in reality. Presence: Teleoper Virtual Environ 9:497–503

Wohlgenannt, I. (2020). Virtual Reality. Alexander Simons & Stefan Stieglitz Business & Information Systems Engineering volume 62, pages455–461.

Yolton, J. W. (1996). Perception & reality: A history from Descartes to Kant.

EKLER

EK - 1 : Kurum İzni – İstinye Üniversitesi Vadi Kampüsü

EK - 2 : Etik Kurul Onayı

EK - 3 : İntihal Raporu

EK - 4 : Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu

EK-3: İNTİHAL RAPORU

Dorsolateral Prefrontal Kortekse tDCS Uygulamasının Sanal Gerçeklik Deneyiminde Algı Değişimine Etkisi

ORIGINALITY REPORT

5%	5%	1%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Dumlupinar University Student Paper	1%
2	acikbilim.yok.gov.tr Internet Source	1%
3	dspace.gazi.edu.tr Internet Source	<1%
4	en.iksadkongre.org Internet Source	<1%
5	webupload.gazi.edu.tr Internet Source	<1%
6	acikerisim.medipol.edu.tr Internet Source	<1%
7	tr.wikisource.org Internet Source	<1%
8	docs.neu.edu.tr Internet Source	<1%
9	Submitted to Eastern Mediterranean University	<1%

EK-4: BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Sayın Gönüllü Adayı,

Sizi İstinye Üniversitesinde yürütülen *"*Dorsolateral Prefrontal Kortekse tDCS Uygulamasının VR Gerçeklik Deneyiminde Algı Değişimine Etkisi*"* başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın ne amaçla ve nasıl yapılacağını, bu araştırmanın gönüllü katılımcılara getireceği olası faydaları, riskleri ve rahatsızlıklarını bilmeniz ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu form araştırma sorumlusu olarak bizler tarafından size sözel olarak aktarılan bilgilendirmenin yazılı şeklini içermektedir. Formu imzalamadan önce size sözel olarak da anlatılan aşağıdaki bilgileri bir kez de dikkatlice okumak için zaman ayırınız. İsterseniz bu bilgileri aileniz, yakınlarınız ve/veya doktorunuzla tartışınız. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz. Katılmayı kabul ettiğiniz takdirde, tarafınız ve bilgilendirme esnasında yanınızda olan tanık kişi tarafından imzalanan bu formun bir kopyası saklamanız için size verilecektir.

Araştırmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan çıkma hakkında sahipsiniz. Her iki durumda da hiçbir yaptırıma ve hak kaybına maruz kalmayacağınızı bildirmek isteriz.

Araştırma Sorumlusu
(Adı-Soyadı-Ünvanı-imza)

Bu "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu" 2 bölümden oluşmaktadır;

1) **BİLGİLENDİRME**
2) **RIZA**

BÖLÜM 1: BİLGİLENDİRME

- **ARAŞTIRMANIN AMACI NEDİR?**

Gönüllü olarak katılmanızı teklif ettiğimiz çalışma bir araştırma projesidir. Bu araştırma projesinin amacı; Transkraniyal Doğru Akım Uyarımının (tDCS) gerçeklik algısı üzerine etkisinin sanal gerçeklik cihazı yardımıyla araştırılmasıdır. Bu çalışmada hedefimiz, tDCS'nin sanal gerçeklik üzerine etkisi, beynin bir alanının (dorsolateral prefrontal korteks) gerçeklik algısı üzerinde etkisini anlayabilmek ve katılımcıların nesne-beden deneyimlerini değerlendirmektir.

- **ARAŞTIRMAYA DAİR ARAŞTIRMACI VE KATILIMCI HAKKINDA BİLGİLER**

Araştırmamız İstinye Üniversitesi, Modelleme, Simülasyon ve Genişletilmiş Gerçeklik Laboratuvarında yapılacaktır. Araştırmaya katılacak olan kişilerin tümü gönüllü kişilerdir. Çalışmamızı 42 gönüllü üzerinde gerçekleştireceğiz ve çalışma süresi yaklaşık 12 ay olarak öngörülmüştür. Sizin laboratuvarda geçireceğiniz süre, tüm uygulamalar dahil yaklaşık 60 dakika olacaktır

- **ARAŞTIRMAYA KATILMANIZI NEDEN TEKLİF EDİYORUZ?**

Araştırmamıza, çalışmaya katılma kriterlerine uygun olan herkes katılabilir. Gönüllüler, araştırma kriterlerini sağladığı takdirde farklı herhangi bir test veya uygulamaya tabii tutulmaz. Araştırma içerisinde karşılaşacağınız herhangi olumsuz bir durum yoktur ve istediğiniz zaman araştırmadan çekilme hakkına sahipsiniz. Sizlerden alacağımız geri bildirimler, beynin gerçeklik algısı üzerine literatür katkısı yapacaktır.

- **ARAŞTIRMA KAPSAMINDA NASIL BİR UYGULAMA YAPILACAKTIR? YÖNTEM VE İŞLEMLER NELERDİR?**

Araştırmada kişilere bir gözlük takılarak sanal gerçeklik (VR) uygulamasına deneyimleyeceklerdir. Bu deneyimde size binalar, ağaçlar, sokaklardan oluşan bir sanal ortam sunulacaktır. 5 dakika uygulanan bu sanal gerçeklik deneyimi sonrasında bu

deneyimin gerçekliğini oylayacağınız bir anket size sunulacaktır. Bu aşamalar maksimum 60 dakika sürecektir ve sizinle birlikte bu çalışmaya farklı zamanlarda toplam 36 gönüllü kişi katılacaktır. Anket sonrasında Transkraniyal Doğru Akım Uyarımı (tDCS) gerçekleştirilecektir. tDCS son dönem araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmamızda tDCS uygulaması için bir tanesi başınızın sağ ön-orta, diğeri ise başınızın sol ön-orta tarafında olacak şekilde iki ıslak sünger elektrot bir bandaj ile tutturulacaktır. Küçük bir kutu şeklindeki tDCS cihazına kablolar ile bağlı olan bu iki elektrottan 20 dk boyunca düşük şiddette akım geçirilecektir. tDCS uygulanırken gönüllü oturduğu yerden kitap, dergi vs. gibi şeylerle vakit geçirebilecektir. tDCS uygulamasından sonra, tDCS uygulaması boyunca hissedilen olumsuz bir durum varsa bunları işaretleyebileceğiniz yan etki değerlendirme formu verilecektir. Yan etki formu uygulanan tDCS oturumu hakkında kişinin hissettiklerini işaretlediği bir formdur. tDCS uygulama işleminden sonra tekrar VR (sanal gerçeklik) deneyimi yaşamanız ve bu deneyimi oylayacak bir anket doldurmanız istenecektir. Araştırmaya geleceğiniz zaman en az 2 saat önce yemek yememiş olmanız gerekmektir. Bu çalışma, hafta içi ve hafta sonu yapılabilir.

- **ARAŞTIRMANIN BİLİME VE SİZE OLASI FAYDALARI NELERDİR?**

Araştırmamızın size herhangi bir yararı veya zararı bulunmamaktadır. Bilime olan katkısı ise, beynin gerçeklik algısına bakışını farklı bir yoldan ele almaktır. VR (Sanal Gerçeklik) deneyimi üzerinden tDCS'nin algı değişimi üzerine etkisini değerlendirilerek, nörolojik ve psikiyatrik bozuklukları daha iyi anlamamıza yardımcı olacağı planlanmaktadır.

- **ARAŞTIRMANIN SİZE GETİREBİLECEĞİ EK RİSK VE RAHATSIZLIKLAR NELERDİR?**

tDCS, araştırmalarda güvenle kullanılan bir yöntemdir. Herhangi bir zararı görülmemiştir. Uygulama sırasında elektrotların bağlı olduğu noktalarda karıncalanma, batma, yanma görülebilir. Bunun dışında boyun ağrısı, kafa derisi ağrısı, baş ağrısı, mide bulantısı, yorgunluk, konsantrasyon güçlüğü, görsel algıda değişiklik, hoş olmayan duyum, görsel duyum ve uyuşukluk gibi geçici yan etkilere sahiptir. Bu yan etkiler uygulama sırasında elektrotların pozisyonu değiştirilerek önlenebilir.

- **ARAŞTIRMAYA KATILMA / AYRILMA KONUSUNDA HAKLARINIZ VE ARAŞTIRMACININ HAKLARINIZI KORUMA GÜVENCESİ**

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da başladıktan sonra herhangi bir zamanda bırakabilirsiniz. Ayrıca sorumlu araştırıcı gerek duyarsa sizi çalışma dışı bırakabilir. Çalışmaya katılmama, çalışmadan çıkma veya çıkarılma durumlarında herhangi bir ceza ya da yararınıza olan hakların kaybı kesinlikle söz konusu olmayacaktır. Araştırma konusu ile ilgili araştırmaya devam etme isteğinizi etkileyebilecek yeni bilgiler elde edilmesi durumunda siz ya da yasal temsilciniz bilgilendirilecektir.

Araştırmanın sonuçları bilimsel ve eğitim amaçları ile kullanılacaktır. Sizden elde edilen tüm bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak, gizli tutulacak, araştırma yayınlandığında da varsa kimlik bilgilerinizin gizliliği korunacaktır. Araştırma tamamlanmadan çekilme hakkınızı kullanmanız ya da çıkarılmanız halinde anonimleşmiş bilgiler hariç sizinle ilgili veriler kullanılmayacaktır.

- **ARAŞTIRMA MASRAFLARI NASIL SAĞLANACAKTIR?**

Araştırma kapsamında size uygulanacak hiçbir işlem için tarafınızdan ya da bağlı olduğunuz sosyal güvenlik kurumunda ücret alınmayacaktır. Araştırma bütçesi bulunmamaktadır.

- **İLETİŞİM KURULACAK KİŞİ(LER)**

Murat KARA

İletişim:

- **ŞİKAYET BAŞVURULARI**

Çalışma hususunda bir şikâyetiniz olması halinde İstinye Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı ya da Sekreterliği ile iletişim sağlayabilirsiniz. Şikayetleriniz gizlilikle değerlendirilecek, araştırılacak ve yapılan işlem hakkında tarafınıza bilgi verilecektir.

- **YUKARIDA BELİRTİLEN HUSUSLAR DIŞINDA SORULARINIZ VAR İSE, BU BÖLÜME EKLENEREK CEVAPLANDIRILACAKTIR.**

☐ **Gönüllünün sorduğu ek sorular ve cevapları**

Ek bir soru bulunmamaktadır. ☐

BÖLÜM 2: RIZA / ONAY / ONAM

Yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırmaya ilişkin bilgilendirme bölümünü okudum ve aşağıda imzası olan ilgili tarafından önce sözlü sonra yazılı olarak bilgilendirildim. Katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları tamamen anladım. **Çalışma hakkında soru sorma ve tartışma imkanı buldum ve tatmin edici yanıtlar aldım. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı.** Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırma dışı bırakılabileceğimi ve araştırmadan ayrıldığım zaman mevcut tedavimin olumsuz yönde etkilenmeyeceğini biliyorum.

Bu koşullarda;

1) Söz konusu Klinik Araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı (çocuğumun/vasimin bu çalışmaya katılmasını) kabul ediyorum.

2) Gerek duyulursa kişisel bilgilerime mevzuatta belirtilen kişi/kurum kuruluşların erişebilmesine,

3) Çalışmada elde edilen bilgilerin (*kimlik bilgilerim gizli kalmak koşulu ile*) yayın için kullanılma, arşivleme ve eğer gerek duyulursa bilimsel katkı amacı ile ülkemiz dışına aktarılmasına olur veriyorum.

Ek başkaca bir açıklamaya gerek duymadan, hiçbir baskı altında kalmadan ve bilinçli olarak bu klinik araştırmaya katılmayı onaylıyorum

Çalışma Kapsamında Katılımcıdan Biyolojik Örnek Alınması Durumunda Aşağıdaki Bölüm Katılımcı Tarafından Doldurulmalıdır. Yoksa bu bölüm çıkartılabilir.

☐ Tarafımdan alınan kodlanmış* örneğin yalnızca önerilen çalışma için kullanımını onaylıyorum; ileride yapılması olası diğer çalışmalar için onay vermiyorum.

 Tarafımdan alınan kodlanmış örneğin, araştırma konusuyla bağlantılı diğer çalışmalarda kullanımını onaylıyorum, ancak farklı çalışmalar için tekrar bilgilendirilmek ve yeni onay vermek istiyorum.

 Tarafımdan alınan kodlanmış örneğin gelecekte her türlü genetik çalışmada (kimliğim ile bağlantısız) olarak kullanılmasını onaylıyorum.

*Kodlanmış örnek: Sizden alınan örneğe bir kod numarası verilir. Kod numarasını yalnızca araştırıcı bilir ve sizin kimlik bilgilerinize yalnızca araştırıcı ulaşabilir. Böylece kimlik bilgileriniz gizli tutulmuş olur.

Gönüllünün (Kendi el yazısı ile)
Adı-Soyadı:
İmzası:
Adresi:
(varsa Telefon No, Faks No):
Tarih (gün/ay/yıl): …./…./….

Velayet veya Vesayet Altında Bulunanlar İçin
Veli veya Vasisinin (kendi el yazısı ile)[1]
Adı Soyadı:
İmzası:
Adresi:
Varsa Telefon No, Faks No:
Tarih (gün/ay/yıl): …/…./….

Gönüllünün Dil / İletişim Problemi var ise;

[1] 18 yaş altındaki gönüllüler, velayet ve vesayet altındaki hastalar için imza süreci Helsinki Bildirgesi, Medeni Kanun, Hasta Hakları Yönetmeliği, Klinik Araştırmalar Kılavuzuna ve Hasta Yüksek Yararı ilkesine uygun olarak yönetilmelidir.

Gönüllüye ….. tarafından yapılan tüm açıklamaları tercüme ettim. Gönüllüye toplam … sayfadan, bilgilendirme ve rıza bölümlerinden oluşan bu formun tüm sayfalarını okuyarak tercüme ettim. Tercüme ettiğim bilgiler gönüllü tarafından anlaşılmış ve uygun bulunmuştur.

Tercüme Yapanın
Adı –Soyadı (el yazısı ile)
İmza
Tarih / Saat

Varsa Onay Alma İşlemine Başından Sonuna Kadar Tanıklık Eden Kişi
Adı-Soyadı:
İmzası:
Görevi:
Tarih (gün/ay/yıl):…../…../…..

Yukarıda ismi yazılı gönüllüye / yasal temsilcisine tarafımdan araştırmanın amacı, içeriği, yöntemi, fayda ve riskleri, gönüllüye ait haklar konusunda açıklamalar yapılmıştır. Hastanın soruları yanıtlanmıştır. Ayrıca gönüllünün / yasal temsilcisinin işbu formu ayrıntılı inceleyerek imzalaması sağlanmıştır.

Açıklamaları Yapan Kişinin
Adı-Soyadı:
İmzası:
Tarih (gün/ay/yıl):…/…./…..

Toplam 6 sayfadan oluşan işbu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu 2 nüsha olarak hazırlanmış olup, bir nüshası hastaya/ hasta yakınına teslim edilmiştir.