

**T. C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRSEL MOTOR BECERİLERİN  
UZAMSAL ÖĞRENME VE HAFIZA ÜZERİNE ETKİSİNİN  
SAĞLIKLI YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI**

**Uzm. Ody. Burak KABİŞ**

**Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı  
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA  
2022**

**T. C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRSEL MOTOR BECERİLERİN  
UZAMSAL ÖĞRENME VE HAFIZA ÜZERİNE ETKİSİNİN  
SAĞLIKLI YETİŞKİNLERDE ARAŞTIRILMASI**

**Uzm. Ody. Burak KABİŞ**

**Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı  
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof Dr. Songül AKSOY**

**ANKARA  
2022**

**ONAY SAYFASI****HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ****SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****GÖRSEL MOTOR BECERİLERİN UZAMSAL ÖĞRENME VE  
HAFIZA ÜZERİNE ETKİSİNİN SAĞLIKLI YETİŞKİNLERDE  
ARAŞTIRILMASI****Burak KABİŞ****Danışman: Prof. Dr. Songül AKSOY**

Bu tez çalışması 07.09.2022 tarihinde jürimiz tarafından “Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Doktora Programı” nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

*imza***Jüri Başkanı:***Prof. Dr. Seyra Erbek**Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilim Dalı***Üye:***Prof. Dr. Gonca Sennaroğlu**Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü***Üye:***Doç. Dr. Didem Türkyılmaz**Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü***Üye:***Doç. Dr. Ayşe İlksen Çolpak Işıkay**Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı***Üye:***Dr. Öğr. Üyesi Şule Çekiç**Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

**12 Eylül 2022***Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN***Enstitü Müdürü**

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

07.09.2022

**Burak KABİŞ**

<sup>1</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir. Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## **ETİK BEYAN**

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar ereversinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yaralandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof Dr. Songül Aksoy danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez yazım Yönergesi'ne göre yazıldığını beyan ederim.

**BURAK KABİŞ**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince akademik olarak yardımcı esirgemeyen, bilgisi ve tecrübeleriyle daima yanımda olan doktora tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Songül AKSOY'a;

Akademik hayata girdiğimden bu yana çok değerli destekleri ve katkıları için Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi Odyoloji Bölümü Bölüm Başkanı, değerli hocam Prof. Dr. Bülent Gündüz'e;

Doktora eğitimim ve asistanlığım sürecinde çok değerli katkıları ve yardımları için Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimler Fakültesi Odyoloji Bölümü Bölüm Başkanı, Prof. Dr. Gonca Sennaroğlu'na;

Doktora eğitimim boyunca akademik bilgi ve tecrübelerinden her an faydalanabildiğim Prof. Dr. Esra YÜCEL, Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ, Prof. Dr. Gülsüm Aydan GENÇ ve Doç. Dr. Merve BATUK, Doç. Dr. Betül Çiçek Çınar ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Yaralı hocalarıma;

Tez çalışmama yaptıkları çok değerli katkılar için Tez İzleme Komitesi Üyesi hocalarım Doç. Dr. Banu Müjdecı ve Doç. Dr. Ayşe İlksen ÇOLPAL IŞIKAY'a;

Doktora eğitim sürecinde her alanda sağladığı destekleri ve katkıları için değerli arkadaşım Arş. Gör. Emre GÜRSES'e;

Tez verilerinin analizinde desteklerinden dolayı Hacettepe Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı akademisyenlerinden Arş. Gör. Ebru Öztürk'e,

Yaklaşık 3 yıllık asistanlığım sürecince yardımlarını esirgemeyen Hacettepe Erişkin Hastanesi Odyoloji Kliniği'nde çalışan tüm çalışanlara;

Bu meslekle tanışmamda en büyük pay sahibi olan ve tüm hayatım boyunca üzerimde desteğini hissettiğim değerli dayım Turan GÜLEÇ'e;

Bugünlere ulaşmamda en büyük destekçim canım annem Rahime KABİŞ ve canım babam Abdullah KABİŞ'e, tanıştığımız günden bu yana beni destekleyen zor anlarımda hep yanımda olan sevgi, saygı ve özverisini hiç esirgemeyen hayat arkadaşım, değerli eşim Meryem KABİŞ'e;

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

**Kabiş B., Görsel Motor Becerilerin Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Üzerine Etkisinin Sağlıklı Yetişkinlerde Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı Doktora Tezi, Ankara, 2022.** Başın açısal ve doğrusal hareketleriyle, vestibüler sistem tarafından sağlanan baş hakkındaki pozisyon ve hız bilgisinin elde edilmesi, bakışın ve dolayısıyla görme keskinliğinin korunması vestibülo oküler refleks mekanizması ile gerçekleşmektedir. Günümüzde vestibülo oküler refleks (VOR) mekanizmasının, memelilerin iki ve üç boyutlu uzayı nasıl algıladığını ifade edebilmek için kullanılan, mesafe, derinlik, uzamsal navigasyon gibi becerileri içeren görsel-uzamsal algıda kritik öneme sahip olduğu tartışılmaktadır. Bu çalışmada, görsel motor becerilerin uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmaya 18-55 yaş aralığında 50 sağlıklı yetişkin dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan tüm bireylere, çalışmaya katılma ön koşullarını sağlayıp sağlamadığını incelemek için, Mini Mental Durum Testi (MMDT) ve Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği (DSKÖ), yönetici fonksiyonların değerlendirilmesi için İz Sürme Testi (İST) Form-A ve Form-B, görsel motor fonksiyonların değerlendirilmesi için Dinamik Görsel Keskinlik (DGK) test bataryası, uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerinin değerlendirilmesi için sanal gerçeklik sistemi ile Sanal Morris Su Labirent Testi'nde (SMSLT) özgün bir protokol kullanıldı. Buna ek olarak SMSLT parametreleri ile uyumunun incelenmesi için Sembol Sayı Değiştirme Testi (SSDT) ve Benton Yüz Tanıma Testi (BYTT) ölçekleri kullanıldı. DGK test bataryası içinde yer alan, horizontal, vertikal ve sagittal yönde Bakış Stabilizasyon Test bulgularının uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yok iken ( $p>0,05$ ), horizontal, vertikal ve sagittal planda DGK bulgularının uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza değerlerine anlamlı etkisi olduğu bulundu ( $p<0,05$ ). Ayrıca, sigara kullanım durumu, spor yapma durumu, gözlük kullanım durumunun uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerinde etkileri olduğu bulundu ( $p<0,05$ ). Vestibüler-görsel sistem ile hipokampus arasındaki yolların çalışılmasında bulgularımızın literatüre bir referans olmasının yanında SMSLT'inde özgün kullanılan protokolün bu sistem ile yapılacak çalışmalara referans olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Vestibülo oküler refleks, dinamik görsel keskinlik, uzamsal öğrenme, uzamsal hafıza, sanal Morris su labirent testi

## ABSTRACT

**Kabiş, B. Investigation of the Effect of Visual Motor Skills on Spatial Learning and Memory in Healthy Adults, Hacettepe University, Graduate School of Health Science, PhD Thesis in audiology and Speech Disorders Program, Ankara, 2022.** The vestibulo-ocular reflex mechanism maintains the gaze and, as a result, the visual acuity during angular and linear head movements by making use of location and velocity information about the head delivered by the vestibular system. The vestibulo-ocular reflex (VOR) mechanism is also thought to play a crucial role in visuospatial perception, which involves abilities such as depth perception, spatial navigation, and distance perception which are used to express how mammals perceive two and three-dimensional space. The purpose of this study was to investigate at how visual motor abilities affect spatial learning and memory. The study's sample size was 50 healthy people between the ages of 18 and 55. All participants in the study were administered the Mini Mental State Test (MMST), the State and Trait Anxiety Inventory (STAI Form), the Trail-Making Test (TMT) Forms A and B for the evaluation of executive functions, the Dynamic Visual Acuity (DVA) test battery for the evaluation of visual motor functions, and Virtual Morris Water Maze Test (vMWMT) a with virtual reality system for the evaluation of spatial learning and spatial memory. Additionally, the compatibility with SMSLT parameters was investigated using the Symbol Digit Substitution Test (SDST) and the Benton Face Recognition Test (BYTT) scales. The effects of gaze stabilization on spatial learning and spatial memory in the horizontal, vertical, and sagittal directions were not statistically significant ( $p>0.05$ ), whereas the effects of dynamic visual acuity on these parameters were statistically significant ( $p<0.05$ ). Additionally, it was shown that smoking, participating in any sports, and wearing glasses had an impact on spatial learning and spatial memory ( $p<0.05$ ). The original SMSLT protocol is likely to propose a model for all future studies using this technology and will also serve as a reference to the literature in the study of the pathways connecting the vestibular-visual system and the hippocampus.

**Key Words:** Vestibulo ocular reflex, dynamic visual acuity, spatial learning, spatial memory, virtual morris water maze test



## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
ŞEKİLLER	xv
TABLolar	xvii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Vestibüler Sistem Anatomisi	3
2.1.1. Kemik ve Membranöz Labirent	3
2.1.2. Tüylü Hücreler	4
2.1.3. Semisirküler Kanallar ve Otolit Organlar	5
2.1.4. Vestibüler Sinir	6
2.1.5. Vestibüler Çekirdekler	7
2.1.6. Vestibüloserebellum	8
2.1.7. Kortikal Altı ve Kortikal Vestibüler Alanlar	8
2.2. Vestibüler Sistem Fizyolojisi	9
2.2.1. Semisirküler Kanallar ve Krista Ampullaris	9
2.2.2. Otolit Organlar ve Maküla	10
2.3. Santral Vestibüler İşleme	10

2.3.1. Göz-Baş Koordinasyonunun Beyin Sapında Kontrolü	12
2.3.2. Vestibüler Sistem Hemisferik Baskınlık	13
2.4. Vestibüler Refleks Mekanizmaları	14
2.4.1. Vestibülo Oküler Refleks	14
2.4.2. Vestibülo Spinal Refleks	17
2.4.3. Vestibülo Kolik Refleks	18
2.5. Okülomotor Organizasyon Elemanları	18
2.5.1. Sakkadik Sistem	19
2.5.2. Yavaş Takip Hareketleri	21
2.5.3. Optokinetik Refleks	22
2.6. Görme Keskinliği	22
2.6.1. Optotip Terimi	24
2.6.2. Optotip İlerleme Standartı	25
2.6.3. Dinamik Görme Keskinliği	26
2.7. Hipokampus	28
2.7.1. Hipokampus Alt Alanları	29
2.7.2. Gyrus Dentatus	30
2.7.3. Hipokampus Histolojisi	30
2.7.4. Hipokampus ve Öğrenme-Hafıza	31
2.7.5. Hipokampus ve Uzamsal Öğrenme ve Uzamsal Hafıza	32
2.7.6. Vestibüler Sistem ve Hipokampus	33
2.7.7. Vestibüler Sistem, Uzamsal Hafıza ve Uzamsal Öğrenme	35
2.7.8. Sanal Gerçeklik Hastalığı ve Belirtiler	37
<b>3. BİREYLER VE YÖNTEM</b>	<b>38</b>
3.1. Araştırmanın Türü	38
3.2. Bireyler	38

3.2.1. Bireylerin Demografik Özellikleri	39
3.3. Yöntem	41
3.3.1. Ölçekler	42
Mini Mental Durum Değerlendirme	42
Durumluluk ve Sürekli Kaygı Envanteri	42
Sayı Sembolleri Yer Değiştirme Testi	43
İz Sürme Testi	44
Benton Yüz Tanıma Testi	45
3.3.2. Görsel Keskinlik Test Bataryası	46
Statik Görsel Keskinlik Testi	48
Minimum Algılama Zamanı Testi	48
Bakış Stabilizasyon Testi	48
Dinamik Görsel Keskinlik Testi	49
3.3.3. Sanal Gerçeklik Sistemi	50
3.3.4. Sanal Morris Su Labirent Testi	52
SMSLT Protokolü	53
3.3.5. Hijyen Güvenliği	62
3.4. Verilerin Analizi	63
<b>4. BULGULAR</b>	64
4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri	64
4.2. Ölçeklere Ait Bulgular	64
4.3. Dinamik Görsel Keskinlik Bataryası Bulguları	65
4.4. Sanal Morris Su Labirent Testi Bulguları	66
4.4.1. Alıştırma Bölümü (B-1)	67
4.4.2. Açık Platform Bölümü (B-2)	68
4.4.3. Gizli Platform Bölümü (B-3)	68

4.4.4. Araştırma Bölümü (B-4)	72
4.5. DGKT Bataryası ve SMSLT	74
Uzamsal Öğrenme (B-3)	74
Uzamsal Hafıza (B-4)	83
4.6. Sanal Gerçeklik ve Belirtiler	86
4.7. Ölçekler ile SMSLT ilişkisi	87
<b>5. TARTIŞMA</b>	88
5.1. Vestibüler Sistem ve Uzamsal Beceriler	88
5.2. Sanal Gerçeklik ve Belirtiler	93
5.3. Demografik Farklılıklar	95
5.4. Ölçekler ile SMSLT ilişkisi	96
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	98
<b>7. KAYNAKLAR</b>	100
<b>8. EKLER</b>	116
Ek-1. Tez çalışması ile ilgili etik kurul izni	116
Ek-2. Aydınlatılmış onam formu	117
Ek-3. Demografik Form	119
Ek-4. COVID-19 Kontrol Listesi	120
Ek-5. Mini Mental Durum Testi	121
Ek-6. Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği	122
Ek-7. Sayı Sembol Yer Değiştirme Testi	124
Ek-8. İz Sürme Testi (Form-A ve Form-B)	125
Ek-9. Benton Yüz Tanıma Testi Kayıt Formu	126
Ek-10. Tez Orjinallik Raporu Ekran Görüntüsü	127
Ek-11. Tez Orjinallik Raporu Dijital Makbuzu	128
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	129

## SİMGELER VE KISALTMALAR

°	: Derece
<b>AVOR</b>	: Açısal Vestibülo Oküler Refleks
<b>BOS</b>	: Beyin Omurilik Sıvısı
<b>BST</b>	: Bakış Stabilizasyon Testi
<b>BYTT-KF</b>	: Benton Yüz Tanıma Testi-Kısa Form
<b>DGKT</b>	: Dinamik Görsel Keskinlik Testi
<b>DSKÖ</b>	: Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği
<b>DVOR</b>	: Doğrusal Vestibülo Oküler Refleks
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>İAK</b>	: İnternal Akustik Kanal
<b>İO</b>	: İnterior Oblik
<b>İR</b>	: İnterior Rektus
<b>İST</b>	: İz Sürme Testi
<b>İVÇ</b>	: İnterior Vestibüler Çekirdek
<b>İVS</b>	: İnterior Vestibüler Sinir
<b>LR</b>	: Lateral Rektus
<b>LVM</b>	: Lateral Vestibüler Çekirdek
<b>LVSY</b>	: Lateral Vestibülo Spinal Yol
<b>M</b>	: Metre
<b>MAR</b>	: Minimum Angle of Resolution
<b>MAZT</b>	: Minimum Algılama Zamanı Testi
<b>MLF</b>	: Medial Longitudinal Fascilus
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MMDT</b>	: Mini Mental Durum Testi
<b>MR</b>	: Medial Rektus
<b>msn</b>	: Milisaniye
<b>MSS</b>	: Merkezi Sinir Sistemi
<b>MSS</b>	: Merkezi Sinir Sistemi
<b>MVÇ</b>	: Medial Vestibüler Çekirdek

<b>OKN</b>	: Optokinetik Nistagmus
<b>OKR</b>	: Optokinetik Refleks
<b>OKS</b>	: Optokinetik sistem
<b>OOR</b>	: Otolit Oküler Refleks
<b>PIVC</b>	: Parieto-insular Vestibular Cortex
<b>PPRF</b>	: Paramedian Pontin Retiküler Formasyon
<b>SCÇ</b>	: Süperior Vestibüler Çekirdek
<b>SGKT</b>	: Statik Görsel Keskinlik Testi
<b>SMSLT</b>	: Sanal Morris Su Labirent Testi
<b>sn</b>	: Saniye
<b>SO</b>	: Süperior Oblik
<b>SPS</b>	: <i>Smooth Pursuit</i> Sistem
<b>SR</b>	: Süperior Rektus
<b>SSDT</b>	: Sayı Sembolleri Yer Değiştirme Testi
<b>SSK</b>	: Semisirküler Kanal
<b>SVS</b>	: Süperior Vestibüler Sınır
<b>VKR</b>	: Vestibülo Kolik Refleks
<b>VKR</b>	: Vestibülo Kolik Refleks
<b>VOR</b>	: Vestibülo Oküler Refleks
<b>VSR</b>	: Vestibülo Spinal Refleks
<b>YTH</b>	: Yavaş Takip Hareketler

## ŞEKİLLER

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
2.1. Kemik labirentin anatomisi	3
2.2. Tüylü hücre yapısı	4
2.3. Semisirküler kanalların yerleşimleri	5
2.4. Utrikül ve sakkül yerleşimi	6
2.5. Utriküler organlarda otolitlerin hareketi	10
2.6. Okülomotor kasların anterior ve lateral görünüşleri	15
2.7. Vestibülo-Oküler Refleks Arkı	16
2.8. Vestibülospinal Refleks yolu	18
2.9. Sakkad formları	20
2.10. Farklı optotip sembol örnekleri	23
2.11. Görme keskinliği hesaplanmasının şematik anlatımı	24
2.12. Optotip Örneği: Gözün nodal noktasında 5 dakikalık, küçük uzantıları da 1 dakikalık açı oluşturacak boyuttadır	25
2.13. Hipokampus anatomisi	29
2.14. Hipokampus alt alanları	30
2.15. Vestibüler sistemin uzamsal hafıza ve uzamsal navigasyon yolları	35
3.1. Katılımcılara farklı yönlerde sunulan 'E' optotipinin ekran görüntüsü	47
3.2. Baş hareketi sırasında hızölçer cihazının katılımcıların başına sabitlenmesi	48
3.3. Katılımcıların baş hareketi sırasında baş hızını takip ettikleri ve baş hızının uygun olup olmadığı ile ilgili geri bildirim ekran görüntüleri	50
3.4. Sanal gerçeklik sistemine ait elemanlar	51
3.5. Test protokol ayarlamalarının yapıldığı program arayüzü	55
3.6. Açık platform bölümünde 4 denemeye ait platformların ve katılımcının başlangıç pozisyonlarının sanal havuz içerisinde ayarlanan konumları	56
3.7. Gizli platform bölümünde 16 denemeye ait ve gizli platformun sanal havuz içerisindeki ayarlanan konumları	56
3.8. Araştırma bölümünde gizli platformun ve katılımcı başlangıç pozisyonunun sanal havuz içerisindeki ayarlanan konumları	57

<b>3.9.</b>	Deney sırasında sanal havuz etrafında görülen ipuçları ve ek ayarların düzenlendiği arayüz ekran görüntüsü	59
<b>3.10.</b>	Sanal gerçeklik başlık giyilmesi ve protokol uygulaması sırasında katılımcı görüntüsü	59
<b>3.11.</b>	Deney başlangıcı, deney sırasında ve deneyi sonlandırma ile ilgili SMSLT ekran görüntüleri	61
<b>4.1.</b>	Gizli platform bölümünde (B-3) tekrarlı ölçümler arasındaki farkın gösterildiği çizgi grafiği	69
<b>4.2.</b>	Gizli platform bölümünde (B-3) tekrarlı ölçümler ile yaş (A-1 ve A-2), eğitim durumu (B-1 ve B-2), akıllı telefon tablet kullanımı (C-1 ve C-2) ve sigara kullanım durumu (D-1 ve D-2) demografik parametreler ile farkın gösterildiği çizgi grafikleri	72
<b>4.3.</b>	Araştırma bölümünde üstünlük değeri ile yaş (A), eğitim durumu (B), gözlük/kontakt lens kullanımı (C) ve sigara kullanım durumu (D) demografik parametreler ile farkın gösterildiği kutu grafikleri.	73
<b>4.4.</b>	H-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi	81
<b>4.5.</b>	V-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi	82
<b>4.6.</b>	S-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi	83



## TABLOLAR

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
2.1. Uzaklık ve açı değerlerine göre logMAR sistemi	26
3.1. Bireylerin yaş, boy, vücut ağırlığı, VKİ, MMDT, DKÖ'ne ait demografik bulguları	40
3.2. Bireylerin cinsiyet, baskın el, eğitim durumu, göz rengi, görme problemi/gözlük/kontakt lens kullanım durumu, oyun oynama deneyimi, günlük uyku süresi, sigara ve alkol kullanım durumu, spor ile ilgilenme durumu, navigasyon cihazı kullanım sıklığı, lokasyon bulabilme becerisine ait demografik bulgular	40
3.3. Açık platform bölümünde Deneme 2-5 değerlerine ait platform ve katılımcı koordinatları	57
3.4. Gizli platform bölümünde Deneme 6-21 değerlerine ait platform ve katılımcı koordinatları	58
4.1. Bireylere ait BYTT, SSDT ve İST (Form-A ve Form-B) bulguları	65
4.2. Bireylerin SGK, MAZ ve horizontal, vetikal ve sagittal plandaki BST ve DGK test bulguları	65
4.3. SMSLT alıştıırma (B-1) ve motor koordinasyon (B-2) bölümlerine ait bulgular	67
4.4. SMSLT uzamsal öğrenme (B-3) ve uzamsal hafıza (B-4) bölümlerine ait bulgular	67
4.5. SGK ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler	74
4.6. SGK ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler	74
4.7. MAZ ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler	75
4.8. MAZ, yaş, sigara kullanım durumu ve FBS bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler	75

- 4.9.** BST'ine ait horizontal (Model 5.a), vertikal (Model 5.b) ve sagittal (Model 5.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler 76
- 4.10.** BST'ine ait horizontal (Model 6.a), vertikal (Model 6.b) ve sagittal (Model 6.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş, sigara kullanım durumu ve FBS bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler 77
- 4.11.** DGKT'ine ait horizontal (Model 7.a), vertikal (Model 7.b) ve sagittal (Model 7.c) planlarda elde edilen görme keskinliği, yaş bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler 78
- 4.12.** DGKT'ine ait horizontal (Model 8.a), vertikal (Model 8.b) ve sagittal (Model 8.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş, sigara kullanım durumu bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler 79
- 4.13.** H-DGK, yaş, sigara kullanımı ve gözlük/kontakt lens kullanımı bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler 85
- 4.14.** V-DGK ve bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler 86
- 4.15.** S-DGK, yaş, sigara kullanımı ve gözlük/kontakt lens kullanımı bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler 86
- 4.16.** Sanal gerçeklik protokolü sonrası katılımcılarda ortaya çıkan belirtilerin sıklığı ve yüzdeleri 87

## 1. GİRİŞ

Günlük yaşamda katkılarını çok kez farketmesek de vestibüler sistem aslında altıncı bir duyu organı olarak çalışmaktadır. İç kulak elemanlarından olan semisirküler kanallar, refleksif kontrol mekanizmaları ile başın hareketine bağlı olarak göz pozisyonunu güncellemekte hayati bir öneme sahiptir.

Başın farklı açılarda hareketi sonucunda, vestibüler sistem tarafından sağlanan baş hakkındaki pozisyon ve hız bilgisinin kullanılması ile bakışın ve görme keskinliğinin korunması vestibülo oküler refleks (VOR) mekanizması ile gerçekleşmektedir (1). Görme keskinliği, görsel sistemin uzamsal çözümleme mekanizmasını ifade etmektedir. Dinamik görsel keskinlik ise, hareket sırasında görsel bir nesnenin veya görüntünün uzamsal detaylarını çözümleme yeteneği olarak tanımlanmaktadır ve VOR fonksiyonunun dolaylı belirleyicisidir (2, 3).

Son zamanlarda, vestibüler sistemin VOR mekanizması ile gerçekleştirdiği bu kritik görevinin yanında, beynimize baş pozisyonumuz hakkında sürekli güncel bilgiler sağlayarak görsel-uzamsal (*visuospatial*) algılar için önemli bilgiler sağladığı fikri araştırmacılar arasında yaygın tartışma konularındandır. Görsel-uzamsal algı, beynin iki veya üç boyutlu uzayı nasıl algıladığını ve bu bilgileri nasıl organize ettiğini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Görsel-uzamsal algı, uzamsal hafıza (*spatial memory*), rotasyon, mesafe algısı, derinlik algısı ve navigasyon gibi becerileri içermektedir (4). Uzamsal hafıza, bireyin çevresine ait, geometrik yapı, pozisyon, uzaklık, boyut, oryantasyon ve koordinatlar gibi farklı bileşenler hakkındaki bilgileri kapsayan karmaşık bir yapıdan oluşmaktadır (4, 5).

Vestibüler sistemin uzamsal becerilere katkısı ile ilgili primatlar ile yapılan araştırmalarda, eylemsizlik hareketlerinin görsel ipuçlara yanıt veren dorsal medial temporal alanların yaklaşık olarak üçte ikisini aktive ettiğini ancak bilateral vestibüler disfonksiyon olan hayvanlarda aktivasyon gözlenmediğini bildirilmiştir (6, 7). Deney fareleri ile yapılan diğer çalışmalarda da doğru bir uzamsal performansın gerçekleşmesi için görsel ipuçların yeterli olmadığı, vestibüler sistemin önemli rol oynadığı belirtilmiştir (7-9).

Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine çalışmalar bir asırdan daha uzun süreye dayanmaktadır. Bu becerilerin gelişimini deney farelerinde araştırmak için

Willard Small (1901) bir labirent sistemi geliştirmiştir (10). Bu fikir temel alınarak birçok araştırmacı tarafından farklı görüşler ortaya çıkmış ve Tolman 1949 yılında bilişsel harita (*cognitive map*) fikrini ortaya koymuştur (11). Yirminci yüzyılın sonlarına doğru, hipokampusün uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerinde önemli bir yapı olduğu anlaşılmıştır (10, 12). Günümüzde, teknolojik gelişmeler ile uzamsal öğrenme ve uzamsal hafızanın insanlar üzerinde çalışılmasına olanak sağlayan farklı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Morris (1984), deney hayvanları ile çalışmak için, literatürde oldukça fazla yer tutan ve uzamsal becerilerin değerlendirilmesinde altın standart bir test olarak kabul gören Morris Su Labirent Test protokolünü geliştirmiştir (13). Günümüzde bu yöntemin protokolü sanal Morris Su Labirent Testi (SMSLT) olarak, bilgisayar ve sanal gerçeklik sisteminde kullanılabilir şekilde dizayn edilmiştir (14).

Vestibüler sistemin, uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine katkısı ve ilişkisinin aydınlatılmasında SMSLT protokolleri önemli bir yer tutmaktadır. Son zamanlarda bu test protokolü ile birçok çalışma literatürde dikkat çekmektedir. Ancak, günümüzde vestibüler sistemin uzamsal becerilere katkısı hakkındaki tartışmalar halen devam etmektedir. Bu bilgiler işığında demografik birçok parametre ile birlikte, vestibüler sisteme ait tüm semisirküler kanal fonksiyonlarının ve bu kanallara ait görsel keskinlik değerleri kullanılarak uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine etkisini araştırmayı amaçlamaktayız. Ayrıca, SMSLT'nin iki farklı nrospikolojik test ile ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın hipotezileri aşağıda sıralanmıştır:

**H0:** Dinamik görme keskinliğinin, uzamsal öğrenmeye etkisi yoktur.

**H1:** Dinamik görme keskinliğinin, uzamsal öğrenmeye etkisi vardır.

**H0:** Dinamik görme keskinliğinin uzamsal hafızaya etkisi yoktur

**H2:** Dinamik görme keskinliğinin uzamsal hafızaya etkisi vardır

**H0:** Bakış stabilizasyon değerlerinin uzamsal hafızaya etkisi yoktur.

**H3:** Bakış stabilizasyon değerlerinin uzamsal hafızaya etkisi vardır.

**H0:** Bakış stabilizasyon değerlerinin uzamsal öğrenmeye etkisi yoktur.

**H4:** Bakış stabilizasyon değerlerinin uzamsal öğrenmeye etkisi vardır.

**H0:** SMSLT ile nrospikolojik testler arasında ilişki yoktur.

**H5:** SMSLT ile nrospikolojik testler arasında ilişki vardır.

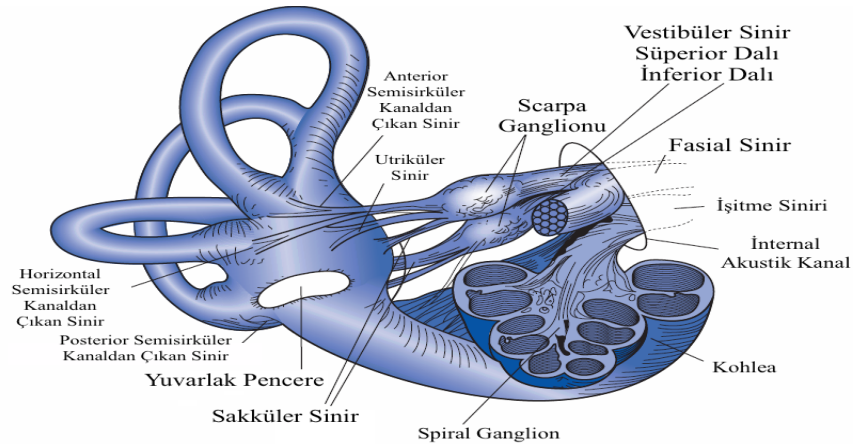
## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Vestibüler Sistem Anatomisi

Vestibüler sistem, periferal vestibüler organlar, oküler sistem, postüral kaslar, beyinsapı, serebellum ve korteks arasındaki bağlantıları içeren karmaşık yapıda bir duyuusal sistemdir. İç kulaktaki özelleşmiş küçük yapılar, vestibüler aygıtı oluşturur ve bu yapı ile baş hareketlerinin açısı, hızı ve vücudun sürekli maruz kaldığı yer çekimi kuvveti belirlenmektedir. Bu bilgiler korteksteki vestibüler merkezlerde işlemlenmesiyle, hareket sırasında bakış fonksiyonunun organize edilerek objelerin görsel olarak doğru algılanması, vücudun postüral dengesi ve hareket esnasında uzamsal düzenlenmesi gerçekleşmektedir.

#### 2.1.1. Kemik ve Membranöz Labirent

Periferal vestibüler sistem, iç kulakta yerleşik halde bulunan kemik ve membranöz labirentten meydana gelmektedir. Bu sistem temporal kemiğin petröz bölümündeki otik kapsülde bulunmaktadır. Kemik labirent, kohlea, vestibül adı verilen oval bir kavite ve semisirküler kanallardan (SSK) oluşmaktadır (Şekil 2.1).



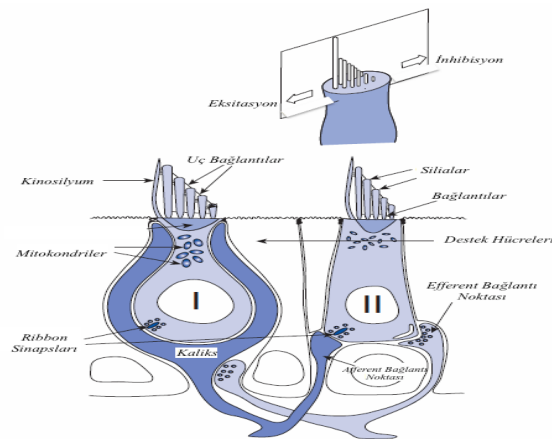
Şekil 2.1. Kemik labirentin anatomisi (15)

Kohlea, korti organı adı verilen işitme reseptörleri içeren, salyangoza benzeyen bir yapıdır. Kemik labirent yapısı, perilemf adı verilen beyin omurilik sıvısına (BOS) benzeyen bir sıvı ile doludur (Yüksek Na:K oranı). Membranöz labirent, duyuusal epitel dokularını ve vestibüler aparatın yapılarını içeren ve kemik labirent içinde asılı

kalan bölümdür. Membranöz labirent içinde, endolenf adı verilen ve hücrelerarası sıvı ile benzer özellikte olan bir sıvı bulunmaktadır. Endolenf, kohlear kanal duvarındaki stria vaskülariste bulunan kapillerde üretilmekte ve endolenfatik kese tarafından emilmektedir (Yüksek K:Na oranı). Buna ek olarak, membranöz labirent içinde, horizontal SSK, posterior SSK, anterior SSK, utrikül ve sakkül (otolit organlar) olmak üzere beş vestibüler organ bulunmaktadır (15, 16).

### 2.1.2. Tüylü Hücreler

Vestibüler sistem, maküla ve krista ampullaris adı verilen iki önemli nöroepitel yapıya sahiptir. Bu yapılar nöroepitel membranına gömülü halde bulunan, tüylü hücreler adı verilen ve çubuk şeklinde harekete duyarlı reseptörler içermektedir. Tüylü hücrelerin her birinin apikal ucunda yaklaşık 70-100 arası stereosilia adı verilen küçük tüycükler ve bir adet diğerlerinden oldukça büyük yapıda olan kinosilyum adı verilen büyük bir tüycük bulunmaktadır. Bu tüyler her hücrede, kinosilyum kenarında olmak üzere kinosilyumdan diğer tarafa doğru stereosilyumlar uzundan kısaya doğru özel bir dizilim şeklinde bulunurlar. Stereosilyumların uç kısımlarında elektron mikroskobu ile bile güçlükle farkedilebilen çok ince ipliksi bağlantılar mevcuttur (Şekil 2.2). Bu yapının birincil görevi, stereosilyumları birbirine ve en uzun stereosilyumu kinosilyuma bağlamak olduğu düşünülmektedir. Bu bağlantılar vasıtasıyla tüm yapı birlikte hareket edebilmektedir (15, 17).

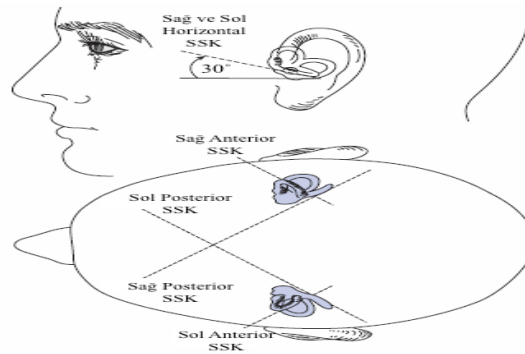


Şekil 2.2. Tüylü hücre yapısı (15)

Vestibüler uç organ adı verilen SSK'lar ve otolit organların nöroepitel dokularında TipI ve TipII tüy hücresi olarak iki farklı tüy hücresi bulunmaktadır. TipI tüylü hücreler, hücre yapısı kadeh şeklinde, hücre çekirdekleri daha yuvarlak, morfolojik olarak daha büyük yapıda hücreler olup, fonksiyonel olarak çok düşük mekanik uyarılara daha hassas ve düzensiz bir ateşleme özelliğine sahip sinir uçları içermektedir. Filogenetik açıdan daha gelişmiş omurgalılarda bulunmaktadır. TipII tüylü hücreler ise, morfolojik olarak daha küçük, düz ve silindirik yapıda olup, düzenli ateşleme özelliğine sahip sinir uçları içermektedir (18).

### 2.1.3. Semisirküler Kanallar ve Otolit Organlar

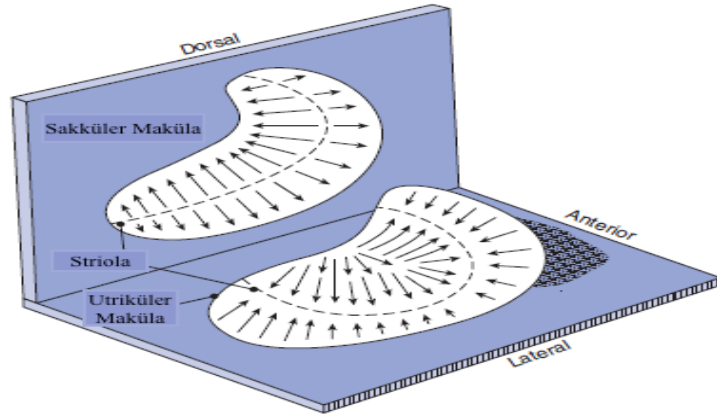
Semisirküler kanallar (SSK) vestibülün posterior bölümünde yerleşmişlerdir. Başın farklı açı ve hızlardaki hareketlerine duyarlıdır. Bunlar horizontal SSK, posterior SSK ve anterior SSK olarak adlandırıldığı gibi sırasıyla lateral SSK, inferior SSK ve süperior SSK olarak da adlandırılmaktadır. Anatomik olarak incelendiğinde SSK'lar birbiri ile  $90^\circ$  açı yapmaktadır. Horizontal SSK'lar eksen düzlemine  $30^\circ$  ile , posterior ve anterior SSK'lar da sagittal düzleme  $45^\circ$  açı ile yerleşmişlerdir (Şekil 2.3). Sağ horizontal SSK ile sol horizontal SSK, sağ posterior SSK ile sol anterior SSK ve sol posterior SSK ile sağ anterior SSK aynı düzlemde paralel olarak yerleşmişlerdir (16, 18).



Şekil 2.3. Semisirküler kanalların yerleşimleri (15)

Otolit organlar utrikül ve sakkül, başın uzaydaki oryantasyonuna hassas olan statik labirenti meydana getirirler. Doğrusal ve ivmeli hareketlere, yer çekimi kuvvetine, başın eğim hareketlerine cevap oluştururlar. Makülanın iç kısmı, boyutları

1  $\mu\text{m}$ ' den 20  $\mu\text{m}$ 'ye değişen, yoğunluğu endolenfin en az üç katı olan otolitler veya *otoconia* adı verilen kalsiyum karbonat parçacıkları ile gömülü jelatinimsi bir zarla kaplanmıştır. Utrikül makülası horizontal planda meydana gelen hareketlere duyarlı iken sakkül makülası vertikal planda meydana gelen hareketlere duyarlıdır. Makülada tüy hücrelerinin stereosiliaları, striola adı verilen adı verilen eğrisel bir çizgiye göre düzenlenme gösterirler. Saçlı hücrelerin kinosilyumları ve stereosiliaları, utrikül makülasında striolaya doğru, sakkülde ise strioladan uzağa doğru yönelim göstermektedirler (Şekil 2.4). Bu morfolojik düzenlenme, kafa eğiminin meydana gelme derecesine bağlı olarak çeşitli tüy hücre aktivasyon mekanizmasının meydana gelebileceği anlamına gelir. Hareketler, bir grup tüy hücre grubunu aktive ederken, bir grup tüy hücre grubunu inhibe edecek ve yine bir grup tüy hücre grubunun üzerinde bir etkisi olmayacaktır. Bu karmaşık model, merkezi sinir sisteminin (MSS) başın anlık pozisyonunu farketmesi açısından kritik öneme sahiptir (18, 19).



Şekil 2.4. Utrikül ve sakkül yerleşimi (15)

#### 2.1.4. Vestibüler Sinir

Vestibüler sinir, VIII. Sinirin (*Vestibulocochlearis*), posterior yarısında bulunan yaklaşık yirmibin liften oluşan yapıdır. Bipolar gangliyon hücreleri labirente yakın bir şekilde *Scarpa's Ganglion*'da organize olmuştur. Bu noktadan inferior ve süperior olarak iki dal halinde çıkarlar. Süperior Vestibüler Sinir (SVS), anterior ve horizontal SSK'lardan, utrikülden ve sakkülün bir kısmından lifler almaktadır. Inferior Vestibüler Sinir (İVS), posterior SSK'lardan, sakkülün ana bölümünden lifler almaktadır.



SVS ve İVS, fasiyal (VII. Sinir) ve kohlear sinir ile beraber İnternal Akustik Kanal'a (İAK) girerler. İAK ortalama 3,7 mm çapında 8 mm uzunluğunda 4 bölümden oluşan bir kanaldır. Fasiyal sinir anterior tarafında bulunurken, vestibüler sinir kohlear sinirin üstüne yerleşik pozisyonundadır. İAK içinde ayrıca labirentin arterde bulunmaktadır.

Vestibüler sinirde, düzenli (*regular*) ve düzensiz (*irregular*) ateşlemeli afferent iki tip nöron bulunmaktadır. Düzenli tipler, spontan aktivitede ve VOR mekanizmasında önemlidir. Düzensiz aktiviteye sahip olanlar, spontan ateşleme yapmazlar ve VSR için önemlidir (19).

### 2.1.5. Vestibüler Çekirdekler

Beyin sapında medulla ile pons arasındaki bölgede bulunan, vestibüler uyarıların işlendiği önemli bölgelerdir. Yalnızca vestibüler uyarıların değil aynı zamanda vestibüler olmayan (proprioseptif, vizüel, efferent) uyarılar da işlenmektedir. Vestibüler çekirdekler, serebellum, okülomotor çekirdekler ve beyinsapı retiküler aktivasyon merkezlerden, Vestibulo-Oküler Refleks (VOR) ve Vestibülo Spinal Refleks (VSR) efektör organları olan ekstraoküler ve iskelet kaslarına uygun ve zamanında uyarın gitmesi açısından çok önemli bir istasyon görevi görmektedir (16).

Medial Vestibüler Çekirdek (MVÇ), Süperior Vestibüler Çekirdek (SVÇ), Lateral Vestibüler Çekirdek (LVÇ), İnfierior Vestibüler Çekirdek (İVÇ) olmak üzere dört ana çekirdek bulunmaktadır. Ayrıca, bunlar sırasıyla, *Schwalbe*, *Bechterew*, *Deiter* ve *Descending* olarak da isimlendirilirler (19). Vestibüler çekirdeklerin en büyüğü olan MVÇ, VOR için horizontal SSK girdilerini almaktadır. Buna ek olarak, kas tonusunun düzenlenmesi için VSR bağlantılarına vestibüler sinyaller iletir. Böylece, horizontal planda meydana gelen hızlı ve beklenmedik kafa hareketlerinde postürün korunması açısından çok önemli rol oynamaktadırlar (16, 19, 20). SVÇ, VOR işlevinin gerçekleşmesi için posterior ve anterior SSK'lardan gelen bilgileri almaktadır. LVÇ, tüm vestibüler çekirdeler içinde en büyük hücre boyutuna sahip gruptur. Ventral tarafından utrikülden, dorsal tarafından ise serebellumdan gelen bilgileri alarak hem periferik ve santral olmak üzere iki bölümde işlev görmektedir. LVÇ'ten çıkan afferent sinir lifleri, lateral vestibülospinal traktusu oluşturarak, postür ve dengenin korunması için, gövde

kasları ve uzuvların proksimal ekstansörlerinde refleksif kontrolü sağlar. Son olarak İVÇ, hem utrikül hem de sakkül makülasından gelen bilgileri alır. Ayrıca, diğer üç vestibüler çekirdeklerle de bağlantıları mevcuttur (20).

### 2.1.6. Vestibüloserebellum

Serebellum, vestibüler çekirdeklerden çıkan bilgiler için önemli bir alıcı olmasının yanında önemli bir girdi kaynağıdır. Vestibüler reflekslerin meydana gelmesinde birincil bir yapı olarak görülmemesine rağmen, serebellum yokluğunda yetersiz ve etkili olmayan refleksler meydana gelmektedir (16). Serebellumda vestibüler bilgilerin işlenmesinde önemli olan üç bölge vardır. Bunlardan birincisi serebellar flokkulustur ve VOR adaptasyonu için oldukça önemlidir. İkincisi serebellar nodulustur ve VOR durasyonunda ve otolit organlardan gelen bilgilerin işlenmesine önemlidir. Üçüncüsü ise serebellumun anterior-superior vermis bölümüdür ve bu bölümdaki lezyonlara bağlı olarak doğrudan VSR etkilenmektedir. Bunun sonucunda genellikle alt ekstremitelerden gelen duyuusal bilgilerin işlenmesinde sorun yaşandığından ataksi durumu gözlenmektedir (19).

### 2.1.7. Kortikal Altı ve Kortikal Vestibüler Alanlar

Beyinsapından çıkan bilgiler, ventral posterior, ventral lateral, ventral anterior, intralaminar ve genikulat çekirdekleri içeren talamik çekirdeklere iletilir. Talamusta bulunan anterodorsal ve anteroventral çekirdekleri içeren anterior çekirdek grubu, bir çok kortikal altı yollar ile güçlü vestibüler bağlantılar almaktadırlar. Bu noktalardan kortekse doğru, anterior ve posterior olarak iki farklı yol çıkmaktadır. Anterior yol anterior çekirdek grubundan bilgiler almaktadır. Navigasyon becerilerinde ve vestibüler ile ilgili bir çok bilgiyi kortikal bölgeye ulaştırması açısından önemli rol oynamaktadır. Posterior yol, ventral posterior talamustan vestibüler kortekse kadar uzanmaktadır. Vestibüler uyarılar 6 msn gecikme ile vestibüler kortekse iletilmiş olur. Aslında, insanlar ve primatlar üzerinde yapılan bir çok çalışmaya göre, vestibüler işleme için oldukça önemli olan bir bölge belirlenmiştir (21). Bu bölge araştırmalar neticesinde *parieto-insular vestibular cortex* (PIVC) olduğu bildirilmiştir. Ancak, PIVC'nin net konumu ve boyutu hakkında net bir görüş olmamasından dolayı, tempero-parietal bağlantıdan

retroinsula, parietal operculum ve posterior insulaya kadar olan bölge PIVC olarak tanımlanmıştır (21, 22).

## 2.2. Vestibüler Sistem Fizyolojisi

### 2.2.1. Semisirküler Kanallar ve Krista Ampullaris

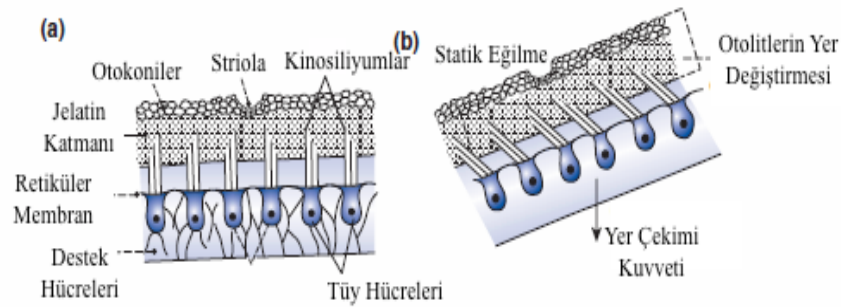
SSK'ların, kohleanın işitme fonksiyonunda ayrı olarak, dengenin sağlanmasında önemli bir rolü olduğu ilk olarak 1842 yılında Pierre-Marie Flourens tarafından keşfedilmiştir. Ancak, SSK'lar içinde endolenf hareketlerinin meydana geldiği ve bununla birlikte göz ve baş hareketleri arasında bir ilişki olduğu, 1892 yılında Ewald tarafından öne sürülmüştür (23).

SSK'ların tüy hücreleri, bazal kısmında jelatin bir yapıdan oluşan, ampulla boyunca uzanan kupula adı verilen yapıda bulunurlar. Tüy hücreleri, kinosilyuma doğru eğilme (*deflexion*) gösterdikleri zaman en yüksek hassasiyete sahiptir buna polarizasyon yönü de denebilir. Sonuç olarak, kupulada bulunan tüy hücrelerindeki reseptör potansiyelindeki artış ve düşüşler, kupulanın eğilme senkronizasyonuna bağlı meydana gelmektedir. Horizontal kanalların tüy hücrelerinin polarizasyon yönü, kupulanın ampullaya doğru eğilmesi (*ampullopetal*) şeklinde olmakla birlikte, bu eğimin tersi yönde bir baş hareketine karşılık gelmektedir. Vertikal kanalların tüy hücrelerinin polarizasyon yönü ise, kupula ampullasının tersi yönde eğilmesi (*ampullofugal*) ile daha hassas hale gelmektedir ve bu durum da horizontal kanallar ile benzer şekilde bu eğimin tersi yönde bir baş hareketine karşılık gelmektedir. Genel bir kural olarak, her kanal kendi düzlemine dik bir eksen etrafında, o kanalın yönündeki rotasyonlara karşı hassastır (15, 20, 24, 25).

Baş hareket ettirildiğinde, kütle eylemsizliği prensibine göre endolenf sıvısı geride kalır ve bu durum kupulaya karşı bir kuvvet oluşturacağından kupulanın eğilmesine neden olur. Dönüş hızı sabit olduğunda yani ivme sıfıra ulaştığında, kupulaya etki eden kuvvet ortadan kalkacağından dolayı, kupula eski haline tekrar dönecektir (Newton Yasası:  $Kuvvet = kütle \times ivme$ ). Endolenfin en fazla hareketinin sağlandığı yer, rotasyon ekseninin, SSK pozisyona dik olduğu pozisyonda meydana gelmektedir. Rotasyon eksenini kanal düzleminde olduğunda endolenf hareket etmeyecektir (Ewald'ın birinci yasası) (16, 25).

### 2.2.2. Otolit Organlar ve Maküla

Otolit sistemi, kütle eylemsizliği prensibi nedeniyle doğrusal ivmelere, dönüşlere ve eğilmelere duyarlıdır. Başın doğrusal bir ivmeye maruz kaldığını varsaydığımızda (Şekil 2.5), utriküler membranın alt kısmı baş hareketini hemen takip eder, membran üzerindeki otokoniler hızlanma yönünün gerisinde kalarak tüy hücrelerinin eğilmesine neden olacaktırlar. Bu eğimin yönüne bağlı olarak tüy hücrelerinde depolarizasyon veya hiperpolarizasyon meydana gelecektir. SKK kupulalarının aksine, otolit organların makülalardaki tüy hücreleri her yöne eğim gösterebilmektedirler. Baş hızı sabit olduğu durumlarda, SSK'lar uyarılmaz, ancak otolit sistem uyarılmaya devam etmektedir (16, 19).



Şekil 2.5. Utriküler organlarda otolitlerin hareketi (15)

### 2.3. Santral Vestibüler İşleme

Periferel düzeyde aynı düzlemde bulunan labirent çiftleri tarafından alınan bilgiler, ilk olarak vestibüler çekirdeklerin nöronlarında diğer duyu sistemlerden gelen sinyaller ile etkileşime girerler. Nöronların bir kısmı doğrudan sadece vestibüler girdileri alırken, birincil vestibüler afferentler ile bağlantılı olan nöronlar aynı zamanda, servikal bölümden, serebellumdan, retiküler formasyondan, spinal kordtan ve kontralateral vestibüler çekirdeklerden de girdi almaktadır. Sonuç olarak burada bir çok noktada entegre edilen bilgiler, çiftli afferent sistemlerin bilgileri olarak iletilirler. Örneğin, serebellar flokkulus aracılığı ile, süperior ve medial vestibüler çekirdekler ile iletilen görsel bilgiler VOR aktivitesini modüle etmektedir. Boyun proprioseptörlerinden gelen girdiler Vestibülo Kolik Refleksi (VKR) dizayn etmektedir. Serebellum, vermis ile İVÇ ve LVÇ aracılığı ile VSR'yi modüle etmektedir. Retiküler formasyon bağlantıları

aracılığıyla, *corticobulbar reticular* ve retikülospinal sinyaller ile etkileşime girer (21).

Santral vestibüler sistem, hareket ve dikeylik (vertikalite) algısına aracılık etmek için vestibüler çekirdeklerden orta beyin tegmentuma, talamusa ve kortekse ipsilateral ve kontralateral çıkan (*ascending*) yolları birleştirir. Ayrıca göz, baş ve gövdeyi dikey düzlemde dengenin kontrolü ve yeterli motor cevapların oluşması için duyuşal girdi sağlar. Sistemin diğere önemli parçası da, uzamsal hafıza, oryantasyon ve navigasyon gibi bilişsel vestibüler fonksiyonların düzenlemesinde görevli olan sistemin diğere önemli bir parçası da hipokampus/parahipokampustur. Bu yüzden, vestibüler sistemin organizasyonu, üç önemli alt gruplara ayrılabilir (26).

- Bakış ve dengenin beyinsapı ve serebellar düzeyde refleksif kontrolü
- İstemli yapılan hareketlerin ve dengenin kortikal altı ve kortikal düzeyde

algısı

- Bilişsel yada eğim ilizyonu ve spatial yanılma gibi vestibüler bozukluklarda ortaya çıkan vestibüler olmayan duyuların algılandığı yüksek vestibüler fonksiyonların algısı

Bu üç önemli algı işlemlenmesi birbirinden bağımsız gerçekleşmemektedir. Örneğin, hareket ve pozisyon algısı, dikkat, oryantasyon ve navigasyon gibi bilişsel fonksiyonların bir parçası olarak çalışmaktadır.

Vestibüler sistem yapısal ve fonksiyonel olarak diğere duyu sistemlerinden ayrılmaktadır. En önemli özelliği, çoklu duyu girdileri santral vestibüler sistemin tüm seviyelerinde birleşmektedir. Vestibüler sisteme ait primer duyuşal korteksin olmaması bu durumu çok iyi anlatmaktadır. İkinci olarak, üç boyutta vücut pozisyonu ve hareketin vestibüler algısı her zaman eksosentrik (*exocentric*), yani kendisini çevreleyen alana göredir. Bunun aksine, görsel ve işitsel algılar her zaman egosentrik (*egocentric*), yani bireyin çevreye göre durumudur. Üçüncü olarak, vestibüler sistem, sağ el baskın kullananların sağ, sol el baskın kullananların sol olmak üzere hemisferik dominans göstermektedir. Son olarak, kortekste algılanmanın gerçekleşmesi için bağlantı kurmasının yanı sıra, Vestibülo Oküler Refleks (VOR) ve Vestibülospinal Refleks (VSR), gibi duyuşal motor reflekslerin labirentlerden gelen bilateral girdilerin gerekli entegrasyonunu sağlayarak beyin sapı

işlevsel döngüsüne katılmasına aracılık eder. Bu durum bilateral çıkan yolların yapısal ve fonksiyonel olarak çaprazlanması ile mümkün olmaktadır (27).

### 2.3.1. Göz-Baş Koordinasyonunun Beyin Sapında Kontrolü

Refleksif göz-baş koordinasyonu VOR ve postural denge VSR'nin 3 boyutta (*roll, pitch, yaw*) beyinsapı fonksiyonu ile sağlanır. Vestibüler iletim ile ilgili yapılan fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (*Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI*) çalışmasında vestibüler nükleuslar ise parieto-insular vestibüler korteks (*Parieto-Insular Vestibular Cortex: PIVC*) arasında yapısal ve fonksiyonel bir bağ olduğu bulunmuştur. Üçü ipsilateral ve ikisi de *ya pontine* yada mezensefalik seviyede çaprazlaşan, 5 ayrı ve farklı yol tanımlanmıştır (27, 28).

Deney hayvanları ile yapılan çalışmalar gösteriyor ki, vestibüler yollar bilateral olarak vestibüler nükleuslardan, Medial Longitudinal Fasikulus (*Medial Longitudinal Fascicle: MLF*), çıkan Deiters yolu, ventral tegmental yol ve *brachium conjunctivum* olmak üzere en az 4 çıkan yol boyunca geçip, rostral mezensefalik beyinsapında okülomotor çekirdeklerde ve supranükleer entegrasyon merkezlerine uzanmaktadır (27, 28).

Vestibüler sistem bütün olarak haritalandığında, beyin sapından kortekse kadar uzanan bir ip-merdiven yapısına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Beyin sapında, vestibüler çekirdekler, pons ve ortabeyin olmak üzere üç önemli geçiş noktası göze çarpmaktadır ve dördüncü bir geçiş noktası olarak korpus kallosumun (*corpus callosum*) *splenium* bölgesi belirlenmiştir (27).

Vestibüler talamus, vestibüler bilgilerin kortekse ulaşmadan önce kapı bekçisi görevi görmektedir. Farklı çok duyulu korteks alanlarına bilateral yoldan vestibüler bilgileri ulaştırmaktadır. Yapılan elektrofizyolojik hayvan deneylerinde vestibüler bilginin işlendiği ondan fazla talamik alan keşfedilmiştir. Bu bölgeler, ventrolateral ve posterolateral aynı zamanda da paramedian talamusa ait alanlardır. Talamusun ventrolateral bölümleri, superior ve medial vestibüler çekirdeklerden, kontralateral serebellum superior serebellar pendikül aracılığı ile ipsilateral *globus pallidustan* sinyal alır. İnsanlar ile yapılan bir deneysel çalışmada, ventrolateral talamus bölgesinin uyarılması, deneğin vücudunda ve başında saat yönünün tersine (daha sık) veya saat yönünde dönme hissi uyandırdığı bildirilmiştir (28-30).

Vestibüler korteks üzerine son yıllarda yapılan Pozitron Emisyon Tomografi (PET) ve fMRI çalışmaları, periferal vestibüler sistemin santral bağlantılarının keşfedilmesi konusunda oldukça önem taşımaktadır. Horizontal semisirküler kanalların kalorik test ile uyarımı, vestibüler sinirin galvanik veya otolit uyarım ile (VEMP), insanlarda birbirinden farklı özellikler taşıyan kortikal alanlar ortaya çıkmıştır. Bu alanlar, hayvanlar üzerinde yapılan elektrofizyolojik çalışmalar ile de benzerlik göstermektedir. Bu kortikal yapıların en önemlileri, posterior insula, parietoinsular vestibüler korteks (PIVC) ile retroinsular korteks alanlarıdır. Ayrıca, superior temporal gyrus, inferior temporal lobül, *precuneus*, anterior *cingulum*, anterior insula ve hipokampus bu topluluğa benzer özellik gösteren alanlardır ve hepsi birlikte multisensör vestibüler ağı oluşturmaktadır (28-30).

Santral vestibüler ağındaki tüm nöronlar vestibüler, görsel ve somatosensör organlardan aynı bilgileri almadığı düşünülmektedir. Deney hayvanları yapılan çalışmalar gösteriyor ki, intraparietal sulkusun ön kısmındaki 2v alanı ve merkezi sulkusun 3a alanında bulunan nöronlar, sadece vestibüler değil aynı zamanda somatosensör ve optokinetik uyarılara cevap vermektedir. PIVC etrafında bulunan nöronlar ise (lateral sulkus) vestibüler semisirküler kanal uyarımı ve somatosensör ile optokinetik uyarılara yanıt verdiği çalışmalarda gösterilmiştir (29, 30).

### 2.3.2. Vestibüler Sistem Hemisferik Baskınlık

Vestibüler duyu, hemisferik baskınlık göstermesi ile karakterizedir. Bu özelliği kalorik uyarım, galvanik uyarım ve otolit uyarımlar sırasında fMRI incelemesinde farkedilmiş ve doğrulanmıştır. Sağ el baskınlığı olan bireyler üzerinde yapılan çalışmalarda, sağ hemisferik alan baskınlığı insan vestibüler korteks fonksiyonel bağlantılarında tanımlanmıştır. Baskınlık, yarı uzamsal ihmal (*spatial hemineglect*) ve *pusher* sendromu gibi bilişsel vestibüler hastalıklarda kortikal mekanizmanın anlaşılması için anahtar bir özellik olarak göze çarpmaktadır. Bu tip hastalıklar genellikle, tek taraflı akut hemisferik veya talamik lezyonlardan kaynaklanmaktadır. Örneğin, hemisferik baskınlık, *pushing* davranış sıklığını yansıtmaktadır. Bu durum da sağ hemisfer felçli olan hastalarda sol hemisfer felçli olanlara göre daha yüksektir ve rehabilitasyon sırasında daha yavaş iyileşme ile ilişkilidir. Her iki durum da sadece vestibüler bir bozukluk durumundan kaynaklı

değildir. Bu durumların hepsi, çoklu duyuşal entegrasyona (görsel-vestibüler, somatosensör) dayanan uzamsal oryantasyon, dikkat ve postural kontroldeki bozuklukları yansıtmaktadır. Her iki bozuklukta, etkilenen bölgeler genellikle çoklu duyuşal kortikal vestibüler ağlar olduğu dikkat çekmektedir (31).

## 2.4. Vestibüler Refleks Mekanizmaları

Tüm duyuşal motor refleksler uzamsal (*spatial*) bilgiyi kodlamak için bir referans çerçevelerine sahiptir. Vestibüler reseptörler, kafada sabit bulunmaktadır. Başın vücuda göre nasıl hareket ettiği veya dış dünyanın vücuda göre nasıl hareket ettiği hakkında tek başlarına bilgi vermezler. Bu yüzden beyin, her birinin kendi referans çerçevesi olan somatosensör ve görsel sistemden gelen uyarılara güvenmelidir. Baş, göz ve vücut hareketlerini koordine etmek farklı sistemlerde gelen bilgilerin uygun şekilde etkileşime girebilmesi için bir takım dönüşümler gerektirir. Örneğin, baş merkezli vestibüler sinyaller, servikal pozisyonu ifade eden proprioseptif bilgilerle birleştirek, vücut merkezli bir referans çerçevesine dönüştürülmüş olur (15). Bu işlemler, daha önceki anatomi ve fizyoloji bölümlerinde bahsedilen bölgelerde refleksif mekanizmalar aracılığı ile meydana gelmektedir.

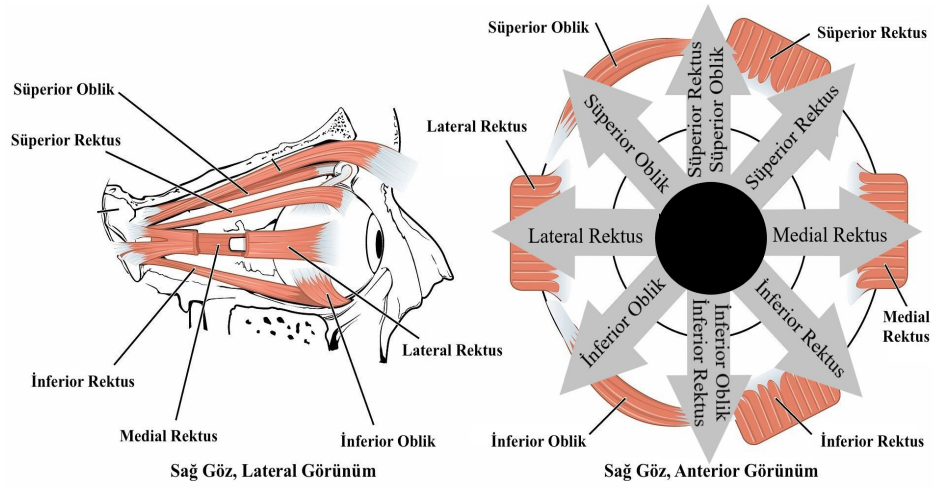
### 2.4.1. Vestibülo Oküler Refleks

VOR arkının görevi, baş hareketi sırasında bakışı sabit tutarak görüntünün hareket sırasında daha net algılanmasını sağlamaktır. Açısal VOR (AVOR) ve doğrusal VOR (DVOR) olarak iki bileşeni vardır. AVOR, rotasyonel hareketlere bağlı olarak meydana gelen sinyalleri algılayan SSK'lar tarafından kontrol edilir. AVOR, bakış sabitlenmesi açısından birincil sorumlu sistemdir. DVOR ise, doğrusal hareketleri algılayan otolit organlar tarafından kontrol edilir. DVOR, başın çok hızlı hareket ettirildiği ve yakın cisim görüntüsünün sağlanması gerektiği durumlarda çalışan en önemli sistemdir (16, 32).

Her bir gözün hareketi, göz yuvarlağının arka veya nazal tarafından ortaya çıkan, lateral rektus (LR), medial rektus (MR), superior rektus (SR), inferior rektus (İR), superior oblik (SO) ve inferior oblik (İO) olarak altı ekstraoküler kas tarafından kontrol edilmektedir (**Şekil 2.6**). Üç düzlemdeki (*yaw, pitch, roll*) oküler hareketler, bu kasların hareket mekanizması ve geometrik yapısına göre şekillenmektedir.

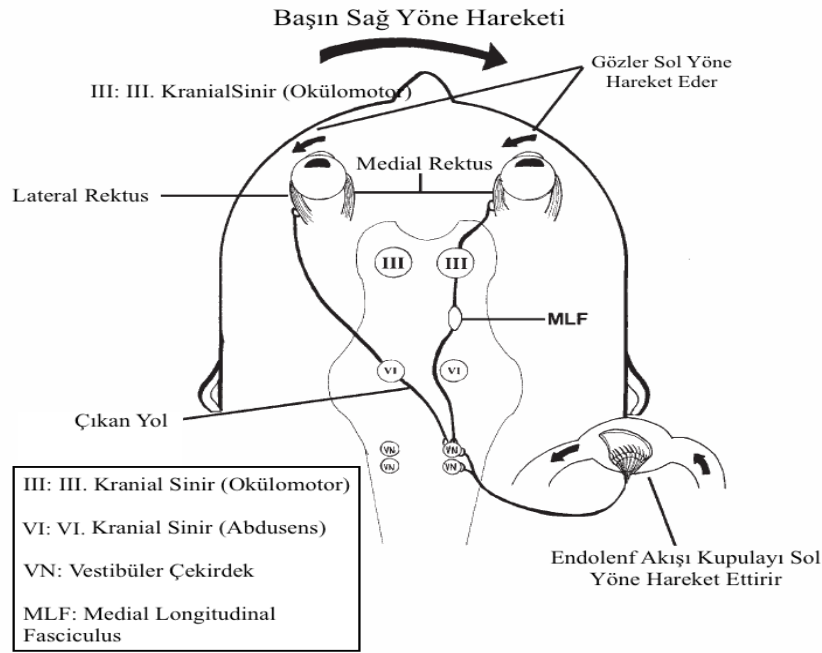


Ekstraoküler kaslar, Sherrington'un karşılıklı inervasyon yasasına uyan üç *agonist-antagonist* çift halinde çalışmaktadır. Beyin, göz kaslarının innervasyonunu üç kranial sinir ile sağlamaktadır. VI. Sinir (*Abducens*) ipsilateral LR, IV. Sinir (*Trochlear*) kontralateral SO, III. Sinir (*Oculomotorious*) ipsilateral MR, İR, İO ve kontralateral SR kaslarının inervasyonunu sağlamaktadır. Bu kaslar çift halinde iki şekilde işlev görmektedirler. Birincisi, her kas aynı eksende hareket sağlayan antagonist eşi (LR-MR, SR-İR, SO-İO) ile çalışmaktadır. İkinci olarak, her iki göz içi hareket sağlamak amacı ile birbirleriyle ortak hareket ederler (Örneğin; sol LR ile sağ MR, sol SO ile sağ İO) (15, 16, 33).



**Şekil 2.6.** Okülomotor kasların anterior ve lateral görünümüleri (34)

AVOR sisteminin yollarını açıklamak için, horizontal SSK VOR arkının (Şeki 2.7) çalışma mekanizmasını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (18, 33, 35).



**Şekil 2.7.** Vestibülo-Oküler Refleks Arkı (19)

Örneğin, baş sağa doğru horizontal planda hareket ettirildiğinde;

- Endolenfatik akış sola doğru meydana geleceğinden, sağ horizontal SSK kupulası endolenfin etkisi ile sola doğru eğilecektir.
- Baş hareketi hızı oranında, sağ horizontal SSK kupulasındaki tüy hücrelerinde nöral ateşlenme oranı artış gösterirken, aynı düzlemde bulunan ve kanal çifti olan sol horizontal SSK kupulasındaki tüy hücrelerinde nöral ateşlenme oranı düşecektir.
- Ateşleme oranlarındaki bu değişimler, vestibüler sinir aracılığıyla, MVC ve SVC'lere iletilerek, buradaki nöronların da ateşlenmesini aynı oranda etkileyecektir.
- Uyarıcı sinyaller, beyinsapındaki beyaz madde yolları aracılığı ile okülomotor çekirdeklere iletilecektir. Burada sağ medial rektus (MR) ile sol lateral rektus (LR) aktivasyonu sağlanırken, bu göz kaslarının her birinin antogonistiği olan sol LR ile sağ MR inhibe olacaktır.
- Sağ MR ile sol LR kas kontraksiyonu ve sağ LR ve sol MR kas relaksasyonu, düzeltici bir mekanizma olarak gözün sola doğru hareketini meydana getirecektir.

- Eğer, baş hareketine bağlı göz hızı yetersiz ve retinada meydana gelen görüntü hareketi saniyede 2°'den daha büyük ise, serebellar projeksiyonlar vestibüler çekirdeklerdeki ateşleme oranlarını tekrar kontrol edip, meydana gelen hatayı düzeltirler.

DVOR, otolit oküler refleks (OOR) olarak da adlandırılabilir. Utrikül ve sakkül tüy hücreleri, makülalarda yerleşik halde bulunurlar ve otokonial membran adı verilen jelatin tabakaya otokonilerin uyguladığı kuvvete duyarlıdır. Doğrusal hızlanmalarda, statik kafa eğimi sırasında yerçekimi ivmesinin değişmesi ile, otokonilerin her bir noktada uyguladığı kuvvet farklı olmakla birlikte otokonial membranın yer değiştirmesine neden olacaktır. Yer değiştiren otokonial membran, stereosilyalarda eğime neden olarak nöral ateşleme mekanizmasını başlatacaktır. Otolit organlarda düzensiz polariteye sahip tüy hücreleri bulunduğu için, bir kafa eğimi meydana geldiğinde, aynı bölgedeki tüy hücrelerinin bazıları aktive olurken bir grup tüy hücresi de inhibe olmaktadır. Her bir otolit organın afferent sinir lifi, anatomik yapısından dolayı en yüksek duyarlılık yönüne sahiptir. En yüksek ateşleme hızı, bu yöne paralel olan hareketlerde olmaktadır (36).

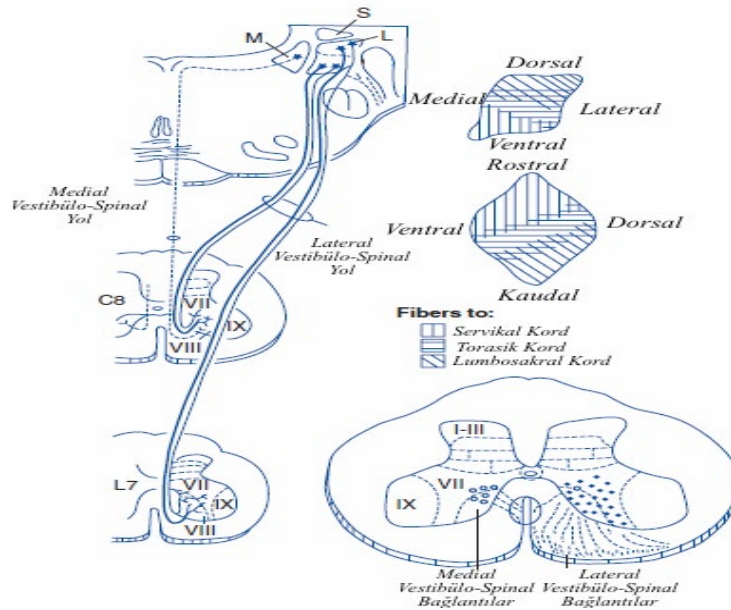
#### 2.4.2. Vestibülo Spinal Refleks

VSR'in amacı, vücut stabilizasyonunu sağlamaktır. VSR aslında, zamanlama (statik, dinamik yada tonik) ve duyuşal girdiye (SSK, otolit organ) göre adlandırılan farklı reflekslerin birleşiminden oluşmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi, VOR'un efektör organları ekstra oküler kaslardır. VSR'de ise bu işlevi gören, boyun, gövde ve ekstremitelerde bulunan antigravite kaslarıdır. Ekstra oküler kaslarda, birbirinin antagonistiği olanlar (LR ve MR) arasındaki denge, antigravite kaslarda (ekstensör ve fleksör) da vardır (15, 19).

Labirent refleks ile birlikte meydana gelen, VSR yolları (**Şekil 2.8**) şu şekilde olmaktadır (15);

- Baş bir yöne eğildiğinde, hem SSK'lar hem de otolit organlar uyarılmaktadır. SSK'larda kupuladaki tüy hücreleri endolenf etkisi ile, otolit organlarda makülada bulunan tüy hücreleri ise otokonilerin etkisi ile eğilecektir.
- Vestibüler sinir ve vestibüler çekirdekler aktive olacaktır.

- Vestibüler çekirdeklerden çıkan sinyaller, medial vestibülospinal yol (MVSY) ve lateral vestibülospinal yol (LVSY) ile spinal korda taşınacaktır.
- Başın eğildiği tarafta ekstensör aktivite uyarılırken, karşı tarafta fleksör aktivite uyarılacaktır.



Şekil 2.8. Vestibülospinal Refleks yolu (15)

### 2.4.3. Vestibülo Kolik Refleks

Başın boşluktaki stabilizasyonu, sadece ayakta dururken veya yürüme sırasında dengenin sağlanması için gerekli olan motor performans için gerekli değil, aynı zamanda, görsel ve işitsel gibi çok önemli duyuşsal bilgilerin yeterli şekilde algılanması için de gereklidir. VKR, vestibülokolik internöronlar ile birlikte, vestibüler afferentler ile boyun motor nöronlarına kadar üç arktan oluşmaktadır (15).

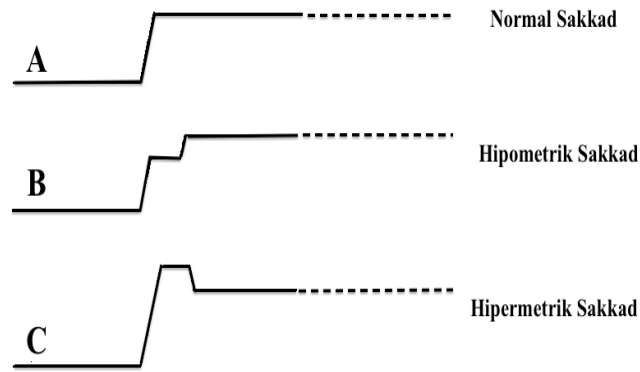
### 2.5. Okülomotor Organizasyon Elemanları

Balıklar gibi, ilkel omurgalılar bile başın uzaydaki hareketine bağlı olarak gözlerini hareket ettirirler. Omurgalılar evriminin erken dönemlerinde vestibüler refleksler görsel sistem ile destekleniyordu. Filogenetik olarak ilk gelişen sistem olan optokinetik cevaplardır ve canlılarda foveanın gelişmesiyle birlikte sakkadik göz hareketleri ve yumuşak takip hareketleri (YTH) ortaya çıkmıştır. Başın hareketli

veya cismin hareketli olduğu durumlarda bakışı sabitlemek yani elde edilecek görüntünün stabil hale getirilmesi için farklı göz hareketleri kullanılmaktadır. *Sakkadlar*; gözleri yeni bir konuma getiren, hızlı ve konjüge olan göz hareketleridir ve gönüllü veya optokinetik nistagmusun (OKN) hızlı fazı olarak ortaya çıkabilirler. *YTH*; hareketli görsel hedefleri takip etmek için kullanılan sistemdir. *Vestibulo oküler refleks (VOR)*; baş hareketi sırasın telefi edici göz hareketlerinden sorumludur (16, 32). *OKN*; büyük hareketli görsel alanlara yanıt olarak yavaş meydana gelen telefi edici bir mekanizmadır (37, 38).

### 2.5.1. Sakkadik Sistem

İnsanlar ve diğer memeli hayvanlarda, göz hareketleri ile ilgili yapılan dikkate değer gözlemler ve bulgulardan bir tanesi, sınırlı sayıda farklı bir takım yollar olduğudur. Bu açıdan bakıldığında iki yol vardır. Göz hareketleri, ya kısmi veya tamamen retinal bir kayma göstererek stabilizasyonu sağlar yada foveayı ilgi alanı (*a region of interest*) olan noktada tutmaktır. Sakkadik cevaplar ise bu tip göz hareketlerindedir. Sakkad, fransızca kökenli “*jerk*” veya “*twitch*” kelimelerinden türediği düşünölmektedir. Sakkadlar, gözün hızlı ve düzensiz bir hareketidir ve tipik olarak bunu gözün hareketsiz kaldığı bir süre olan fiksasyon izler. Gözler birlikte hareket eder ve her bir gözün genliği ve yönü aynıdır. Sakkadlar, bireyler arasında karakteristik temporal bir profile sahiptir. Göz başlangıçta stabildir, sonra çok hızlı bir şekilde en yüksek hıza kadar hızlanır, ardından çok hızlı bir yavaşlama evresine girer ve son olarak, çok hızlı bir şekilde stabilizeye döner. Bu mekanizma çok kısa süre içinde gerçekleşmektedir. 12°'lik bir sakkad yaklaşık 50 msn sürede gerçekleştiği ve 400°/sn en yüksek hıza ulaştığı bildirilmiştir (39, 40). Bazı patolojik durumlarda sakkad formu değişebilmekte ve bu durumlarda hipometrik sakkad ve hipermetrik sakkad olarak isimlendirilirler (**Şekil 2.9**).



Şekil 2.9. Sakkad formları

Sakkadlar, geniş aralıkta bir genliğe sahiptirler. Normal şartlarda çoğu sakkadın genliği  $15^\circ$ 'den azdır ve bu seviyeden daha yüksek olan durumlarda, baş gözü yeniden yönlendirme durumlarında harekete dahil olur. Normal bir fiksasyon sırasında bile gözler tamamen durağan bir hareket gerçekleştirmez. Fiksasyon sırasında, titreme (*tremor*), sürüklenme (*drift*), mikrosakkadlar (*microsaccades*) olmak üzere üç farklı minyatür hareket meydana gelmektedir. Bu üç farklı hareket, nöral adaptasyonu en az seviyeye indirerek, görsel görüntünün kaybolmasını önlemektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, gizli dikkat ile mikrosakkadların oluşumu arasında önemli bir ilişki olduğu bildirilmiştir (39, 41).

Mikrosakkadlar, bakışın hedefte tutulmaya çalışılırken üretilen çok küçük sakkadik hareketlerdir. Fiksasyonel göz hareketlerinin en hızlısıdır. Sürüklenmeler, hızlı, doğrusal ve mikrosakkadlar arasında meydana gelen yavaş kıvrımlı hareketlerdir. Titremeler, en küçük amplitüdümlü fiksasyon için kullanılan göz hareketidir ve sürüklenmeler üzerine eklenen küçük ve çok hızlı (yaklaşık 90 Hz) salınımlardır (41).

Sakkadlar için, frontal göz alanı (Brodmann 8), suplemer göz alanı, dorsolateral prefrontal korteks ve lateral intrapariyetal alanlar merkezi görev görmektedirler. Bu merkezlerden çıkan yollar, beyinsapındaki paramedian pontin retiküler formasyon (PPRF), superior kollikulus ve serebelluma ulaşır. Frontal göz alanı istemli sakkadları, pariyetal göz alanı ise refleksif sakkadların başlatılmasından sorumludur, suplemer göz alanı ise sakkadların motor programlanmasında görev almaktadır. PPRF, horizontal göz hareketlerinin beyin sapındaki merkezidir ve frontal göz alanından afferent uyarılar alır. Vertikal göz hareketleri, orta beyinde yer

alan medial longitudinal fasikulus'un (MLF) rostral interstisyel çekirdek aracılığı ile olmaktadır ve bu bölüm doğrudan frontal göz alanından uyarı almaktadır, ancak büyük ölçüde PPRF'den gelen uyarılar ile kontrol edilmektedir (42, 43).

### 2.5.2. Yavaş Takip Hareketleri

Yavaş takip hareketleri (YTH), hareketli nesnelerin yavaş (*smooth*) hareketler ve sakkadik hareketler kombinasyonu ile izlenilmesini sağlar. YTH'nin amacı, nesnenin hızına yakın düzgün göz hızını koruyarak retinada oluşan göz hareketini en az seviyeye indirmek ve görüntü keskinliğini en yüksek seviyede tutmaktır. YTH, genellikle gönüllü hareketler olarak ifade edilmektedir. Diğer hareketlerden ayrılan en önemli özelliği, birden fazla uyaran olduğunda yalnızca tek bir uyarının seçilip takip edilebilmesidir. YTH, başlama (*initiation*), devam etme (*maintenance*) ve son bulma (*termination*) olmak üzere üç fazda değerlendirilirler (44).

Takip etme işleminin en basit yolu, aniden sabit hızla hareket etmeye başlayan bir hedefin, bu beklenmedik hareketine verilen tepkiyi dikkate almaktır. Normal durumlarda, YTH'leri başlamadan önce, 100-130 msn reaksiyon zamanı mevcuttur, ancak çok daha kısa gecikmeler (70-100 msn) de çalışmalar da çalışmalarda bildirilmiştir. Bu gecikme, insanlarda muhtemelen 70 msn'lik bir görsel-motor işleme ve 30 msn'lik de bir karar verme sürecine bağlı olduğu düşünülmektedir (44, 45).

İlk yanıtı takiben ortaya çıkan göz hızı, sıklıkla hedef hızını aşar ve insanlarda 3-4 Hz civarında bir salınım (*oscillation*) neden olur. Bu salınımlar bir veya iki döngü içerisinde yok olur ve göz hızı hedef hızına yakın bir konuma yerleşir. Kazanç (göz hızı/hedef hızı), 20°/sn'den küçük hedef hızlarında 0,9-1,00 arasındadır. Çalışmalarda, kazancın en yüksek 90°/sn'ye kadar 0,9 olarak kalabileceğini, daha yüksek hızlarda kazancın düşeceği bildirilmiştir. Kazanç belli bir değerin altına düşmeye başladığında, fovea üzerinde görüntünün tekrar konumlandırılması için düzeltici sakkadik hareketler devreye girmektedir (44).

YTH, doğrusal bir geri bildirim mekanizmasına sahip olsaydı, başladığı mekanizmanın tam tersi şekliyle sonlanması gerekirdi. Bu yüzden hedef, beklenmedik bir şekilde durduğunda yaklaşık 10 msn bir gecikme ile göz hızı basit

bir şekilde sıfıra düşmektedir. Böyle bir durumda hedefi aşan (*overshoot*) meydana gelmektedir (44).

YTH'nin gerçekleşmesi için, görsel sistem, orta temporal bölge, frontal göz alanı gibi kortikal merkezler, dorsolateral pontin çekirdekler, serebral korteks, vestibüler çekirdekler, III. IV. ve VI. kranial sinir çekirdekleri işlev görmektedir.

### 2.5.3. Optokinetik Refleks

Optokinetik nistagmus (OKN), yıllardır araştırmacılar tarafından oldukça fazla bahsedilen bir terim olmuştur. Purkinje (1825) tek yönlü bir süvari geçit töreni izlerken OKN'un nasıl ortaya çıktığını açıklamıştır, ancak Barany (1907), tekrarlayan bu göz hareketlerini ortaya çıkarmak için sistematik olarak ilk araştıran kişidir. Optokinetik reflex (OKR), bugün kişinin kendisi hareketliken veya hareketli bir ortamda, retinadaki görüntüyü sabitleştirmek için kullanılan temel bir mekanizma olarak kabul edilmektedir. Stabil bir görüntü, çevrenin ince ayrıntılarının görsel analizi için bir ön koşuldur. Bunu başarmak için, hareket eden cisim veya sahne, sakkadlar (OKN'un hızlı fazı) ile kesilen yavaş göz hareketleri (OKN'un yavaş fazı) ile takip edilir (46, 47).

OKN, siriyat korteks, pons, vestibüler ve perihipoglossal çekirdekler ve serebellum aracılığı ile gerçekleşir (47).

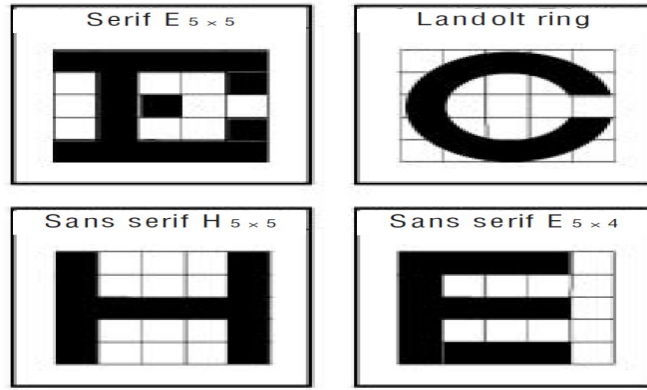
### 2.6. Görme Keskinliği

Görme keskinliği, santral görme durumunun, başka bir ifade ile gözün uzamsal ayrıntıları çözümüleme kabiliyetinin, yaklaşık 150 yıl önce Optalmolog Herman Snellen tarafından geliştirilen ve halen günümüzde kullanılan optotipler ile değerlendirilmesidir (48-50).

Çözünürlük, en düşük belirlenebilir (*detectable*), en düşük ayrıştırılabilir (*separable*) ve en düşük farkedilebilir (*recognisable*) olarak üç farklı şekilde ifade edilebilir. En düşük belirlenebilir çözünürlük, bir noktanın en düşük açısal boyutu veya arka planına karşı belirlenebilmesi için gerekli olan en düşük açısal genişliktir. En düşük ayrıştırılabilir çözünürlük, gözlemcinin etrafındaki nesnelerin her birini ayrı olarak tanımlaması için gereken bitişik noktalar veya çizgiler arasındaki en düşük ayırımın ölçüsünü ifade etmektedir. Bu çözünürlük biçimi genellikle, *cycles*



*per degree (cpd)* olarak ifade edilen kılavuz (*grid*) hedefleri kullanılarak ifade edilmektedir. Bir gözün yüksek kontrastlı bir kılavuzu çözme ve onu aynı kontrastlı bir ortamdan ayırtabilmesinin sınırı, uzamsal bir frekansın ölçüsüdür. 30 *cpd*'lik kılavuzları ayırtabilen bir göz 1 MAR (*Minimum Angle of Resolution*) değerine sahip olduğu söylenebilir (48). En düşük farkedilebilir çözünürlük, optotip semboller (Şekil. 2.10) kullanılarak görme keskinliğinin ölçümüne verilen isimdir. Bir çok klinikte, görsel çözünürlük değerlendirmeleri için basit veya karmaşık dizayn edilmiş semboller veya optotipler kullanılmaktadır. Bu hedeflerden en basiti Landolt Rings adı verilen 1909 yılında XI. Uluslararası Oftalmoloji Kongresi tarafından standart test nesnesi olarak kabul edilen optotiptir (51).



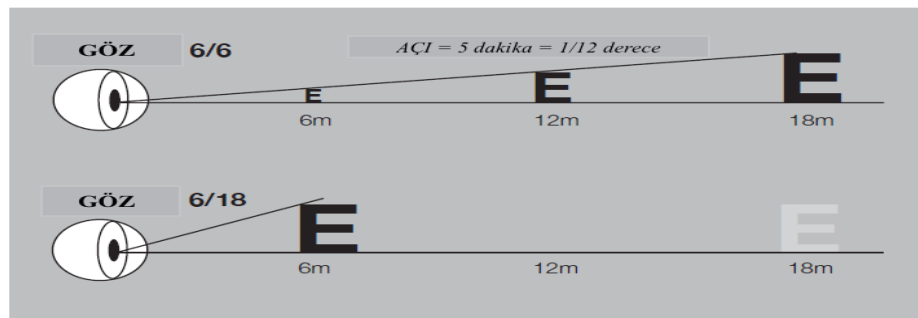
Şekil 2.10. Farklı optotip sembol örnekleri (48)

Her bir halkanın dış çapı, çizim genişliğinin (*stroke width*) beş katı olacak şekilde dizayn edilmiştir. Landolt optotipinin kullanıldığı çoğu görme testleri, gözlemcinin 4 pozisyondan (sağ, sol, yukarı, aşağı) herhangi birinde farketmediği boşluğun yerini belirlemesi esasına dayanmaktadır. Bu pozisyonlara ek olarak bazen, eğik olarak yönlendirilmiş boşluklar ( $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$ ) ile 8 farklı boşluk gözlemcilere yöneltebilmektedir. Landolt halkaları ile test yapılmasının en önemli avantajı, gözlemcinin okuma ve yazma bilmesi ve herhangi bir alfabeye aşina olmasını gerektirmemesidir. Landolt optotipinin 8 farklı pozisyonda da açıklığın aynı kalması, özellikle bilimsel çalışmalarda daha çok tercih edilmesinin en önemli nedenlerindedir (48).

Görme keskinliği değerlendirmeleri standart ve tekrar edilebilir koşullarda uygulanması çok önemlidir. Görme keskinliğini etkileyen bir çok faktör

bulunmaktadır. Bunlar; kullanılan harflerin yapısal özellikleri (genişlik-yükseklik oranı, harfin şekli), optotipin tipi ve gösterilme şekli (projeksiyon, bilgisayar ekranı, kontrast özellikleri), yanıtlandırma metodu (zorunlu seçim yaptırılması, ilk cevabın kaydedilmesi, son cevabın kaydedilmesi), testin uygulandığı ortam koşulları (odanın ve optotipin ışıklandırma düzeyi, uzaklık), gözlemciler arasındaki bireysel farklılıklardır (eğitim düzeyi, motivasyon, optotipin daha önceden biliniyor olması) (52).

Görme keskinliğinde ölçülen görme açısı, görülen cismin tanjant değeri ile hesaplanmaktadır. Görme açısı, gözün cisme uzaklığı ve cismin boyutuna bağlı değişmektedir (**Şekil 2.11**). Aynı cismin farklı boyutlarını aynı mesafeden izlemek veya farklı mesafelerden aynı boyutta bir cismi izlemek farklı görme açıları ile meydana gelmektedir (48, 51).



**Şekil 2.11.** Görme keskinliği hesaplanmasının şematik anlatımı (48)

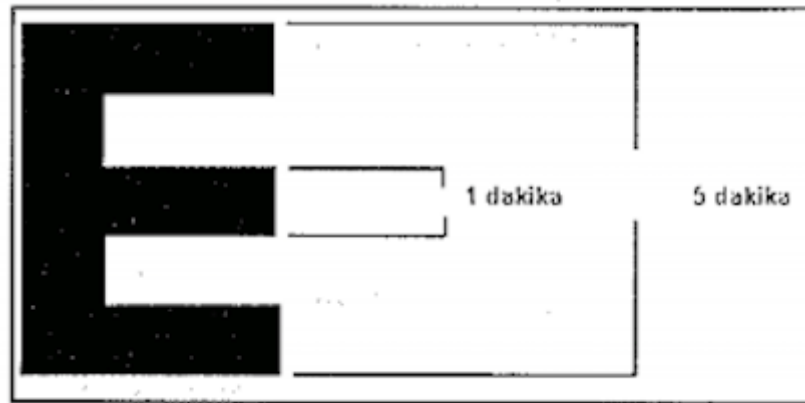
### 2.6.1. Optotip Terimi

Tüm harflere bakıldığında hepsi aynı okunabilirlik seviyesinde değildir ve her harfin yazım stiline göre de okunabilirliği değişiklik göstermektedir. Snellen'in çizelgeleri (1862), her birinin, her bir uzantısında belirgin çapraz çizimler olan *Egyptian Paragon* stilinde, çıkıntılı (*serif*) harflerden oluşmaktadır. Green (1868, 1905), başlangıçta çıkıntılı tip harf kullandı ancak eğik çizgiler içeren harfleri (Z, N, S vb.) hariç tuttuğunu bildirdi (53). İkisinin de harflerinin okunabilirliği ilgili çalışmalar yapan Hatridge ve Owen (1922), içlerinden 9 harf (D, F, H, N, P, T, U, X, Z) seçilerek değerlendirmede kullanılabileceğini bildirdiler (54). Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), optotip tipi ve boyutu üzerine yapılan standardizasyon çalışmalarına öncülük eden Sloan (1951), çıkıntısız yazı tipi (*sans*

*serif*) stilinde 10 harf (S, O, C, D, K, V, R, H, N, Z) seçmişlerdir (55). Ayrıca harflerin birbirleri ile yakınlıkları da okunabilirlik üzerine önemli etkileri olduğu Flom ve diğ. (1963) tarafından araştırılmıştır (56). Raasch ve Bailey (1984) Landolt optotipinin kullanımının, Sloan stili değerlendirmeden daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (57).

### 2.6.2. Optotip İlerleme Standartı

Standart bir görmenin gerçekleşmesi için iki ışık arasında uyarılmış bir kon hücrelerine gerek duyulmaktadır. Bu iki ışık huzmesi, nodal noktada meydana getirdikleri açının büyüklüğü 1 dakikadır. Muayene uzaklığı farklı olmasına rağmen gözde 5 dak.'lık açı oluşturan optotipi ayırt edebilen birisinin görme keskinliği 1,0 olarak kabul edilir. Standart görme olarak kabul edilen 20/20, 6/6, 5/5 ve logMAR 0,0 değerleri, gözde 5 dakikalık bir açığa denk gelen bir optotipi ayırt edebilecek düzeyde görme keskinliğinin olması anlamına gelmektedir. Bu optotipin küçük uzantıları da 1 dakikalık açığa denk gelmelidir (Şekil 2.12).



**Şekil 2.12.** Optotip Örneği: Gözün nodal noktasında 5 dakikalık, küçük uzantıları da 1 dakikalık açı oluşturacak boyuttadır (58)

Günümüze kadar, hem aritmetik hem de geometrik hesaplamalarla oluşturulan bir çok ilerleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bir kişinin görme keskinliği, standart görme keskinliği olarak belirlenen değer ile karşılaştırılarak elde edilmektedir. Snellen yönteminde, standart görme keskinliği değeri metre (m) cinsinden 6/6, adım cinsinden 20/20 olarak kabul edilmiştir. İlk yazılan "6" değeri, gözlemcinin ilgili harfi rahatça okuyabildiği mesafeyi ifade ederken, ikinci yazılan 6 değeri ise standart okunabilen mesafeyi ifade etmektedir. 6/6 görme keskinliğine sahip bir gözlemci, standart 6 m mesafeden okunabilen bir optotipi gözlemcinin de

6 m mesafeden okuyabildi anlamına gelmektedir ve normal görme keskinliğine sahip demektir. Bu hesaplama sistemine göre çalışmamızda referans olarak kullandığımız görme keskinliği sistemi logMAR (*logarithm of the Minimum angle of Resolution*) tablosu **Tablo 2.1**'de verilmiştir. Bu tablo Bailey ve diğ. tarafından geliştirilmiş olup, logMAR gösterimi ayırt edilebilen en küçük açının logatırması anlamına gelmektedir (48, 51).

**Tablo 2.1.** Uzaklık ve açı değerlerine göre logMAR sistemi (59)

Metre (m)	Adım (30.48 cm)	LogMAR
6/60	20/200	1,00
6/48	20/160	0,9
6/38	20/125	0,8
6/30	20/100	0,7
6/24	20/80	0,6
6/19	20/63	0,5
6/15	20/50	0,4
6/12	20/40	0,3
6/9,5	20/32	0,2
6/7,5	20/25	0,1
6/6	20/20	0,0
6/4,8	20/16	-0,1
6/3,8	20/13	-0,2
6/3	20/10	-0,3

Görme keskinliği değerinin gösterimi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. logMAR sisteminde geometrik bir ilerleme söz konusu olduğundan, değerlendirme uzaklığı değişse de görme keskinliği değeri standart olarak belirlenebilmektedir. 0,1 logMAR basamakları ile değerlendirildiği düşünüldüğünde, görme keskinliğinde 3 sıra azalma yani 0,3 logMAR olması, görme açısının 2 kat arttığı anlamına gelmektedir.

### 2.6.3. Dinamik Görme Keskinliği

Başın farklı yönlere hızlı hareketi sonucunda, vestibüler sistem tarafından sağlanan başın pozisyon ve hızı bilgisi kullanılarak bakışın ve görme keskinliğinin korunması VOR mekanizması ile gerçekleşmektedir. Dinamik görsel keskinlik (DGK), VOR fonksiyonunun dolaylı belirleyicisidir. DGK, hareket sırasında görsel imajı ve detayları düzeltme yeteneğidir (60, 61).

DGK terimi, Ludvig ve Miller (1949) tarafından ilk olarak kullanılmış, baş sabit durumda iken hareketli nesnelere veya baş ve/veya gövde hareketli durumda iken sabit nesnelere uzamsal detaylarını çözümü yeteneği olarak tanımlanmıştır. Araştırmalar gösteriyor ki, DGK harekete karşı arka plan ve uyaran arasındaki kontrast tarafından ayarlanmaktadır. Ayrıca, SGK ile DGK arasındaki korelasyon tipik olarak düşüktür ve uyaran hızı ile ters orantılı bir şekilde artar. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, 25-30°/sn hareketli durumlarda DGK ve SGK yüksek korelasyon gösterirken, 50°/sn'den sonra görsel keskinliğin bozulduğu rapor edilmiştir. Bu durumu öncelikle, SGK'in oküler çözümü fonksiyonu olması, DGK'in ise okülomotor sistemin fonksiyonu olması ile yakın ilişkili olması ile açıklamışlardır. Buna ek olarak, yüksek hızlarda gözün takip hareketine, retinada görüntüyü stabilize etmek amacıyla sakkadik göz hareketlerinin eşlik ettiği ve bu durumun da görme keskinliği kaybına neden olması ile açıklanmıştır (48, 62-64).

DGK testi, VOR etkileniminin fonksiyonel durumunu ölçmeye izin veren bir değerlendirme aracıdır. Klinik DGK testi için en yaygın yaklaşım, hastanın baş hareketsiz iken ve baş hareketi sırasında bir Snellen şemasının kullanımınıdır. Bu yaklaşımda, baş hareketi sırasında en düşük okunabilir çizgi ile baş hareketsiz iken en düşük okunabilir çizginin karşılaştırılması formülü kullanılmaktadır. Bir diğer yaklaşım ise, kişinin başını hareket ettirilmesi ile tek bir optotip sunularak, bilinen doğru sayısına göre DGK'nin hesaplanmasıdır (60, 63).

Bilgisayarlı DGK testi, klinik görme keskinliği testinden farklı uygulanmaktadır. Hedef optotip, sadece baş önceden belirlenmiş bir hız ve frekans aralığında hareket ettirildiğinde sunulmaktadır. Bu yöntemle de oküler takip hareketleri ve görsel fiksasyon gibi testin sonucunu etkileyecek durumlar engellenmiş olur. Bilgisayar programı, optotip sunumunu rastgele şekilde organize eder ve sunar. Sunulan optotip büyüklüğündeki değişiklikler ile ardışık görüntüleme devam eder ve tüm test boyunca 0,1 logMAR'a eşdeğerdir. Her bir keskinlik seviyesindeki sunulan harfin tanımlama zorluğu seviyesi eşdeğerdir. Bilgisayarlı DVA testinde kullanılan başka bir parametre ise, baş hareket frekansının kullanıldığı yöntemdir; en yüksek baş hız seviyesi (*peak velocity*), baş hareketinin frekansı ile artmaktadır. Yapılan çalışmalarda, baş hareketindeki frekans artışı görme keskinliğinde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Böylece <1 Hz'deki baş

hareketlerinde görme keskinliği  $<0,1$  LogMAR azalırken, 2-4 Hz arasındaki baş hareketlerinde 0,2-0,5 LogMAR azaldığı rapor edilmiştir (3, 48, 60, 61, 65).

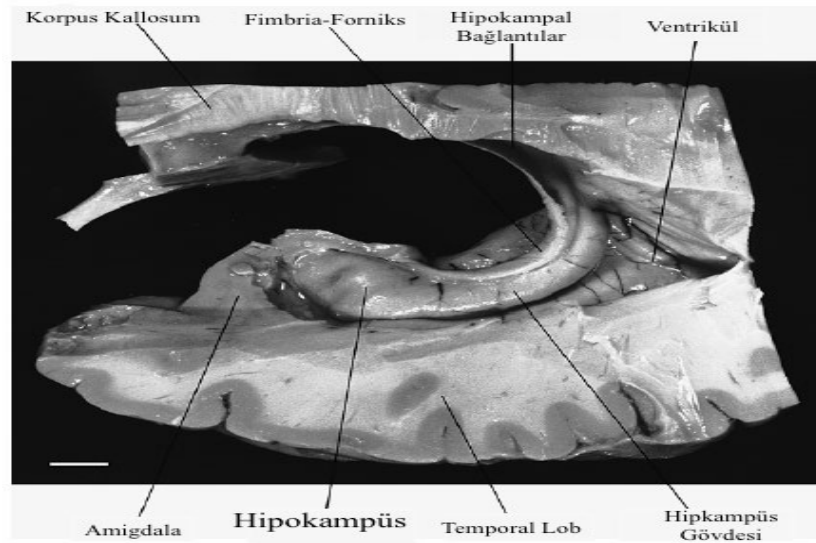
## 2.7. Hipokampus

Hipokampus (*Hippocampus*), yaşanan durumlar ve olayların uzun süreli bellek olarak kodlanması ve geri getirilmesinde kritik rol oynayan sistemin önemli bir parçasıdır (66).

Yunanca'da "*hippos*" at ve "*campus*" ise deniz anlamına gelmektedir. Hipokampus morfolojik olarak bakıldığında, deniz atına benzerliğinden dolayı, 16. yüzyılın önemli anatomistlerinden olan Julius Casear Arantius tarafından bu isim verilmiştir (67, 68). Ayrıca hipokampus terimi için 1742'de Fransız cerrah Rene-Jacques Croissant de Garengot tarafından eski Mısır tanrısı kısaltması CA olan '*Cornu Ammonis*' terimi kullanılmıştır. Kısaltması hipokampal alt alanların isimlendirilmesinde halen kullanılmaktadır (69).

Filogenetik olarak araştırıldığında, insan hipokampusü en eski serebral kısımlardandır ve embriyolojik açıdan telensefelondan gelişmiştir. Lobus temporalis'in medialinde ve ventrikülüs lateralis'in inferior tabanında yerleşik halde bulunan yaklaşık 8 cm uzunluğundaki gri cevher yapısıdır (67, 69, 70). Hipokampus, *cingulate cortex*, *gyrus parahippocampalis*, olfaktor korteks, *corpus amygdaloideum*, hipotalamus, *presubiculum*, *parasubiculum* ve entorhinal korteks ile birlikte, öğrenme ve hafıza gibi fonksiyonlarda önemli rolü olan limbik sistemin de bir parçası olarak kabul edilmektedir. Kısa ve uzun süreli hafıza, uzamsal hafıza ve uzamsal öğrenmede, yeni olayların, yerlerin ve uyarıların belirlenmesinde önemli şekilde rol aldığı bildirilmiştir (71).

Hipokampusün, *hippocampus proprius* ve *gyrus dentatus* olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Koronal kesitlerde, hipokampus 'C' şeklinde görünmekle birlikte, alt alanları *gyrus dentatus*'tan başlayıp 'S' formunda bir eğri oluşturarak içeriye doğru uzanmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Hipokampus anatomisi (70)

Hüresel düzeydeki yapısal farklılıklara göre, CA1, CA2, CA3 ve CA4 olmak üzere dört alt bölüme ayrılmaktadır (69, 72). CA1-4 alanları, gyrus dentatus, subiculum (subicular cortex) ve hipokampal formasyon (hipokampus, *gyrus parahippocampalis*, subiculum, *enthorinal cortex*) için hipokampus *proprius* terimi kullanılmaktadır (72, 73).

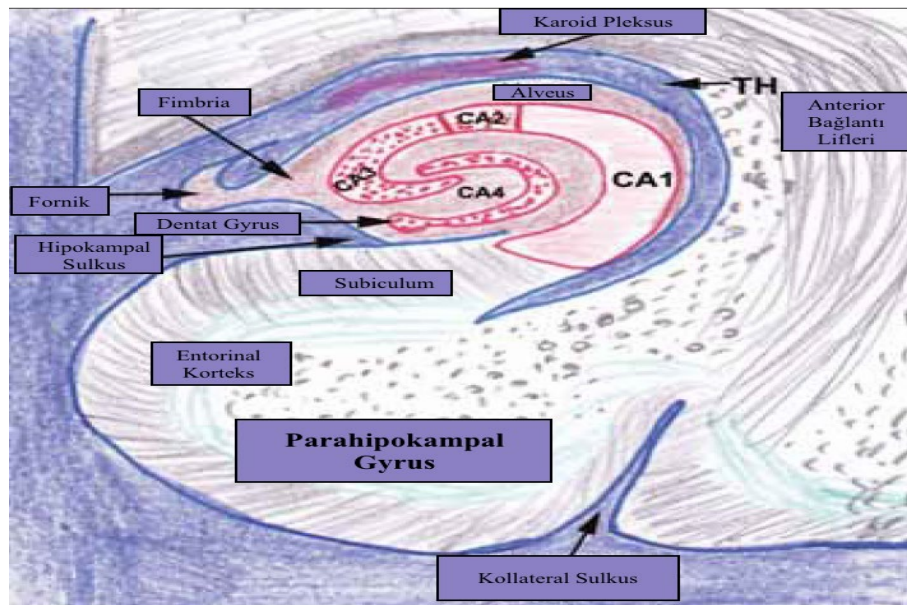
### 2.7.1. Hipokampus Alt Alanları

CA1 alt alanı, Karl Wilhelm Sommer (1880) tarafından tanımlandığı için, Sommer Sektörü (*Sommer's Sector*) olarak da adlandırılmaktadır ve hipokampus ile *subiculum* arasında bulunmaktadır (74). Özellikle serebral hipoksi olmak üzere, anoksi ve iskemiye karşı duyarlı bölgedir (69, 75). Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza için bu bölgenin nöronal fonksiyonu değerlendirilmektedir. CA1 alt alanına, afferent lifler enthorinal korteksten ve CA3 bölgesinden gelmektedir. CA1 ve CA3 arasındaki bu bağlantılar, referans hafıza için oldukça önem arz etmektedir (76, 77).

CA2 ve CA3 alt alanları, Spielmeyer Sektörü (*Spielmeyer's Sector*) olarak da bilinen, anoksiye karşı daha az duyarlı alanlardır. CA2 alt alanı, yaşlanmaya ve Alzheimer hastalığı sonucu meydana gelen nörofibriller dejenerasyona karşı nispeten dirençli oldukları bildirilmiştir (69, 78). CA3 alt alanı, *commisura hippocampii*'nin temelini oluşturmaktadır. Bu alanda, *stratum locunasum*, *moleculare*, *radiatum*, *lucidum*, *piramidale* ve *oriens* tabakalarını içerirken, CA2'de bu tabakaların hepsi

mevcut olup, yalnızca *stratum lucidum* bulunmaz. Nörotoksik ve farmakolojik inaktivasyon ile, hafıza kodlanmasında, CA1 ve CA3 alanlarının fonksiyonu üzerine farklı etkiler yarattığı rapor edilmiştir (77).

CA4 alt alanı, Bratz Sektörü (*Bratz's Sector*) olarak da adlandırılır ve hipokampus ile *gyrus dentatus* arasında yer almaktadır. CA4 alt alanı, *gyrus dentatus* bölgesine yakınlığı açısından, buranın polimorfik tabakası olarak da bilinmektedir (79, 80). Hipoksiye orta derecede duyarlı olması sebebi ile orta duyarlı alan olarak adlandırılmaktadır. Bu alt alan CA1 ile birlikte, demans ile karakterize olan medial temporalsklerozun en sık gözlemlendiği hipokampal bölgedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Hipokampus alt alanları (69)

### 2.7.2. Gyrus Dentatus

Hipokampusün medialinde bulunan, dişli gri cevher tabakasıdır. Hipokampuse ait bir bölge olarak bilinmesine rağmen, hücrelerinin morfolojik yapısı farklıdır. Dört tabakalı kortikal bir yapıya sahiptir. *Stratum moleculare externa*, *stratum moleculare interna* *stratum*, granular ve hilus'tan oluşmaktadır (76).

### 2.7.3. Hipokampus Histolojisi

Hipokampus birbiri ile bağlantılı, genel olarak literatürde üzerinde fikir birliği sağlanan 7 tabakadan oluşmaktadır. Histolojik olarak ventriküler yüzeyden



başlayarak dışa doğru tabakalar sırasıyla, alveus, stratum oriens, stratum pyramidale, stratum lucidum, stratum radiatum, stratum lacunosum, stratum moleculare olmak üzere sıralanmaktadır (72).

- *Alveus*, En içte kalan tabakadır ve ventrikül yüzeyine komşu durumdadır. Subiculum ve hipokampuse ait piramidal hücre aksonlarına sahiptirler. Hipokampusün en önemli çıktıkları bu bölümden geçerler.
- *Stratum oriens*, esas olarak piramidal hücrelerin bazal dentritleri ile internöronların yerleştiği tabakadır. Buradaki nöron aksonlarının çoğu alveus lifleri ile bağlantı kurarlar. Geri kalanlar ise, stratum molekülareye kadar uzanmaktadır.
- *Stratum pyramidale*, piramidal hücrelerin gövde kısımları esas olarak bu tabakada yer almaktadır. Hipokampuse asıl şeklini veren burada bulunan piramidal hücrelerin dizilimidir.
- *Stratum lucidum*, hipokampusün sadece CA3 bölgesinde bulunmaktadır. CA3 alt alanındaki piramidal hücreler ile gyrus dentatus'un granüler hücreleri arasında bağlantı sağlayan lifler içermektedir. Bu lif topluluğu serebrumdaki en yaygın ve en gelişmiş ağ olduğu kabul edilmektedir.
- *Stratum radiatum*, stratum oriense benzerdir. CA3 ve CA1 arası bağlantıları sağlayan *Schaffer* liflerini içermektedir. Basket hücreleri, radial trilaminar hücreler gibi yüzüde bulunan bazı internöronları da içermektedirler.
- *Stratum lacunosum*, ince bir tabakadır. *Schaffer* lifleri bu tabakada da gözlemlenir. Çok ince olduğundan stratum moleculare ile de anılabilirler (stratum lacunosum-moleculare).
- *Stratum moleculare*, en dış tabakadır. Piramidal hücrelerin apikal dentritleri bu bölgede yer almaktadır.

#### 2.7.4. Hipokampus ve Öğrenme-Hafıza

Hipokampus tipik olarak iki farklı işlem mekanizmasına sahiptir. Bunlardan birisi yeni edinilen bilgilerin kodlanması, diğeri ise kodlanan bilgilerin uzun süreli temsil edilmesini sağlayan dinamiklerdir. Hipokampusün bu işlevi neokorteks ile birlikte, birbirlerini tamamlayarak öğrenme sistemlerinin çalıştırdığı düşünülmektedir. Hipokampus kısa süreli belleği, uzun süreli belleğe çeviren ve bu

bilgilerin kalıcı olarak depolanmasını sağlayan sinyaller üretmektedir. Bu bilgiler CA1 alt alanında kaydedilir. Neokorteks ise bu bellek sekanslarını tekrarlayan şekilde sundukça öğrenme gerçekleşmiş olmaktadır. Hipokampus, hatırlamayı kolaylaştırmak için, olay örgülerini birbirine bağlamada kritik bir öneme sahiptir. Bu durum hipokampusta uzamsal ve zamansal olarak temsil edilen çok önemli bir bölge olduğunun göstergesidir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yeni ortamların tanıtılması sırasında CA1 alt bölgesinde aktivasyona neden olması, çevre tanıdık hale geldikçe bu alt alandaki mekan bildiren hücre popülasyonunda aktivasyona neden olduğu düşünülmektedir. Bu fonksiyonel süreç sonucunda, aktif CA1 alt alanı, uzamsal olarak bilgilendirici nöron popülasyonunu oluşturarak uzamsal hafızayı aktif hale getirmektedir. Bu bilgi, CA1'den subiculum, talamus, hipotalamus ve limbik sistemin yukarı bölgelerine sinyaller gönderir (81, 82).

### 2.7.5. Hipokampus ve Uzamsal Öğrenme ve Uzamsal Hafıza

Uzamsal hafıza (*spatial memory*), görme, koku, işitme, dokunma gibi uyarılar ile öğrenme durumudur. Hayvan deneyleri ile yapılan çalışmalarda, hipokampusteki bir çok sinir hücresinin konum hafızası taşıdığını, üzerinde çalışılan deneklerin bildiği bir yerden geçtiğinde bu sinirlerde aktivasyon artışının olduğu gösterilmiştir. Konum hafızası, temel olarak hipokampusün primidal hücrelerinde taşınmakla birlikte, gyrus dentatus bölümüne ait granüler hücrelerinde de bulunmaktadır (83, 84).

Konum hücreleri (*place cells*), O'Keefe ve John Dostrovsky (1971) tarafından keşfedilerek literatüre kazandırılmış, bu bilgi temel alınarak hipokampusta bilişsel bir harita olduğu düşüncesi ortaya çıkmıştır (85). Konum hücreleri genellikle CA1 ve CA3 alt bölgelerinde bulunmaktadır. Canlı organizmaların belirli bir konumda iken bu bölgelerdeki hücrelerde aktivasyon artış gösterirken, konum değiştirdiklerinde farklı bölgelerdeki hücrelerde aktivasyon meydana geldiği farkedildiğinde, bu bölgeler spesifik 'konum alanları' olarak isimlendirilmiştir. O'Keefe ve Conway (1978) yılında bu fikirlerini geliştirerek, konum hücrelerinin, sadece konum bilgisinden ziyade, hayvanların uzay içindeki konum bilgisini dinamik olarak sürekli güncellediğini keşfetmişlerdir (84, 86).

Bu alandaki temel araştırmalar ve sonrasında meydana gelen gelişmeler referans alınarak, Edward Moser ve May-Britt Moser (2005), entorhinal korteks içerisinde kılavuz hücrelerinin (*grid cells*) varlığını keşfetmişlerdir. Bu tip hücrelerin, serebrumda bir koordinat merkezi oluşturduğu, böylece eksiksiz yön bulma ve konumladırmaı sağladığı düşünülmüştür. Bu tip hücrelerde aktivasyon, hayvanın kendine ait bir bölgede sınıra ulaştığında meydana geldiği görülmüştür. Böylece, aynı araştırmacılar bir sonraki çalışmalarında ise sınır hücrelerini (*border cell*) keşfetmişlerdir (83, 86).

Yirmibirinci yüzyılın ilk başlarında hipokampuste zaman hücrelerinin (*time cells*) olduğu keşfedilmiştir. Bu tip hücrelerin geçmiş olayların zamanlanması hakkındaki bilgileri taşıdığı dşnlmektedir (87). Hipokampuste görsel ve diğer uyarıların durak noktası olduğu ve burada depolanmak üzere çeşitli işlemlerde geçtiği göz önünde bulundurulursa, hipokampusün bu kadar bilgiyi kaydetmesi ve uzamsal konumu sağlayabilmesi için, zaman hücreleri ile konum hücrelerinin birlikte çalışıyor olması fikri oldukça ağır basmaktadır (83).

### 2.7.6. Vestibüler Sistem ve Hipokampus

Yirminci yüzyılın ikinci yarısından beri, birçok araştırmacı vestibüler sistemin yol entegrasyonu (*path integration*) zerinde önemli bir etkisi olduğu konusunda tartışmaktadırlar (88-90). Yirminci yüzyılın sonlarında insanlar üzerinde yapılan bilişsel araştırmalar, vestibüler bilgilerin uzamsal hafıza gelişiminde dikkate değer bir etkisi olduğu fikrini desteklemektedir (91, 92). Bu bilgiler ışığında, hipokampusün, görsel ve diğer duyuşal sistemlerin yanında özellikle vestibüler bilgilerin işlemlenmesindeki önemi farkedilmiştir (93-95). Hipokampus zerine çalışan bir grup araştırmacı, hareket sırasında vestibüler sistemin, talamik baş yn hücrelerini ve hipokampusteki konum hücrelerini ateşlemekte primer sorumlu yapı olduğunu savunmuşlardır (96-98).

Santral vestibüler işleme konusunda da bahsedildiği gibi, periferel vestibüler organlardan alınan vestibüler bilgiler vestibüler sinir aracılığı ile *Scarpa* ganglionunda toplanıp, buradan beyinsapında vestibüler çekirdeklere ve serebelluma iletilmektedir (21). Bu yollarda stratejik bir kavşak noktası olan vestibüler çekirdekler üzerine yapılan araştırmalarda, vestibüler çekirdeklerin bazı nöronlarının

ipsilateral vestibüler bilgilerinin çoğunu monosinaptik girdi olarak aldığı, görsel ve parietal kortekse disinaptik olarak ulaştırdığı gösterilmiştir (99, 100). Spiegel (1965) talamusta vestibüler cevap nöronlarının olduğunu bildirerek, daha sonra yapılan çalışmalar ile desteklenmiş ve çıkan vestibüler yollarda talamusun kritik önemine vurgu yapmıştır (101).

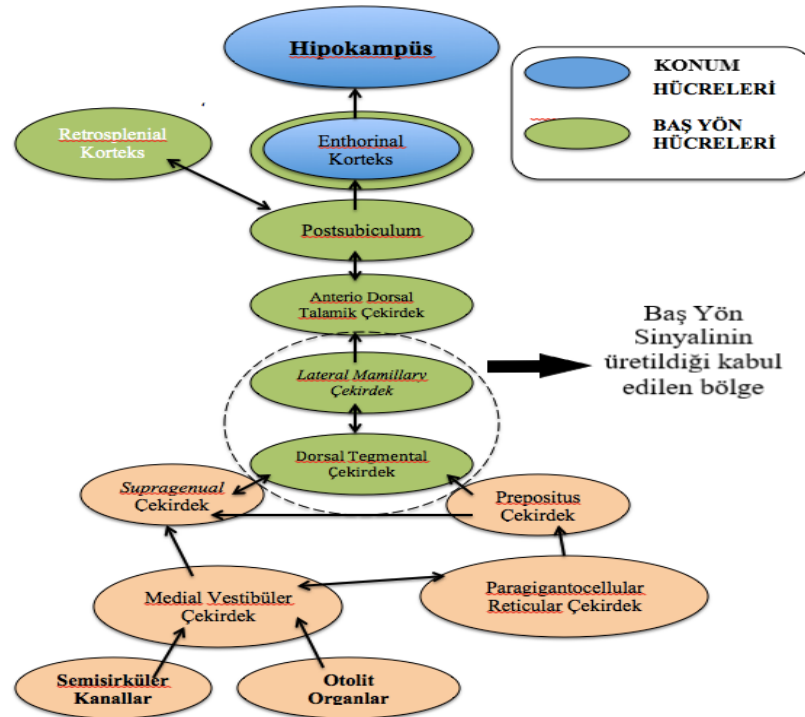
Görme yokluğunda, tüm vücut hareketlerinin hipokampal nöronların ateşlenme oranını modüle ettiği, primatlar üzerinde yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu bölümdeki nöronların bazıları doğrusal hareketler ile, bazıları açısız hareketler ile bazıları ise vestibüler-optokinetik uyaran birleşimlerine cevap verdiği gözlenmiştir (102). Hipokampal konum hücrelerinin, hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, deneklerin karanlık veya aydınlık ortamlarda yer değiştirmesi sonucunda aktivasyon gösteriyor olması, vestibüler bilgilerin hipokampal bölgede işlendiğine dair doğrudan kanıt olarak gösterilebilmektedir (93, 103). Periferik lezyonları olan hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan bir çok çalışma gösteriyor ki, vestibüler yetersizlik durumunda uzamsal yön bulma becerileri olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, vestibüler lezyonların talamik bölgedeki baş yön hücrelerini (*head direction cell*) elemine ettiği bildirilmiştir (104). Buna ek olarak tetradoksin kullanılarak vestibüler sistemin geçici baskılandığı denekler üzerinde yapılan incelemelerde, uzamsal becerilerin etkilendiği, sistem normale döndüğünde iyileşme meydana geldiği bildirilmiştir (105).

Horizontal SSK'ların kalorik uyarımı sonucu, ipsilateral olarak hipokampal formasyonlara ek olarak Broadman'ın 39-42 alanlarında, posterior insular kortekste ve superior parietal lob bölgelerinde de aktivasyon meydana geldiği rapor edilmiştir (106). Bu sistem, asetilkolin salınımına bağlı vestibüler çekirdeklerin hipokampal işlevi etkileyeceği nörokimyasal bir mekanizma ile açıklanmaktadır. Vestibüler sinirin elektrik ile uyarılması sonucu, hipokampal bölümde asetilkolin artışı meydana geldiği bildirilmiştir (107).

Okülomotor sistemin en önemli fonksiyonlarından ve optimal bir görme keskinliğinin gerçekleşmesi için büyük öneme sahip olan YTH ve sakkadik hareketler ile hipokampal fonksiyonlar arasındaki ilişkiler farklı hasta grup çalışmaları ile gösterilmiş olmasına rağmen halen bu konu üzerinde tartışmalar devam etmektedir (39, 108-110).

### 2.7.7. Vestibüler Sistem, Uzamsal Hafıza ve Uzamsal Öğrenme

Vestibüler sistem, çeşitli uzamsal sinyallerin üretilmesi üzerindeki etkisiyle uzamsal performansa katkısı olduğu bilinmektedir. Vestibüler bilgiyi, hipokampuse ve konum hücrelerine ileten yol tam olarak bilinmemesine rağmen baş yön hücre devresine giden vestibüler yol çok daha iyi olarak anlaşılmıştır. Baş yön sinyal üretimi, dorsal tegmental çekirdek ve açılal hareketlerin temsil edildiği lateral mamillar çekirdek (*lateral mammillary nuclei*) arasındaki karşılıklı bağlantılar ile meydana geldiği düşünülmektedir (111, 112). Baş yön sinyali üretildiğinde, bilateral olarak *mammillothalamic* yol vasıtasıyla anterior dorsal talamusa ulaşır buradan da postsubiculum (PoS) iletilir. PoS aynı zamanda da dorsal presubiculum olarak ifade edilmektedir. Bu aşamadan sonra, PoS bilgileri *entorhinal* ve *retrosplenial* kortikal alanlara ulaştırdığı düşünülmektedir (Şekil 2.15) (113, 114).



Şekil 2.15. Vestibüler sistemin uzamsal hafıza ve uzamsal navigasyon yolları (115)

Bu iletim yolu fikrine ait birkaç çalışma dışında destekleyen çalışma bulunmadığı ifade edilmiştir. Bu fikre ek olarak, vestibüler bilginin ventral posterior talamus tarafından parietal vestibular kortekse iletiminin olduğu farklı yollar da

tanımlanmıştır (116). Bu yolda, postüral algıda önemli rol oynayan proprioseptif somatik bilgilerin özellikle de vücut hareketlerine eşlik eden aktif baş hareketlerinin vücuda bağlı meydana gelen baş hareketinden ayrıştırılmasını sağlayan bilgilerin paylaşımı olduğu düşünülmektedir. Parietal kortikal nöronların, uzamsal görevler ile yapılan çalışmalarda, yön bilgisi sağladığı bilinmektedir (7, 117). Uzamsal görevler ile ilgili çalışmaların insanlarda yapılması ile, parietal korteks ile hipokampus arasında önemli bir bağ olduğu ortaya çıkarılmıştır (118).

Uzamsal sinyallerin farklı tiplerine vestibüler sistemin doğrudan ve dolaylı yoldan katkısının önemine yönelik, hayvan deneyleri ile literatürde bazı çalışmalar göze çarpmaktadır. Bu konuda yapılan öncü çalışmalardan birinde, vestibüler labirentin bilateral lezyonlarında, hipokampusteki kafa yön hücre sinyallerinin etkilendiği gösterilmiştir (7, 105). Vestibüler organın tetradoksin toksifikasyonu ile geçiçi ekarte edilen ratlarda yapılan başka bir çalışmada, kafa yön hücrelerinin ve konum hücrelerinin sinyallerinin bozulduğu rapor edilmiştir (7, 119).

Semisirküler kanal ve otolit organların eleminasyonu ile uzamsal sinyallere katkısının değerlendirildiği çalışmalarda da vestibüler sistemin uzamsal algıda etkisi araştırılmıştır. Yerçekiminin en düşük düzeye indirildiği bir ortamda yapılan çalışmada, konum hücrelerine çok az etkisinin olduğu ve konum hücrelerinin aktivasyonu için otolit sinyallerinin gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır (7, 120). Daha güncel olan ve sanal ortamda yapılan bir çalışmada, konum hücrelerinin ateşlenmesinin otolit aktivasyonu ile ilişkisi olduğu rapor edilmiştir (121). Diğer farklı çalışmalarda otolit sinyallerin yokluğunun, kafa yön hücre aktivasyonuna olumsuz etkisi olduğu rapor edilirken, bazı çalışmalarda da tamamen bir etkisi olmadığı, otolit fonksiyonunun haricinde muhtemelen semisirküler kanal fonksiyonunun kafa yön hücre aktivasyonuna etkisi olabileceği düşünülmüştür (7, 122, 123). *Barany Society* kongresinde (2004), rotasyonel döndürülmeye maruz bırakılan farelerde semisirküler kanalların kafa yön hücre ateşlenmesindeki etkisinin oldukça fazla olduğu bildirilmiştir (7). Semisirküler kanalları cerrahi ile alınan *chinchillas* (güney amerika tavşanı) ile yapılan deneylerde de semisirküler kanalların uzamsal bilgide önemine vurgu yapılmıştır (124).

### 2.7.8. Sanal Gerçeklik Hastalığı ve Belirtiler

Sanal gerçeklik teknolojisi kullanımının yaygınlanması ile birlikte simülasyona bağlı belirtilerin de ortaya çıkma sıklığının artması konusu çalışmalarda bildirilmiştir. Sanal ortamdan kaynaklı ortaya çıkan bu belirtiler, erken dönemlerde orduda eğitim amaçlı kullanılan simülatörlerden kaynaklı olduğundan; simülatör hastalığı (*simulator sickness*), sanal ortamların ilk kullanılmaya başlandığı dönemlerde; siber hastalık (*cybersickness*) ve teknolojinin ilerlemesi başa takılan gözlükler ile birlikte sanal ortama bağlı; sanal gerçeklik hastalığı (*virtual reality sickness*) gibi farklı şekilde ifade edilmektedir.

Sanal gerçeklik rahatsızlığı (SGR) semptomalojisi, teknolojilerin donanımsal ve yazılımsal özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Kullanıcıların sanal gerçeklik sisteminde maruz kaldıkları içerik tipleri, belirtilerin ortaya çıkmasında oldukça etkili olmaktadır. Örneğin, içerikte yer alan nesnelere hareketlerinin hızlı olması belirti sıklığını artırıyor iken yavaş hareketli nesnelere maruz kalmak ise belirtileri tetiklemesi daha düşük ihtimal olarak görülmektedir. Buna ek olarak içeriğe maruz kalma süresi SGR tetiklemesi ve şiddetini artırması muhtemel olduğu düşünülmektedir.

Sanal gerçeklik sistemi özelliklerinin haricinde, kullanıcı özelliklerine de bağlı olarak belirtilerin tetiklendiği literatürde bildirilmiştir. Cinsiyetler arasında semptomlar açısından farklılıklar tartışmalı bir konudur. Yaşla ilgili fizyolojik değişimlerden kaynaklı da ortaya çıkan belirtilerin profillerinin farklı olduğu bildirilmiştir (125).

### 3. BİREYLER VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırmanın Türü

Bu çalışma, sağlıklı yetişkinlerde görsel motor becerilerin uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine etkisini araştırmak üzere Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından GO 20/752 karar numaralı 01.09.2020 tarihli etik kurul izni (Ek-1) ile Sağlık Bilimler Enstitüsü, Odyoloji Anabilim Dalı ve Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı kapsamında doktora tezi olarak yapılmıştır.

#### 3.2. Bireyler

Bireyler çalışma hakkında bilgilendirilerek, çalışmaya katılmayı kabul ettiklerine dair sunulan Aydınlatılmış Onam Formu'na (Ek-2) yazılı onayları alınmıştır. Çalışmaya katılan tüm bireylerin ayrıntılı medikal hikayeleri, yaş, cinsiyet, boy ve kilo gibi bilgileri Demografik Bilgi Formu (Ek-3) ile kaydedilmiştir.

Araştırmaya dahil edilme kriterleri;

- 18-55 yaş arasında olması,
- Bilinen denge ve işitme problemlerinin olmaması,
- Bilinen nörolojik problemlerinin olmaması,
- En az ilkokul mezunu olması,
- Bilinen kafa travması ve cerrahi öyküsünün bulunmaması,
- Mini Mental Durum Testi'nden 24 puan ve üzeri almış olması,
- Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği'nde, Durumluluk Kaygı Bölümü'nde 40 ve altında puan almış olması ve Sürekli Kaygı Ölçeğinden 40 puan ve altında almış olması

Araştırmadan dışlama kriterleri;

- Servikal problemlerinin olması,
- Görme yardımcıları ile (gözlük ve/veya kontakt lens vb.) düzeltilmesi mümkün olmayan görme problemlerinin olması,
- Bilişsel ve/veya nörolojik problemlerinin olması,
- Çalışmanın sonuçlarını etkileyecek (antidepresan ilaçlar, sedatif ilaçlar vb.) ilaç kullananlar,



- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmayanlar ve herhangi bir nedenle çalışmayı tamamlayamayanlar,
- COVID-19 Kontrol Listesi (Ek-4), dikkate alınarak hastalığa dair bir belirti ve/veya hasta olan bireyler ile temaslı olan katılımcılar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Uygun örneklem sayısının belirlenmesinde, Brainbouer ve diğerlerinin (126) vestibüler bozukluklarda uzamsal navigasyon'un çalışıldığı araştırma referans olarak alınmış olup, çalışmamızda Alfa hata payı 0,05 ve beta değeri 0,05 %95 güçle çalışmaya alınacak birey sayısı 48 olarak hesaplanmıştır. Veri kaybına yola açabilecek (testi tamamlayamama, hastalık, cihaz ve/veya kalibrasyon problemleri vb.) durumlar göz önünde bulundurularak 50 birey çalışmaya dahil edilmiştir.

### 3.2.1. Bireylerin Demografik Özellikleri

Araştırmaya 18-55 yaş arası ( $\bar{X} \pm SS$ : 35,22 $\pm$ 10,57) 50 sağlıklı yetişkin (Kadın: 27, Erkek: 23), yukarıda belirtilen kriterler referans alınarak dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerden 42'inde sağ el ve 8'inde de sol el dominansisi olduğu, mental durumlarının değerlendirildiği MMDT ( $\bar{X} \pm SS$ : 27,88 $\pm$ 2,15) ve anlık ve sürekli stres seviyesinin belirlendiği DKÖ ve SKÖ'den ( $\bar{X} \pm SS$ : 22,24 $\pm$ 2,49 ve 27,06 $\pm$ 7,59) normal sınırlarda skorlar aldığı belirlenmiştir. Ayrıca, vücut kitle indeksi (VKİ), WHO kriterlerine göre zayıf, normal, obez öncesi ve obez olarak gruplandırıldı (127). Kullanıcıların hiç birisinde sanal gerçeklik deneyimi yoktu. Katılımcılara ait demografik bilgiler detaylı olarak **Tablo 3.1** ve **Tablo 3.2**'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Bireylerin yaş, boy, vücut ağırlığı, VKİ, MMDT, DKÖ'ne ait demografik bulguları

Demografik Bulgular-1	$\bar{X} \pm SS$	Ortanca	Değer Aralığı
<b>Yaş (yıl)</b>	35,22±10,57	33,5	18-55
18-39 arası (n: 33)	29,00±6,08	30	18-39
40 ve üzeri (n: 17)	47,29±5,84	45	40-55
<b>Boy (m)</b>	1,71±0,11	1,69	1,55-2,02
<b>Vücut Ağırlığı (kg)</b>	77,52±16,77	76	50-116
<b>VKİ (m/kg)</b>	26,27±4,42	26,28	17,72-37,18
Zayıf (n:1)	17,72	17,72	-
Normal (n:20)	22,42±1,79	22,16	19,03-24,68
Obez öncesi (n:22)	27,77±1,47	27,70	25,31-29,76
Obez (n:7)	33,72±2,75	34,31	30,07-37,18
<b>MMDT</b>	27,88±2,15	28	24-30
<b>DKE</b>	22,24±2,49	22	20-29
<b>SKE</b>	27,06±7,59	28	21-36

$\bar{X}$ : Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, m: metre, kg: kilogram, n: Kişi Sayısı, MMDT: Mini Mental Durum Testi, DKÖ: Durumluluk Kaygı Ölçeği, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, Zayıf: VKİ < 18,50; Normal: 18,50 ≤ VKİ ≤ 24,99; Obez Öncesi: 25,00 ≤ VKİ ≤ 29,99; Obez: VKİ ≥ 30

**Tablo 3.2.** Bireylerin cinsiyet, baskın el, eğitim durumu, göz rengi, görme problemi/gözlük/kontakt lens kullanım durumu, oyun oynama deneyimi, günlük uyku süresi, sigara ve alkol kullanım durumu, spor ile ilgilenme durumu, navigasyon cihazı kullanım sıklığı, lokasyon bulabilme becerisine ait demografik bulgular

Demografik Bulgular-2		n	n (%)	N	
<b>Cinsiyet</b>	Kadın	27	%54	50	
	Erkek	23	%46		
<b>Baskın El</b>	Sağ	42	%84	50	
	Sol	8	%16		
<b>Eğitim Durumu</b>	İlkokul	8	%16	50	
	Lise	19	%38		
	Lisans	11	%22		
	Lisansüstü	12	%24		
<b>Göz Rengi</b>	Kahverengi	18	%36	50	
	Mavi	9	%18		
	Yeşil	10	%20		
	Ela	13	%26		
<b>Göz Problemi /Gözlük veya Kontakt Lens Kullanımı</b>	Problem Yok	42	%84	50	
	Miyop	Gözlük	4		%8
		Kontakt Lens	4		%8
<b>Günlük Akıllı Telefon/Tablet/Bilgisayar Kullanım Sıklığı</b>	0-60 dk	9	%18	50	
	61-180 dk	11	%22		
	181-300 dk	13	%13		
	301 dk ve üzeri	17	%34		
<b>Oyun Oynama Deneyimi</b>	Hayır	32	%64	50	
	Evet	18	%36		
<b>Günlük Uyku Süresi</b>	0-300 dk	14	%28	50	
	301-360 dk	10	%20		
	361-420 dk	11	%22		

	<i>421 dk ve üzeri</i>	15	%30	
<b>Sigara Kullanımı</b>	<i>Kullanıyor</i>	25	%50	50
	<i>Kullanmıyor</i>	25	%50	
<b>Alkol Kullanım Sıklığı</b>	<i>Hayır</i>	16	%32	50
	<i>Nadiren</i>	16	%32	
	<i>Ara Sıra</i>	10	%20	
	<i>Sık Sık</i>	7	%14	
	<i>Çok Sık</i>	1	%2	
<b>Sporla İlgilenme Durumu</b>	<i>İlgilenmiyor</i>	35	%70	50
	<i>Amatör</i>	12	%24	
	<i>Profesyonel</i>	3	%6	
<b>Navigasyon cihazı/uygulaması kullanma sıklığı</b>	<i>Hiç</i>	11	%22	50
	<i>Nadiren</i>	5	%10	
	<i>Ara Sıra</i>	12	%24	
	<i>Sık Sık</i>	11	%22	
	<i>Çok Sık</i>	11	%22	
<b>Lokasyon bulabilme becerisi</b>	<i>Evet</i>	22	%44	50
	<i>Hayır</i>	14	%28	
	<i>Bazen</i>	14	%28	

### 3.3. Yöntem

Bireylerin mental etkilenimlerinin, anlık ve genel kaygı problemlerinin varlığını dışlamak için Mini Mental Durum Testi (MMDT) ve Durumluluk ve Sürekli Kaygı Envanteri (DSKE) ölçekleri kullanılmıştır. Görsel-uzamsal hafıza becerilerinin değerlendirilmesi için Sayı Sembolleri Yer Değiştirme Testi (SSDT), yönetici fonksiyon, karmaşık dikkat ve planlama gibi becerilerin değerlendirilmesi için İz Sürme Testi (İST Form-A ve Form-B), görsel hafıza ve oksipito-temporal lob işlevlerinin değerlendirilmesi için Benton Yüz Tanıma Testi-Kısa Form (BYTT-KF), görsel motor becerilerin değerlendirilmesi için Dinamik Görsel Keskinlik Testi (DGKT) ve son olarak uzamsal öğrenme, yön bulma ve uzamsal hafıza becerilerin değerlendirilmesi için Sanal Morris Su Labirent Testi (SMSLT) kullanılmıştır.

Katılımcılardan öncelikle, Aydınlatılmış Onam Formu'nu tam olarak okumalarını ve formun imzalanarak çalışmaya katılmaları için onay vermeleri istendi. Onay veren katılımcılardan ilk olarak demografik formu doldurmaları istendi ve ardından çalışmaya katılmak için ön koşul olarak belirlenen materyallerden MMDT ve DSKE'leri katılımcılara uygulandı. Bu değerlendirmelerden normal değerlere sahip olanlar ve çalışmaya dahil edilme koşullarını sağlayanlar çalışmaya dahil edildi.

Değerlendirme yöntemlerine öncelikle ölçekler ile başlandı. İST, SSDT ve BYTT-KF, katılımcılara ayrı ayrı uygulanarak sonuçları kaydedildi. Son olarak

katılımcılara, DGKT uygulanarak 30 dakika dinlenmeleri istendi ve ardından SMSLT uygulandı. Tüm test protokolünün bir katılımcıya uygulanması için gerekli olan süre yaklaşık 105 dakika olarak hesaplandı.

### 3.3.1. Ölçekler

#### *Mini Mental Durum Değerlendirme*

Orijinal adı *Mini-Mental State Examination* olan Mini Mental Durum Değerlendirme (MMDD) ölçeği, Folstein ve diğ. (1975) tarafından fonksiyonel psikiyatrik hastalıkların, organik nedenlere bağlı olan hastalıklardan ayrıştırılması için geliştirilmiştir ve bu ölçeğin bilişsel bozuklukların derecesini ve bilişsel değişimleri dökümente edebildiği bildirilmiştir (128). MMDD, bireylerin oryantasyon (10 puan), kayıt hafızası (3 puan), dikkat ve hesaplama (5 puan), hatırlama (3 puan), lisan becerileri (9 puan) olmak üzere beş kategoriden oluşan ve toplamda 30 puan üzerinden değerlendiren yaklaşık 10 dakika gibi kısa sürede uygulanabilen bir ölçektir (Ek-5). Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Güngen ve diğ. (2002) tarafından yapılmıştır (129) ve bu çalışma referans alınarak 24 puan ve üzeri puan alanlar normal kabul edilmektedir. MMDD ölçeği, Standardize Mini Mental Durum Değerlendirme Klavuzu'nda belirtilen yönergeler dikkate alınarak uygulanmıştır. Çalışmaya katılma ön koşullarından birini oluşturan, MMDD ölçeğinden normal sınırlarda (>24 puan) olanlar çalışmaya dahil edilmiştir.

#### *Durumluluk ve Sürekli Kaygı Envanteri*

Spielberger ve diğ. (1964) tarafından geliştirilen bu ölçeğin, Türkçe'ye uyarlanması, geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları Le Compte ve Öner (1976) tarafından yapılmıştır (130). Orijinal adı *State-Trait Anxiety Inventory (STAI)* olan ölçeğin Türkçe adı Durumluluk ve Sürekli Kaygı Envanteri'dir (DSKE). Her biri 20 sorudan ve 2 bölümden (Durumluluk ve Sürekli) oluşan 40 soruluk bir ölçektir. Durumluluk Kaygı Envanteri (DKE), bireylerin belirli bir anda belirli koşullarda kendisini nasıl hissettiğini betimlemesini, içinde bulunduğu anlık mevcut durumunu göz önüne alarak bu bölümü cevaplaması istenir. Sürekli Kaygı Envanteri (SKE), bireyin o anki durum ve koşullardan bağımsız kendini nasıl hissettiğini ölçer (Ek-6). DKE'nin yanıtlanmasında, maddelerin ifade ettiği durumların şiddet derecesine göre; "Hiç", "Biraz", "Çok", "Tamamiyle" olan ve sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 puanı ifade eden

seçeneklerden birinin seçilmesi istenirken, SKÖ’nde ise, “Hemen Hiçbir Zaman”, “Bazen”, “Çok Zaman”, “Hemen Her Zaman” ve sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 puanı ifade eden seçeneklerinden birinin seçilmesi ve görünür şekilde işaretlenmesi istenir.

Ölçeğin her iki bölümünde de olumlu duyguları gösteren; doğrudan (*direct*) ve olumsuz duyguları gösteren; tersine dönmüş (*reverse*) ifadeler olmak üzere iki tip ifade bulunmaktadır. DKÖ’nde, 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20’inci sorular olmak üzere on tane tersine dönüş ifade bulunmaktadır. SKE’nde ise, 21, 26, 27, 30, 33, 36, 39’uncu sorular olmak üzere yedi tane tersine dönmüş ifade bulunmaktadır. Puanlama yapılırken, doğrudan ifadelerin yer aldığı soruların toplam ağırlıklı puanından, tersine olan ifadelerin puanından çıkartılır ve bu sayıya daha önceden belirlenen, DKE için 50, SKE için 35 olan sabit bir değer eklenir, ortaya çıkan son değer bireyin kaygı puanı olarak ifade edilir. 40 puan ve altında alanlar normal kabul edilmektedir. Buna ek olarak, 41-60 arası hafif anksiyete, 61 puan ve üzeri olanlar şiddetli anksiyete olarak gruplandırılmaktadır. Puanlama Excel 2016 programı ile hesaplama formülleri kullanılarak yapılmıştır.

DKE ve SKE’nin puan hesaplamaları ayrı ayrı yapılmakta ve daha önce de bahsedildiği gibi ayrı durumlar hakkında bilgi vermektedir. Çalışmaya katılma için ön koşullardan birisi olan DKE ve SKE’nden normal sınırlarda yani 40 puan ve altında alan katılımcılar çalışmaya dahil edilmiştir.

#### *Sayı Sembolleri Yer Değiştirme Testi*

Sayı Sembol Yer Değiştirme Testi (SSDT), Wechsler Yetişkin Zeka Ölçeği’nin alt testlerinden biridir (Ek-7). Çalışmada görsel-uzamsal hafıza becerileri, duyuşal motor işleme, görsel algılama ve tarama becerilerini değerlendiren nöropsikolojik bir test olarak kullanılmaktadır. İlk olarak, II. Dünya Savaşı’nda beyin hasarlı askerlerin normallerden ayırt edilmesi için kullanılmış ve güvenilir bir batarya olduğu gözlemlenmiştir. SSDT’de katılımcıya 90 sn süre verilir ve kutucuklardaki sembolleri temsil eden sayıları yazması istenir. 1-9 arasındaki sayıları temsil eden semboller işaretlemesi gereken kutucukların üst kısmında sunulmaktadır. İlk 10 kutucuk alıştırma yapılması için kullanılmaktadır. Alıştırma bitirildikten sonra katılımcı hazır olduğu durumda süre başlatılır. Verilen süre içinde doğru işaretlediği kutucuklar dikkate alınarak puanlama yapılmaktadır. Genetik özellikler, cinsiyet, kültür, dil ve eğitimden minimum etkilenmesinden dolayı, nöropsikoloji alanında

(131-134) özellikle *Brief International Cognitive Assessment for Multiple Sclerosis (BICAMS)* bataryası içinde kullanımı oldukça yaygındır ve Türkçe geçerlilik çalışması bu batarya içerisinde yapılmıştır (135).

#### *İz Sürme Testi*

Orijinal adı *Trail Making Test* olan İz Sürme Testi (İST) ilk kez Amerika Birleşik Devletler Ordusu'nda görevli olan psikologlar tarafından 1944 yılında '*Army Individual Test Battery*' adlı test bataryasının bir parçası olarak geliştirilen nöropsikoloji alanında yaygın olarak kullanılan bir testtir (136). İST, görsel-uzamsal ve motor becerilerinin yanında, çalışma belleği (*working memory*), karmaşık dikkat ve yönetici fonksiyonlarını ölçmektedir. İST, görsel tarama (*visual scanning*) becerilerine ait işleme hızını değerlendiren "Form-A" ve uyarıcı setler arasında kurulum değiştirebilme ve ardışıklığı takip edebilme becerilerini değerlendiren "Form-B" olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Form-B'nin zorluk düzeyi Form-A'ya göre daha yüksek olup, daha hızlı motor ve dikkat becerileri ve daha fazla görsel-uzamsal işleme gerektirmektedir (133, 137).

Form-A, 1'den 25'e kadar dağınık şekilde sıralanmış sayı dizilerinden oluşmakta ve her bir sayı yuvarlak içinde bulunmaktadır. Katılımcıdan 1'den başlayarak en son 25'te bitecek şekilde (1-2-3-...) rakamların bulunduğu daireleri doğru sırada ve birbirini izler şekilde birleştirmesi istenir. Form-B'de, 1'den 13'e kadar sayılar ve A'dan İ'ye kadar harfler karmaşık halde yuvarlak içinde bulunmaktadır. Katılımcılardan 1'den başlayarak bir sayı ve bir harf olacak şekilde (1-A-2-B-3-C-...), hem sayı hem harfler ardışık gelecek biçimde birleştirmesi istenir. İST, içinde Form-A ve Form-B'nin ayrı ayrı alıştırmaya sayfaları da olmak üzere toplam dört adet A-4 sayfasından ve bir kurşun kalemle oluşmaktadır (Ek-8).

İST'nin ölçtüğü bilişsel ve davranışsal özellikler sadece her iki formun da bitirilme süresi ile sınırlı değildir. Her iki testin süre farkına, süre toplamına ve süre oranına da dayalı türetilmiş alt test puanları bulunmaktadır. Form-B süresi ile Form-A süresi farkının, hız değişkenini ortadan kaldırdığını ve dikkat, esneklik ve set değiştirme becerilerinin daha hassas değerlendirildiği bildirilmiştir. Form-B süresinin Form-A süresine oranı, görsel işlemlenin etkisinin ortaya çıkardığı yaş ve eğitim düzeyi ile daha güçlü bir ilişki gösterdiği bildirilmiştir. Her iki form süreleri toplamı ise, demansın evrelerine duyarlı olduğu bildirilmiştir (138-141). Her

iki formun bitirilme süresi içinde yapılan hataların sayısının, bazı çalışmalarda beyin işlevsel durumunu yansıtmadığı bildirilse de bazı çalışmalarda ise etkili bir parametre olduğu savunulmuştur (133, 142).

İST, puanlanmasında farklı yöntemler önerilse de, Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik yapılan kaynaklar referans alınarak, Form-A ve B'nin tamamlanma süresi haricinde, 5 farklı türetilmiş alt test puan hesaplaması yapılabilmektedir. Bunlar;

- Form-A tamamlanma Süresi: FAS
- Form-B tamamlanma Süresi: FBS
- Form-A yapılan Hata: FAH
- Form-B yapılan Hata: FBH
- FBS-FAS
- FAS+FBS
- FBS/FAS

Çalışmada Form-A ve B'nin özgün formları kullanılmıştır. Form-B'de testin aslında bulunan 'J, K ve L' harfleri çıkartılarak, Türkçe alfabesine uyumlu olmasını sağlamak amacıyla 'Ç, Ğ ve İ' harfleri eklenmiştir (143, 144). Testin tamamlama için süre sınırlaması yapılmadı ve katılımcıların tamamen testi bitirmeleri beklendi. Çalışmamızda sadece FAS ve FBS değerleri belirlenerek istatistiksel analizleri yapıldı.

#### *Benton Yüz Tanıma Testi*

Benton Yüz Tanıma Testi (BYTT), oksipito-temporal lob işlevlerinin değerlendirilmesi, görsel-uzamsal algı değerlendirmesi yapan yüz tanıma becerisini ölçen ve bir testtir. Orjinal adı Benton Face Recognition Test olan BYTT, *Benton ve Van Allen* (1968) tarafından kullanıma sunulmuştur (145, 146). Araştırmacılar, değerlendirmede hafıza gerektirebilecek tüm unsurları ortadan kaldırarak, yalnızca algısal ayırt etme ve eşleştirebilme yeteneğinin değerlendirilmesini sağlamışlardır. BYTT'nin Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği *Keskinkiliç* (1998) tarafından yapılmıştır. Testin güvenilirlik düzeyi çalışmamızda da kullanılan BYTT Kısa Form (BYTT-KF) için  $r=0,78$  istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulduklarını bildirmişlerdir (147).

Görsel algı gerçekleşmesi için öncelikli olarak gereken uygun göz hareketleridir ve okülomotor aktivitenin sağlanması için gereken beyinsapı yapıları,

dorsolateral prefrontal korteks, posterior parietal korteks, substantia nigra, bazal gangliyada bulunan *caudate* çekirdekler ve talamusun belirli bir kısımlarıdır. Ayrıca daha sonra yapılan görüntüleme çalışmalarında, sağ posterior inferior parietal ve sağ oksipitotemporal (*fusiform gyrus*) bölgedeki lezyonlarda test sonuçlarının etkilendiğini bildirmişler ve bu bölge hasarlarının aynı zamanda görsel-uzamsal algıda da kusuralara neden olabileceği sonucuna varmışlardır (148).

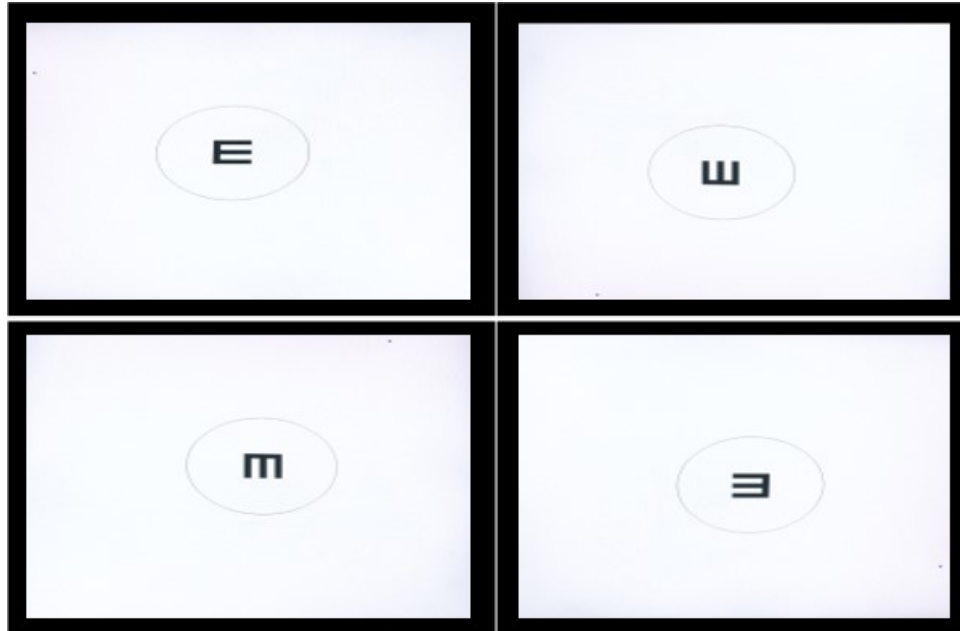
BYTT, içerisinde yüz resimleri bulunan, A-4 büyüklüğünde tam hali 22 sayfadan, kısa formu 13 sayfadan oluşan, spiral olarak ciltlenmiş bir kitap ve cevapların kaydedildiği bir formdan oluşmaktadır. Test kitapçığında, sayfaların sadece birer yüzüne ve sol üst köşesine sayfa numarası verilmiştir. Sayfa numarası verilmemiş kısımlarda üst tarafta kalan uyarıcı bir resim, numaralandırılmış sayfalarda ise cevapların aralarından seçileceği 3 veya 6 resim bulunmaktadır. Numara verilmemiş sayfalarda bulunan bir adet resim sayfanın tam ortasında bulunmaktadır. Numaralandırılmış sayfalarda bulunan cevaplanması beklenen resimlere ardışık numara verilmiştir ve resimler 1/4, 2/4 ve 3/4 oranında ışıklandırma yolu ile karartılarak belirsizleştirilmiştir. Katılımcıdan numarasız sayfada gördüğü resimdekine benzer olanları numaralı sayfadaki resimlerden bulması ve doğru resimin numarasını söylemesi istenir. BYTT’inde puanlama için soruların cevaplarının işaretlenebildiği kayıt defteri kullanılmıştır (Ek-9).

### 3.3.2. Görsel Keskinlik Test Bataryası

Görme keskinliğinin parametrelerin ölçülmesi için *NeuroCom® (International, Inc)* marka Bilgisayarlı Dinamik Postürografi cihazının *Dynamic Visual Tests* (Dinamik Görsel Testler) modülü kullanıldı. Katılımcılar, bakış hızı test ekranı ile aynı seviyede olacak şekilde, ekrana 250 cm uzaklıkla yerleştirilen ve boyu ayarlanabilen bir sandalyede oturmaları istendi. Test bataryasına ait değerlendirmeler sıra ile uygulandı. Kişiden baş hareketsiz veya baş hareketli bir şekilde iken ekranda görünecek optotipin (E optotipi) yönünü söylemesi istendi ve katılımcının ifade ettiği optotipe ait yön uzaktan kontrol cihazı ile uygulayıcı tarafından işaretlendi. Optotipin yönü ‘E’ harfinin açıklığının baktığı taraf olduğu, açıklık tarafının sağ, sol, yukarı ve aşağı tarafa doğru 4 farklı yönde sunulacağı her bir katılımcıya anlatıldı (**Şekil 3.1**). Görsel keskinlik test bataryasına ait sırası ile baş



hareketsiz uygulanan, Statik Görsel Keskinlik (SGK) ve Minimum Algılama Zamanı (MAZ) değerlendirmeleri, baş hareketli uygulanan, Bakış Stabilizasyon Testi (BST) ve Dinamik Görsel Keskinlik Testi (DGKT) olmak 4 farklı test katılımcılara uygulandı. Her bir testin uygulama yöntemi hastalara anlatıldıktan sonra cihazın sunduğu 'Alıştırma' modülü kullanılarak, katılımcıların testi daha iyi pekiştirmeleri sağlandı. Başın hareketli uygulandığı BST ve DGKT'inde katılımcıların başlarına, hıza duyarlı sensör içeren baş hareket hızlarını takip etmeye yarayan bir cihaz yerleştirildi ve baş hareketleri sırasında kaymasını engellemek için katılımcıların başına sabitlendi (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Katılımcılara farklı yönlerde sunulan 'E' optotipinin ekran görüntüsü



**Şekil 3.2.** Baş hareketi sırasında hızölçer cihazının katılımcıların başına sabitlenmesi

#### *Statik Görsel Keskinlik Testi*

Statik Görsel Keskinlik Testi (SGKT), baş hareketsiz iken uygulanan ve birimi logMAR olan test görsel keskinlik testlerinden biridir. Test sırasında katılımcıdan, başı hareketsiz iken, ekranda farklı boyutlarda görünen optotipin yönünü söylemesi istendi. Açıklığı rastgele farklı yönlerde sunulan optotip, aşamalı olarak küçülmektedir ve katılımcının 5 denemeden en az 3'ünü doğru şekilde cevaplandığı en küçük şekil boyutu optotip değeri logMAR cinsinden hesaplanır ve katılımcıya ait SGK değerini ifade eder (3, 48, 63, 149, 150).

#### *Minimum Algılama Zamanı Testi*

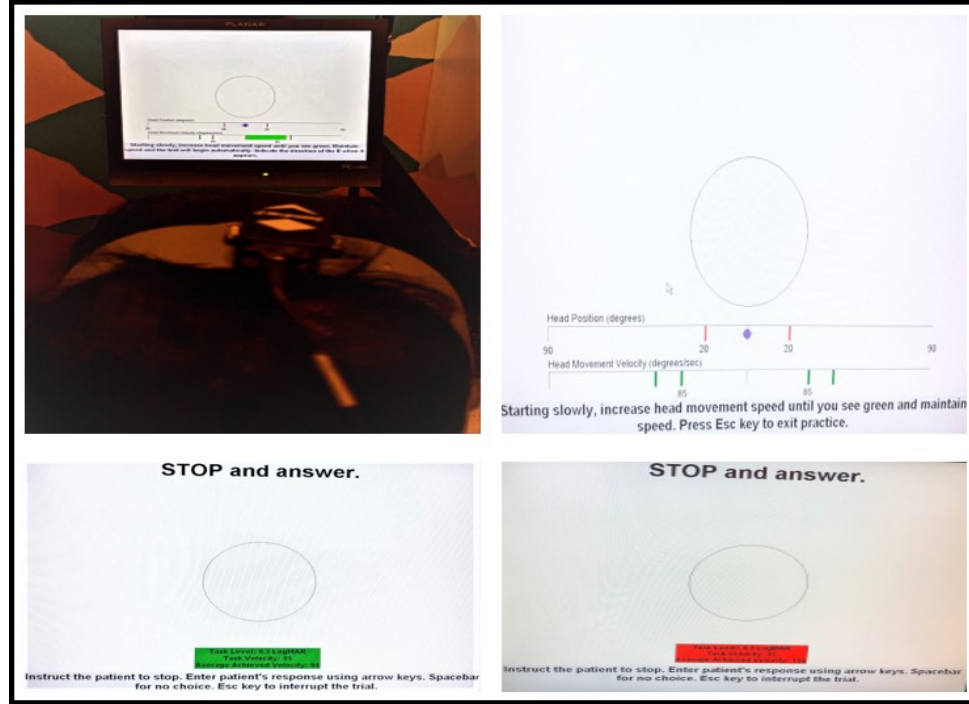
Minimum Algılama Zamanı Testi (MAZ), katılımcıların, sunulan optotipin yönünün doğru bir şekilde algılanabildiği en kısa sürenin hesaplanmasını sağlar. Optotipin boyutu, SGK değerinin 0,2 logMAR üzerinde tutulmuştur ve baş hareketsiz iken, ekranda sunulan optotipin algılayabildiği yönünü söylemesi istenir. Sunulan 5 denemeden en az 3'ünü doğru yanıtlandığı, en kısa ekranda kalma süresi milisaniye (msn) cinsinden hesaplanır ve MAZ değerini ifade eder (3, 48, 63, 149, 150).

#### *Bakış Stabilizasyon Testi*

Bakış Stabilizasyon Testi (BST), katılımcıların başının ulaşabileceği en yüksek hız seviyesinde, sunulan optotipin yönünü tespit edebilme becerilerini ölçen bir testtir. Optotipin boyutu SGK değerinin 0,2 logMAR üzerinde ayarlandı. Baş sallama sırasında katılımcının başının ulaştığı hız ve açısal değeri hem rakamsal hem de görsel olarak ekranda sunulmaktadır. Katılımcının verdiği yanıtların doğruluğuna göre, bir sonraki yapması gereken hız parametresi değişmektedir. Eğer doğru yanıtlamış ise, hız değeri artar, yanlış yanıtlamış ise hız değeri azalmaktadır. Bireyin bakış stabilizasyonunu sağladığı en yüksek hız tespit edilir. Doğru yanıt verilen 3 farklı baş hızının ortalaması alınarak Bakış Stabilizasyon (BS) değeri olarak °/sn cinsinden hesaplandı (3, 48, 63, 149, 150). BST, horizontal, vertikal ve sagittal olmak üzere toplam 3 düzlemdeki baş hareketleri ayrı ayrı uygulanmıştır.

#### *Dinamik Görsel Keskinlik Testi*

Dinamik Görsel Keskinlik Testi (DGKT), baş hareket halinde iken katılımcıların görsel keskinliğinin ölçüldüğü testtir. Katılımcılardan başlarını 85°/sn hız ve 20'şer derecelik açılar ile uygulanan planda sallaması istendi. Katılımcı baş hareketi sırasında, başının hızını ve açısını takip etmesi için *InVision* sistemi ile hem görsel hem de işitsel geri bildirim sağlanmaktadır. Doğru açı ve hız değerine ulaşıldığında sistem optotipi katılımcıya ekran üzerinde sunmaktadır. Aksi takdirde, baş hızının yetersiz olduğu durumlarda optotip ekranda sunulmaz ve katılımcı bir uyarı ekranı ile karşılaşır (**Şekil 3.3**) ve bu aşamayı tekrar ettirir. Sağ ve sol taraf için ayrı ayrı 5 denemeden 3'ünün doğru yanıtladığı en küçük optotip boyutuna göre Dinamik Görsel Keskinlik (DGK) değeri logMAR cinsinden hesaplanır (3, 48, 63, 149, 150). DGKT, horizontal, vertikal ve sagittal olmak üzere toplam 3 düzlemdeki baş hareketleri ayrı ayrı uygulanmıştır.



**Şekil 3.3.** Katılımcıların baş hareketi sırasında baş hızını takip ettikleri ve baş hızının uygun olup olmadığı ile ilgili geri bildirim ekran görüntüleri

### 3.3.3. Sanal Gerçeklik Sistemi

#### *Sanal Gerçeklik Gözlüğü*

Çalışmamızda *Oculus Rift (Facebook Technologies, U.S.A)* sanal gerçeklik gözlüğü kullanıldı. Gözlük kişilerin farklı çevrelerde olma hissini oluşması, alan ve derinlik duygusunun sağlanması için özel yazılım ve teknikler ile tasarlanmış, kamera ve sensörlerden oluşmaktadır (**Şekil 3.4-A**). Görüş alanını en yüksek seviyede sağlanması için özel optik sistemi bulunur ve en az 1920x1080 çözünürlükte görüntü ve en az 90° çevre görüş açısına izin vermektedir (151, 152).

#### *Harici Sensörler*

Kişinin hareketlerini algılaması için harici iki adet sensör bulunmaktadır hareketleri sanal gerçeklik sistemine aktarma görevini üstlenirler. Sensörler **Şekil 3.4-B**'de görüldüğü gibi masanın sağ ve sol uç noktasına değerlendirme sırasında dış etkilerden etkilenip pozisyonunun bozulmaması için sabitlenmiştir. Her iki sensör de bilgisayar sistemine USB 3.0 ile bağlantısı sağlanmıştır (**Şekil 3.4-F**).

#### *Kumandalar*

*Touch* kumandaları olarak isimlendirilirler ve sanal ortamdaki ellerinizi kendi elleriniz gibi hissetmeyi ve kullanmayı sağlayan sanal gerçeklikteki sezgisel el deneyimini sunan bir çift kumandadan oluşurlar (**Şekil 3.4-C**).

#### *Kulaklıklar*

Başlık takıldığında sağ ve sol tarafta farklı kulak pozisyonları için ayarlanabilen, katılımcının görevlerinden olan açık platforma yüzüp görevi tamamladığında ve gizli platform görevinde platformu bulma görevini tamamladığında veya verilen 60 sn süre tükendiğinde katılımcıya sesli bir geri bildirim sağlamak için kullanılan bir çift kulaklık başlığa bağlı halde bulunmaktadır (**Şekil 3.4-D**).

#### *Sistem Bilgisayarı*

*Oculus Rift* donanımı ve yazılımı ile uyumlu HP marka, Intel 7. nesil (i7) işlemci, NVIDIA GTX 1650 Ti 8 GB ekran kartı, 1 TB sabit disk ve HDMI 1.3 ve üzeri çıkış, Microsoft Windows 10 Pro işletim sistemi, USB 3.0 porta sahip 17-inch diz üstü bilgisayar kullanılmıştır. Bu sisteme sahip bir bilgisayar, sanal gerçeklik sisteminin gereksinimi olan alt özelliklerini karşılamaktadır. Bilgisayar konumu **Şekil 3.4-E**'de görüldüğü gibi iki sensör arasında bulunmaktadır.



**Şekil 3.4.** Sanal gerçeklik sistemine ait elemanlar

### *Sanal Gerçeklik Sistem Yazılımları*

*Oculus*, sanal gerçeklik sistemine ait donanımların kurulumu ve cihaz kalibrasyonunun yapıldığı yazılımdır.

*SteamVR*, kullanıcının sabit veya inaktif konumda kalmasından ziyade, sanal gerçeklik gözlüğünü taktıktan sonra en az 2mX1,5m oda koşullarında serbestçe ve aktif şekilde hareket etmesine olanak sağlayan (*room-scale*), *Valve* tarafından geliştirilen bir yazılım ve donanım platformudur. Kullanılan oyunların kurulumlarını, güncelleştirmelerinin gerçekleştirildiği, ses ve görüntü ayarlarında değişiklik yapma olanağı sağlayan bir program olmasının yanında, kişisel bir hesap oluşturarak, çevrim içi birçok kişi ile iletişim kurma ve birlikte oyun oynama olanağı sağlamaktadır.

*Sanal Morris Su Labirent Testi (SMSLT)*, orijinal adı *Virtual Morris Water Maze*'dir ve *Simian Labs* iş birliği ile *MazeEngineers* tarafından geliştirilmiştir. SMSLT, deney ihtiyacına göre birçok farklı sanal gerçeklik ortamı oluşturulmasına olanak sağlayan bir yazılımdır (153).

*Microsoft Excel*, Microsoft'un Office programlarından. Araştırmacı tarafından oluşturulan her bir göreve ait parametrelerin sayısal değeri *.xlsx* dosya uzantısı ile verildiğinden bu programa ihtiyaç duyulmaktadır.

### **3.3.4. Sanal Morris Su Labirent Testi**

Uzamsal navigasyon, öğrenme ve hafıza becerilerinin değerlendirilmesini sağlayan SMSLT'inde, sanal olarak oluşturulan deneysel bir ortamda, kullanıcı büyük yuvarlak bir su havuzunda test edilir. Bu su havuzunun farklı noktalarına yerleştirilme olanağı sağlanan bir platform gizli veya görünür şekilde ayarlanabilmektedir. Kullanıcıya havuz etrafında bulunan ve havuzu tam olarak çevreleyen dört duvarda, her bir duvarda farklı olacak şekilde isteğe bağlı görsel ipuçları yerleştirilebilmektedir. Kullanıcının görevi bu görsel ipuçlarını kullanarak açık veya gizli şekilde sunulan platformu kumanda sayesinde sanal ortamda hareketini sağlayarak bulmaktır.

Katılımcıların sanal havuzda hareket edebilme hızı 15 m/sn olarak ayarlanmıştır.

SMSLT, teknik olarak üzerinde değişiklik yapılabilen, her biri farklı sayıda denemeden oluşan 4 bölümden ve toplamda 22 denemeden oluşmaktadır. Bunlar;

1. *Alıştırma (B-1)*: 1 denemeden oluşan, belirlenen süre içerisinde, katılımcıların başlık takılı iken kumanda hakimiyetinin sağlanması, sanal ortamda hareket edebilme adaptasyonu ve havuzun ve etrafındaki duvarda bulunan objelerin konumunun keşfedilmesi açısından uygulanan bölümdür.
2. *Açık Platform (B-2)*: 4 denemeden oluşan, herbir denemede havuzun farklı noktalarında ayarlanmış ve görünür halde bulunan kırmızı renkli kare şeklinde platformun olduğu, belirlenen süre içerisinde mümkün olduğunca en kısa sürede bu platformlara yüzerek ulaşılması istenen ve her bir deneme arasında dinlenme süresi tanınan bölümdür.
3. *Gizli Platform (B-3)*: 16 denemeden oluşan, yeni bir noktada ve tüm denemelerde aynı noktada olan ancak dışarıdan katılımcı tarafından görülmeyen platformun bulunduğu, katılımcıdan her bir bölümde ayrı ayrı 60 sn içerisinde platformu sanal havuzda hareket ederek bulması istenen, uzamsal öğrenme ve navigasyon becerilerinin değerlendirildiği bölümdür.
4. *Araştırma (B-4)*: 1 denemeden oluşan, katılımcının haberi olmadan platform olduğu yerden çıkarılan ve gizli platform protokolünde olduğu gibi platformu bulması istenen ve 60 sn içerisinde yüzerek araştırdığı alanların analizi yapılan bölümdür.

#### *SMSLT Protokolü*

SMSLT, yazılım arayüzünde yukarıda bahsedilen herbir bölüm ve her bölüme ait denemelerin, sayısı (*Number of trials*), uygulanma zamanı (*Trial search time*), denemeler arası dinlenme zamanı (*Rest time*), katılımcının sanal havuzda başlangıç pozisyonu (*User position*), havuz içerisinde açık veya gizli kullanılan platformun pozisyonu (*Platform position*) gibi özelliklerin modifiye edilmesine olanak sağlayan Deney (*Experiment*) bölümü bulunmaktadır.

Aşağıda bahsedilen herbir bölüme ait deneyler için, kullanıcı ve platform pozisyonları için belirlenen koordinatlar sistem arayüzünün sağladığı imkanlar ile ayarlanmıştır (**Şekil 3.5**).

*Alıştırma Bölümü (D-1)*: Deneme sayısı; 1, Deneme süresi; 60 sn, Denemeler arası dinlenme zamanı; 10 sn, katılımcıların sanal havuzda başlangıç pozisyonu; sanal havuzun tam merkez noktası olarak planlandı.

*Açık Platform Bölümü (D-2-5)*: Deneme sayısı; 4, Deneme Süresi (herbiri için); 60 sn, Denemeler arası dinlenme zamanı; 10 sn planlandı ve katılımcının sanal havuzda başlangıç pozisyonu ve açık platform pozisyonlarının koordinatları herbir deneme için **Tablo 3.3**'te verilmiştir. Platform pozisyonlarının ve katılımcı başlangıç noktasının havuz içerisindeki konumları **Şekil 3.6**'de sanal havuz şeması üzerinde verilmiştir.

*Gizli Platform Bölümü (D-6-21)*: Deneme sayısı; 16, deneme süresi (Her biri için); 60 sn, denemeler arası dinlenme zamanı; 10 sn, katılımcının sanal havuzda başlangıç pozisyonu koordinatları her bir deneme için **Tablo 3.4**'de verilmiştir ve gizli platform pozisyonu sabit olarak X: 50; Y: -50 koordinatlarına denk gelen bir noktada Güney-Doğu pozisyonunda planlandı. Bu bölüme ait 16 deneme 4 bölüme ayrılmış olup, bu bölümlerde katılımcının başlangıç pozisyonları *Latin-Square* (4X4) tasarımına göre ayarlanmıştır (154, 155). Buna ek olarak 16 denemede de başlangıç noktaları gizli platforma eşit mesafede olan koordinatlar kullanıldı. Platform pozisyonunun ve katılımcı başlangıç noktalarının havuz içerisindeki konumları **Şekil 3.7**'de sanal havuz şeması üzerinde verilmiştir.

*Araştırma Bölümü (D-22)*: Deneme sayısı; 1, Deneme Süresi; 60 sn, bu bölüme başlamadan dinlenme ve bekleme süresi; 10 dk, katılımcının sanal havuzda başlangıç pozisyonu Kuzey-Doğu ve platform katılımcının bilgisi dışında gizli veya açık halde olmaksızın tamamen kaldırılmış şekilde planlandı. Platform pozisyonunun ve katılımcı başlangıç noktasının havuz içerisindeki konumları **Şekil 3.8**'de sanal havuz şeması üzerinde verilmiştir.



The figure displays four screenshots of the 'Manage Experiment' interface, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows a 'Manage Experiment' header with a 'Time of experiment' (1430 sec) and 'Trials total' (22) indicator, and a 'Save' button. Below the header are five tabs: 'Exploration', 'Visible Platform', 'Hidden Platform', 'Probe', and 'Additional settings'. The 'Visible Platform' tab is selected in all screenshots.

The top-left screenshot shows the 'Visible Platform' tab with the following settings: Number of trials: 1; Trial Search Time: 60.00 sec; Rest Time: 10.00 sec; User position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Custom; Platform position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Custom; X: 0.00, Y: 0.00.

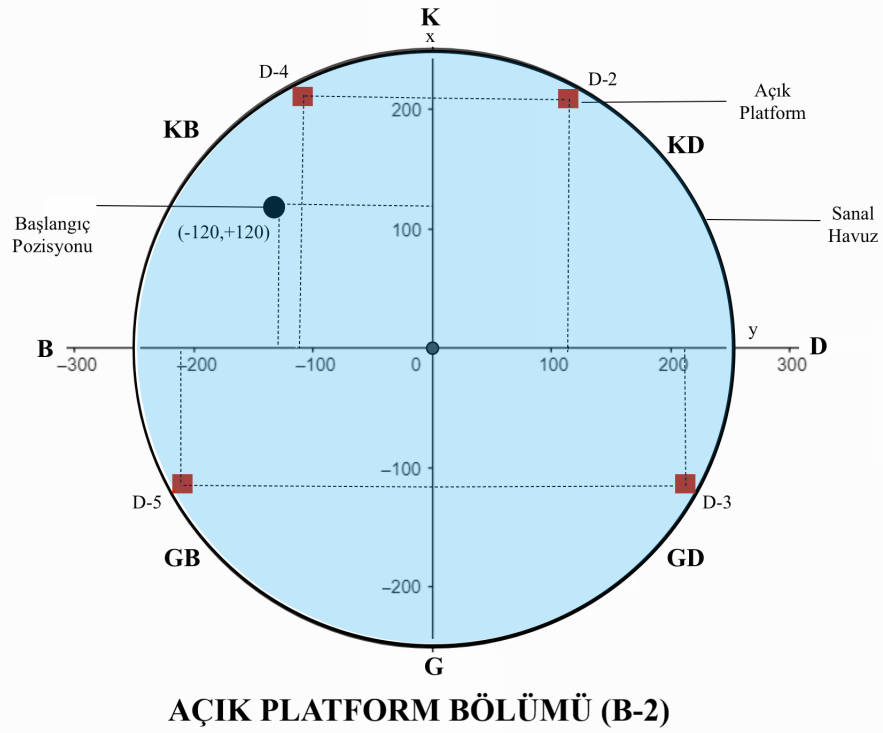
The top-right screenshot shows the 'Visible Platform' tab with the following settings: Number of trials: 4; Trial Search Time: 60.00 sec; Rest Time: 5.00 sec; User position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Custom; Platform position: Per trial (selected), Trial #1: Custom, Position: Custom; X: 100.00, Y: -100.00.

The bottom-left screenshot shows the 'Hidden Platform' tab with the following settings: Number of trials: 16; Trial Search Time: 60.00 sec; Rest Time: 5.00 sec; User position: Per trial (selected), Trial #1: Custom, Position: Custom; Platform position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Custom; X: 100.00, Y: -150.00.

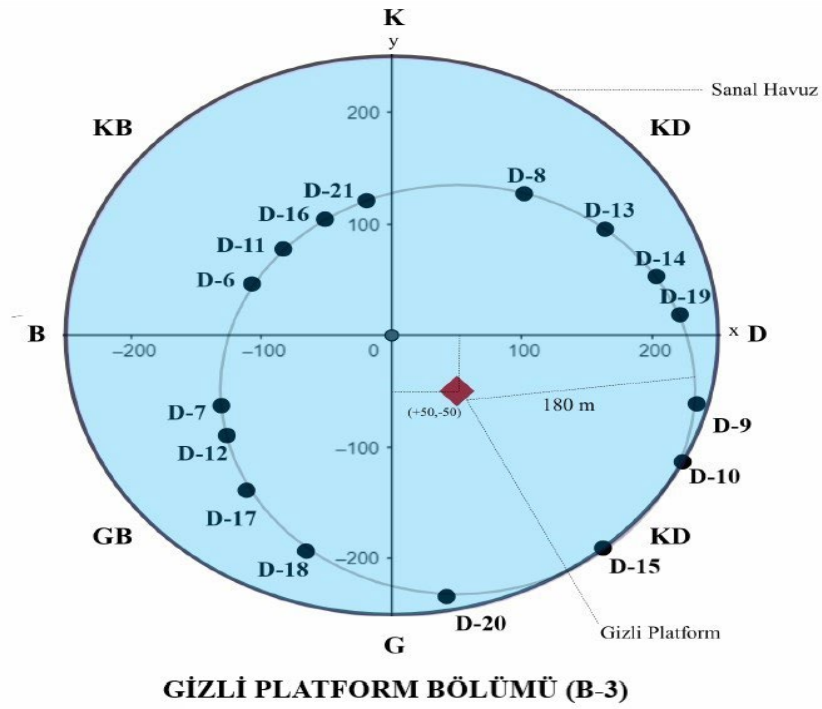
The bottom-right screenshot shows the 'Probe' tab with the following settings: Number of trials: 1; Trial Search Time: 60.00 sec; Rest Time: 5.00 sec; User position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Northeast; Platform position: Global (selected), Type: Fixed, Position: Southwest.

Şekil 3.5. Test protokol ayarlamalarının yapıldığı program arayüzü

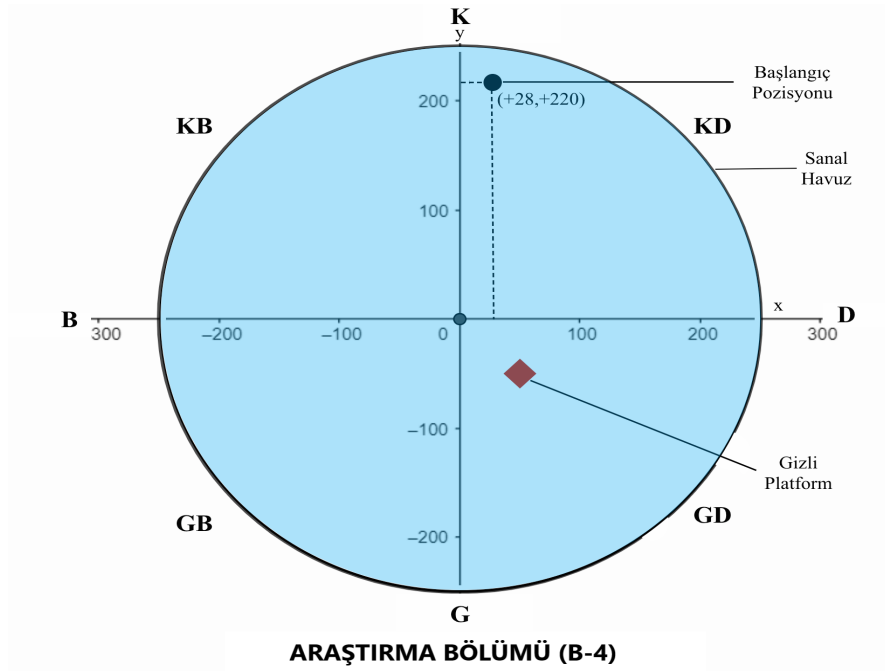
SMSLT'ne ait tüm protokolün tamamlanması, B-1, B-2, B-3 ve B-4 arasındaki bilgilendirmeler, test süreleri ve testler arası dinlenme süreleri ile birlikte düşünüldüğünde, bir katılımcı için test protokolü toplamda en fazla yaklaşık 45-50 dakika sürebilmektedir.



Şekil 3.6. Açık platform bölümünde 4 denemeye ait platformların ve katılımcının başlangıç pozisyonlarının sanal havuz içerisinde ayarlanan konumları



Şekil 3.7. Gizli platform bölümünde 16 denemeye ait ve gizli platformun sanal havuz içerisindeki ayarlanan konumları



**Şekil 3.8.** Araştırma bölümünde gizli platformun ve katılımcı başlangıç pozisyonunun sanal havuz içerisindeki ayarlanan konumları

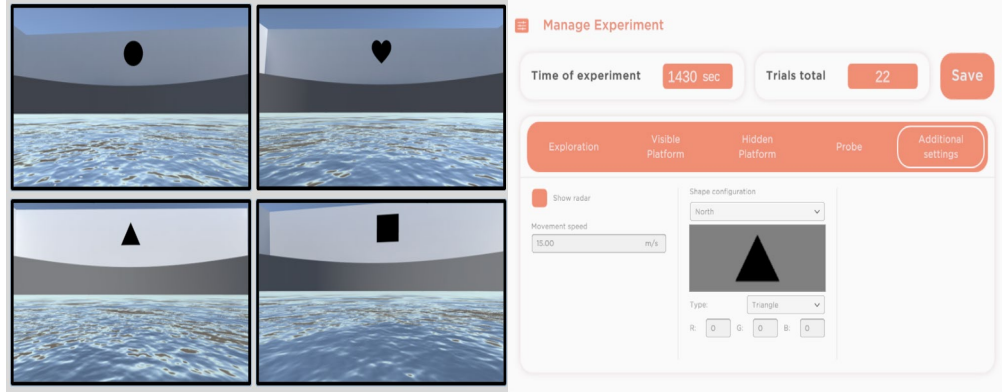
**Tablo 3.3.** Açık platform bölümünde Deneme 2-5 değerlerine ait platform ve katılımcı koordinatları

B-2 Denemeler	Platform Pozisyon Koordinatları		
	X	Y	YÖN
D-2	+120	+220	KD
D-3	+220	-120	GD
D-4	-120	+220	KB
D-5	-220	-120	GB
<b>Katılımcı Pozisyon</b>	-120	+120	GD

**Tablo 3.4.** Gizli platform bölümünde Deneme 6-21 değerlerine ait platform ve katılımcı koordinatları

B-3 Denemeler	Katılımcı Pozisyon Koordinatları		
	X	Y	YÖN
D-6	-107,39	+46,15	KB
D-7	-113,96	-63,31	GB
D-8	+101,67	+127,05	KD
D-9	+234,08	-65,41	GD
D-10	+223,18	-113,45	GD
D-11	-83,3	+77,47	KB
D-12	-129,91	-90,63	GB
D-13	+163,73	+95,20	KD
D-14	+203,07	+52,90	KD
D-15	+162,11	-190,79	GD
D-16	-51,28	+104,14	KB
D-17	-111,53	-139,02	GB
D-18	-65,84	-193,52	GB
D-19	+221,22	+18,55	KD
D-20	+42,08	-234,27	GD
D-21	-19,34	+20,91	KB
<b>Platform Pozisyon</b>	<b>+50</b>	<b>-50</b>	<b>GD</b>

*Ek Ayarlar:* Hareket hızı; 15,0 m/sn olarak planlandı. Havuzun etrafını çevreleyen duvarın her biri siyah renkli olan, kuzey tarafına; üçgen, güney tarafına; daire, batı tarafına kalp, ve doğu tarafına da kare şekilleri yerleştirildi (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9.** Deney sırasında sanal havuz etrafında görülen ipuçları ve ek ayarların düzenlendiği arayüz ekran görüntüsü

*Bilgilendirme:* Katılımcılar teste başlamadan önce yukarıda bahsedilen 4 deney hakkında bilgilendirildi. Öncelikle, sanal ortamda hareket etmesini sağlayacak kumandanın tutuş şekli ve üzerinde kullanacağı sağ, sol, ileri ve geri hareketi sağlayan tuş kullanımı ve her bir denemeyi başlatması için kullacağı toplamda gerekli olan iki tuşun fonksiyonu ve kullanımını hakkında bilgi verildi.

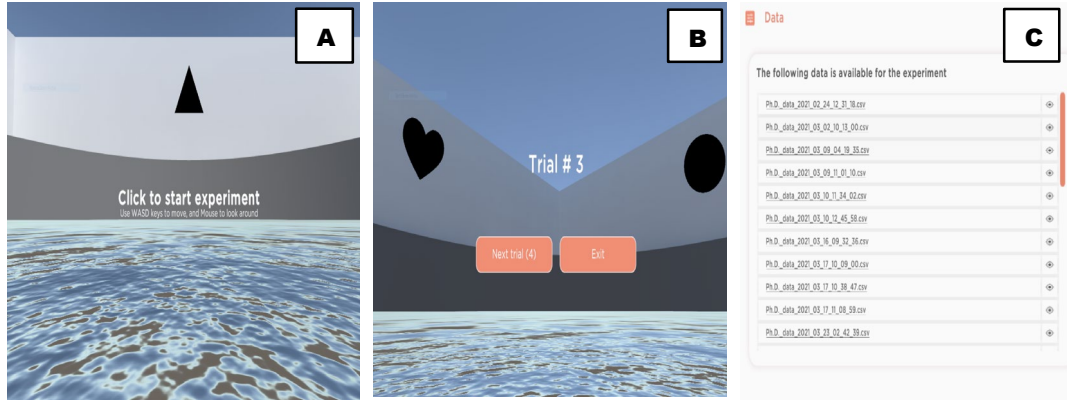
*Başlık Giyilmesi:* Başlığın her iki yanında başına uygun bir şekilde sabitlenmesini sağlayan sıkılması ve gevşetilmesini için yan bantlar bulunmaktadır. Her katılımcıya uygun şekilde başlığı sabitlemek için bu bölüm kullanıldı (**Şekil 3.10**). Başlık ve görüntü konusunda herhangi bir problem olmadığı hastadan geri bildirim yoluyla teyit edilmesi ile deney aşamasına geçildi.



**Şekil 3.10.** Sanal gerçeklik başlık giyilmesi ve protokol uygulaması sırasında katılımcı görüntüsü

*Deney Başlatma:* Her bir deneye ait denemeler başlatılmadan önce katılımcı ekranda “*Click to start experiment; use WASD keys to move and mouse to look around*” şeklinde sanal havuzu çevreleyen duvarların birinde bir yazı görür (**Şekil 3.11.A**). Katılımcıya her bir denemenin başlatılmasını elinde kullandığı kumandanın işaret parmağına gelen bölümü ile yapacağını, bunun için hazır olduğunda o tuşu kullanarak başlayabileceği bildirildi. Denemeler arası dinlenme süresi olarak verilen 10 saniye süre zarfında herhangi bir tuşa basmaması gerektiği, verilen süre dolduktan sonra başlatması için tekrar aynı işlemi yapması gerektiği bildirildi.

*Deney Sonlandırma:* Her deneye ait denemenin sonlanması için katılımcılara 60 sn süre verildi. Bu süre zarfında verilen görevi yerine getirememiş ise süre bittiğinde, katılımcıya kulaklığından işitsel bir geri bildirim olarak bir çan sesi verilerek deney otomatik sonlandırılır. Eğer ki katılımcı 60 sn içinde verilen görevi yerine getirmiş ise, yani açık platform denemelerinde platforma ulaştığında veya gizli platform denemelerinde platformu bulduğunda deney aynı şekilde işitsel bir geri bildirim ile otomatik sonlandırılır ve diğer denemeye geçmek için katılımcılara verilen 10 saniye dinlenme süresi ekranda geri sayım ile hastaya gösterilir, Keşif ve araştırma deneylerinde ise sadece 60 sn sonunda deney bitirilmektedir. Denemeler arasında ve/veya deneme sırasında katılımcının kendini kötü hissetmesi, testi tamamlayamayacağını beyan etmesi, bilgisayar, başlık, kumanda veya görüntüde meydana gelen bozulmalar vb. olumsuz durumlarda testi tamamen bitirmek için “*Exit (Çıkış)*” seçeneği de kullanılabilir. Bu durumların haricinde testin “Çıkış” seçeneği ile yanlışlıkla tamamen bitirilmesini engellemek için bir şifre oluşturulmuş ve deney bütünlüğü sağlanması açısından koruma altına alınmıştır. Protokol tamamen bitirildiğinde “Çıkış” seçeneği kullanılarak deney sonlandırılır (**Şekil 3.11.B**). Test sonlandırıldıktan sonra “*Data*” seçeneğinden katılımcıya ait veri Excel formatında bir deneme için deneyin çıktılarına erişilebilmektedir (**Şekil 3.11.C**).



Şekil 3.11. Deney başlangıcı, deney sırasında ve deneyi sonlandırma ile ilgili SMSLT ekran görüntüleri

#### *Analiz İçin Kullanılan Parametreler*

- *Y-D-1*: Birinci bölümde 60 sn süre içerisinde 1. denemeye ait katedilen yol (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Y-D-2,3,4 ve 5*: İkinci bölümde 2, 3, 4 ve 5. denemelere ait katedilen yol ortalaması (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Z-D-2,3,4 ve 5*: İkinci bölümde 2, 3, 4 ve 5. denemelere ait süre ortalaması (*sn*)
- *Y-D-6-9*: Üçüncü bölümde 6, 7, 8 ve 9. denemeye ait katedilen yol ortalaması (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Y-D-10-13*: Üçüncü bölümde 10, 11, 12 ve 13. denemeye ait katedilen yol ortalaması (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Y-D-14-17*: Üçüncü bölümde 14, 15, 16 ve 17. denemeye ait katedilen yol ortalaması (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Y-D-18-21*: Üçüncü bölümde 18, 19, 20 ve 21. denemeye ait katedilen yol ortalaması (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *Z-D-6-9*: Üçüncü bölümde 6, 7, 8 ve 9. denemeye ait süre ortalaması (*sn*)
- *Z-D-10-13*: Üçüncü bölümde 10, 11, 12 ve 13. denemeye ait süre ortalaması (*sn*)
- *Z-D-14-17*: Üçüncü bölümde 14, 15, 16 ve 17. denemeye ait süre ortalaması (*sn*)

- *Z-D-18-21*: Üçüncü bölümde 18, 19, 20 ve 21. denemeye ait süre ortalaması (*sn*)
- *Y-D-22*: Dördüncü bölümde 22. denemeye ait katedilen yol (Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı)
- *ÜST.DEĞ.*: Dördüncü bölümde 22. denemeye ait, platform çeyreğinde geçirilen zamanın diğer 3 çeyrekte geçirilen zamanlara göre üstünlük değeri (156);
  - *Hesaplanması*:
    - Platform çeyreğinde harcanan zaman: P
    - Diğer çeyreklerde harcanan zamanlar: A, B, C olsun. Buna göre; **ÜST.DEĞ.**:  $\frac{[(P-A)+(P-B)+(P-C)]}{3}$

Sanal gerçeklik protokolü ile birlikte okülomotor ve oryantasyon bozukluğu başlıkları altında bir takım belirtilerin katılımcılarımız arasında sıklığının belirlenmesi açısından, değerlendirme sonrasında katılımcılara Kim, H. K ve diğerlerinin (2018) geliştirdikleri *Virtual Reality Sickness Questionnaire* referans alınarak (157) ve bu ölçekte bulunan belirtiler, ‘belirti var’ ve ‘belirti yok’ olarak kayıt edildi. Ölçeğin türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması henüz literatürde bulunmadığından belirti dereceleri ve buna bağlı ölçek skorları hesaplanmadı. Belirtilere ait bulgular, genel rahatsızlık, yorgunluk, göz yorgunluğu, odaklanmakta zorlanma gibi okülomotor belirtiler ve baş ağrısı, baş dolgunluğu, bulanık görme, gözler kapalı dizzy ve vertigo olmak üzere oryantasyon bozukluğu başlıkları altında ve bunlara ek olarak bu ölçekte bulunmayan mide bulantısı belirtisinin katılımcılar arasındaki sıklıkları kişi sayısı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir.

### 3.3.5. Hijyen Güvenliği

Covid-19 pandemisi göz önünde bulundurularak, öncelikli olarak çalışmanın yürütüldüğü üniteye ait test odasının her bir katılımcı teste alınmadan önce havalandırılması ve temizliği yapıldı. Maske ve mesafe konusuna özen gösterildi. Katılımcıların test ortamına teması en düşük düzeyde tutuldu. Uygulama sırasında temas ettikleri (kalem, DVA sistemine ait baş hızı ölçen başlık, SMSLT’ne ait sanal gerçeklik gözlüğü ve kontrol kumandaları, sandalyeler vb.) yerlerin temizliği yüzeye



uygun dezenfektanlar ile yapılarak imkanlar doğrultusunda test koşulları azami düzeyde hijyenik hale getirildi.

### 3.4. Verilerin Analizi

Çalışma verilerinin istatistiksel analizi SPSS 23.0 (IBM, Corp, NY, USA) istatistik paket yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistiklerden nitel veriler için sayı (n) ve yüzdeler (%) kullanılırken, nicel veriler için ortalama ( $\bar{X}$ ), standart sapma (SS), ortanca (*median*) ve değer aralığı ifadeleri kullanılmıştır. Demografik gruplar arasında fark olup olmadığı incelenmesi için, parametrik dağılım gösteren veriler ile ikili gruplar arasında Student-t testi, çoklu gruplar içerisinde ikili karşılaştırmalarda *Post Hoc* testleri kullanılmıştır (Homojen varyans dağılımı; *Bonferroni* testi, Homojen olmayan varyans dağılımında; *Tamhane's T2* testi). Parametrik dağılım göstermeyenlerle ikili gruplar arasında ise *Mann Whitney U* testi, ikiden fazla grup karşılaştırmalarında *Kruskal Wallis* testi kullanılmıştır. Çoklu tekrarlanan ölçümler ile demografik veriler arasındaki farkın analizi için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (*rmANOVA*) testinden yararlanılmıştır. Demografik veriler ile (yaş, VKİ vb.), dinamik görsel keskinlik test bataryasına ait verilerin, SMSLT parametrelerine etkisini araştırmak için, çoklu regresyon modelleri kullanılmıştır. Regresyon modelinin artıklarının normal dağılıma uygunluğu normal dağılım testleri ve grafikler (histogram ve Q-Q *plot*) ile gözlemlenmiştir. Kurulan modellerde, değişen varyans ve çoklu bağlantı durumunu dışlamak için *VIF* değerinin 5'ten küçük olması, otokorelasyon durumunu dışlamak için *Durbin-Watson* değerinin 1,5-2,5 arasında olması şartı arandı. Bu şartı sağlayan ve istatistiksel olarak anlamlı olan çoklu regresyon modeller analiz için kullanıldı. DGK test bataryasına ait parametrelerin tekrarlı ölçümlerdeki değişimini modellemek için marjinal modeller oluşturuldu. Marjinal model analizleri için *R* programında bulunan "*gee*" paketi kullanıldı (158). Son olarak SMSLT ait parametrelerin ölçekler ile arasındaki ilişkinin incelenmesi için Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı ( $\rho$ ) kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edildi.

## 4. BULGULAR

Görsel motor becerilerin uzamsal öğrenme ve hafıza üzerine etkisinin sağlıklı yetişkinlerde araştırılması amacı ile planlanan çalışmaya katılan bireylerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

### 4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri

Çalışmaya 18-55 yaş aralığında sağlıklı 50 yetişkin (Kadın: 27, Erkek: 23) dahil edilmiştir. Katılımcılara ait yaş verileri 18-39 (**n**: 33) ve 40 ve üzeri (**n**: 17) olmak üzere 2 grupta incelenmiştir. Katılımcıların 8'inde dominant el sol iken, 42'sinde dominant el sağ olarak belirlenmiştir. Bireylere ait eğitim durumu, göz rengi, görme problemini ve gözlük/kontakt lens kullanım durumu, günlük akıllı telefon/tablet/bilgisayar kullanım süresi, günlük uyku süresi, sigara kullanımı, alkol kullanımı, spor ile ilgilenme durumu, navigasyon cihazı ve/veya uygulaması kullanım sıklığı ile ilgili detaylı bilgiler **Tablo 3.1** ve **Tablo 3.2**'de gösterilmiştir.

Katılımcılara ait sigara kullananların (**n**: 25) günlük ortalama sigara tüketim adeti  $\bar{X} \pm SS$ : 17,44 $\pm$ 11,61 (3-40 adet aralığında), araç kullananların (**n**:32) günlük ortalama araç kullanım süresi  $\bar{X} \pm SS$ : 2,84 $\pm$ 2,46 (1-9 saat aralığında), akıllı telefon/tablet/bilgisayar üzerinden oyun oynayanların (**n**: 18) haftalık ortalama oyun oynama süresi  $\bar{X} \pm SS$ : 8,59 $\pm$ 10,13 (40 dk-35 saat aralığında) ve spor yapan katılımcıların (**n**: 24) haftalık ortalama spor yapma süresi  $\bar{X} \pm SS$ : 5,25 $\pm$ 5,38 (1-21 saat aralığında) bulunmuştur.

### 4.2. Ölçeklere Ait Bulgular

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcılara uygulanan, Benton yüz tanıma testi, Sembol sayı değiştirme testi, İz sürme testine ait skorlar **Tablo 4.1**'de gösterilmiştir. Katılımcılara ait BYTT ortalama skoru  $\bar{X} \pm SS$ : 48,4 $\pm$ 4,12 (39-54 aralığında), SSDT ortalama skoru  $\bar{X} \pm SS$ : 46,38 $\pm$ 15,05 (15-66 aralığında), İST'e ait FAS ortalama süresi  $\bar{X} \pm SS$ : 15,94 $\pm$ 5,89 (9,17-33,21 sn aralığında) ve FBS ortalama süresi  $\bar{X} \pm SS$ : 30,16 $\pm$ 14,24 (13,42-75,48 sn aralığında) bulunmuştur.

**Tablo 4.1.** Bireylere ait BYTT, SSDT ve İST (Form-A ve Form-B) bulguları

ÖLÇEKLER	$\bar{X}\pm SS$	Ortanca	Değer Aralığı
BYTT	48,4±4,12	50	39-54
SSDT	46,38±15,05	51	15-66
İST	FAS (sn)	15,94±5,89	9,17-33,21
	FBS (sn)	30,16±14,24	13,42-75,48

BYTT: Benton Yüz Tanıma Testi, SSDT: Sembol Sayı Değiştirme Testi, İST: İz Sürme Testi, FAS: Form-A tamamlanma süresi, FBS: Form-B tamamlanma süresi,  $\bar{X}$ : Ortalama Değer, SS: Standart Sapma

### 4.3. Dinamik Görsel Keskinlik Bataryası Bulguları

Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcılara uygulanan, statik görsel keskinlik, minimum algılama zamanı bulguları ve dinamik görsel keskinlik testi ile bakış stabilizasyon testinin horizontal, vertikal ve sagittal düzlemlere ait bulguları **Tablo 4.2**'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Bireylerin SGK, MAZ ve horizontal, vetikal ve sagittal plandaki BST ve DGK test bulguları

DGKT Bataryası Bulguları	$\bar{X}\pm SS$	Ortanca	Değer Aralığı	$p^a$	$p^b$		
SGK (logMAR)	(-0,05)±0,22	-0,09	(-0,32)-0,48	-	-		
MAZ (msn)	31,00±12,49	30	10-80	-	-		
BS (°/sn)	H-Sağ	133,30±22,74	132	88-205	0,781	-	
	H-Sol	130,50±20,83	130,5	95-192			
	V-Yukarı	118,56±25,03	117	85-188			
	V-Aşağı	121,06±24,66	120,5	80-217	0,719		
	S-Sağ	124,76±16,73	126	83-161			
	S-Sol	123,62±19,03	122,5	84-175	0,449		
	H-ORT.	131,90±21,39	131	93-198,5			
	V-ORT.	119,81±23,99	120	84,5-201			-
	S-ORT.	124,19±17,09	123,5	86,5-160			
DGK (logMAR)	H-Sağ	0,07±0,18	0,10	(-0,28)-0,36	0,649	-	
	H-Sol	0,07±0,17	0,11	(-0,24)-0,36			
	V-Yukarı	0,10±0,16	0,12	(-0,20)-0,32			
	V-Aşağı	0,11±0,18	0,14	(-0,20)-0,40	0,436		
	S-Sağ	0,11±0,17	0,18	(-0,30)-0,36			
	S-Sol	0,12±0,17	0,20	(-0,26)-0,32	0,615		
	H-ORT.	0,07±0,17	0,07	(-0,26)-0,36			
	V-ORT.	0,11±0,16	0,11	(-0,20)-0,36			-
	S-ORT.	0,12±0,17	0,17	(-0,28)-0,33			

DGKT: Dinamik Görsel Keskinlik Testi, SGK: Statik Görsel Keskinlik, H: Horizontal, V: Vertikal, S: Sagittal, MAZ: Minimal Algılama Zamanı, BS: Bakış Stabilizasyon, H-ORT.: Sağ ve Sol Yönde Olan Değerlerin Ortalaması, V-ORT.: Yukarı ve Aşağı Yönde Olan Değerlerin Ortalaması, S-ORT.: Sagittal yönde Sağ ve Sol değerlerin Ortalaması,  $\bar{X}$ : Ortalama Değer, SS: Standart Sapma,  $p^a$ : Mann Whitney U Test,  $p^b$ : Kruskal Wallis Test,  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

Çalışmaya dahil edilen katılımcıların, ortalama SGK değeri; (-0,05) logMAR, ortalama MAZ değeri 31,00 msn olarak bulunmuştur. BST'nde horizontal planda ortalama 131,90 °/sn, vertikal planda ortalama 119,81 °/sn ve sagittal planda ortalama 124,19 °/sn olarak bulunmuştur. DGKT'inde katılımcılara ait görme keskinliği değerleri, horizontal düzlemde ortalama 0,07 logMAR, vertikal düzlemde ortalama 0,11 logMAR, sagittal düzlemde ortalama 0,12 logMAR olarak bulunmuştur.

DGK ve BST'inde, horizontal, vertikal ve sagittal düzlemlere ait değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Kruskal Wallis Testi:  $p>0,05$ ). Buna ek olarak, DGK ve BST değerlendirmelerinde, horizontal düzlemde sağ ve sol yön, vertikal düzlemde yukarı ve aşağı yön, sagittal düzlemde sağ ve sol yön arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Mann Whitney U Testi,  $p>0,05$ ). DGK bataryasında uygulanan dinamik testlere ait verilerde uygulanan düzlem ve yön üstünlüğü bulunmamıştır.

Görsel keskinliği etkileyecek birincil nedenlerden birisi olan görme problemi ve gözlük/kontakt lens kullanımı açısından yapılan incelemelerde, MAZ, H-DGK, V-DGK ve S-DGK bulgularında görme problemi olmayanlar ile kontak lens kullananlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen ( $p>0,05$ ), gözlük kullananlar ile görme problemi olmayanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (Kruskal-Wallis testi,  $p<0,001$ ).

Gözlük kullanımının, görsel keskinlik üzerinde kontakt lens kullanımına göre daha fazla negatif etkisi olduğu görülmüştür. SGK ve BST'lerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

#### 4.4. Sanal Morris Su Labirent Testi Bulguları

SMSLT'nin, alıştırma bölümü (B-1) ve açık platform bölümüne (B-2) ait bulgular **Tablo 4.3**'de, gizli platform bölümü (B-3) ve araştırma bölümü'ne (B-4) ait bulgular **Tablo 4.4**'de detaylı olarak gösterilmiştir. SMSLT'inde süre verisi saniye (sn) ve yol verisi ise katedilen toplam yolun sanal havuzun çapına oranı olarak verilmiştir.

**Tablo 4.3.** SMSLT alıştırma (B-1) ve motor koordinasyon (B-2) bölümlerine ait bulgular

SMSLT Bulgular-1	Katedilen Yol <sup>#</sup>			Süre (sn)		
	$\bar{X}\pm SS$	O	Değer Aralığı	$\bar{X}\pm SS$	O	Değer Aralığı
B-1 D-1	1,24±0,32	1,28	0,27 1,67		-----	
D-2	0,78±0,19	0,69	0,59 1,42	32,98±10,29	27,28	24,58 60,01
B-2 D-3	0,52±0,26	0,39	0,21 1,47	22,23±11,93	15,88	14,38 60,01
D-4	0,65±0,17	0,58	0,55 1,47	25,62±7,84	22,30	20,85 60,01
D-5	0,73±0,30	0,58	0,52 1,68	30,03±12,80	23,90	19,81 60,01

$\bar{X}$ : Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, O: Ortanca değer, #: Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı

**Tablo 4.4.** SMSLT uzamsal öğrenme (B-3) ve uzamsal hafıza (B-4) bölümlerine ait bulgular

SMSLT Bulguları-2	Katedilen Yol <sup>#</sup>				Süre (sn)			
	$\bar{X}\pm SS$	O	Değer Aralığı	$p^a$	$\bar{X}\pm SS$	O	Değer Aralığı	$p^a$
D 6-9	1,28±0,24	1,29	0,72 1,80		49,58 ±8,41	49,70	34,79 60,00	
B-3 D 10-13	0,58±0,31	0,48	0,30 1,46	100,0 <sup>^</sup>	23,69 ±14,63	16,84	11,29 60,00	100,0 <sup>^</sup>
D 14-17	0,69±0,18	0,61	0,48 1,29		27,95 ±11,18	22,19	19,03 56,21	
D 18-21	0,31±0,11	0,27	0,23 0,63		13,29 ±7,81	10,18	8,58 51,86	
B-4 D 22	1,64±0,24	1,70	0,68 2,00	--		-----		
ÜST. DEĞ.	45,89±5,03	47,78	29,99 52,34	--		-----		

$\bar{X}$ : Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, O: Ortanca değer, #: Katedilen yol uzunluğunun sanal havuz çapına oranı, a: rmANOVA,  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

#### 4.4.1. Alıştırma Bölümü (B-1)

Bu bölümde her katılımcıya, başlık takılı halde sanal ortama adaptasyonu ve kumanda koordinasyonunu sağlamasının yanı sıra, test protokolünün anlatılması ve sanal havuzun keşfinin sağlanması açısından 60 sn süre verilmiştir. Verilen 60 sn süre içerisinde katılımcılar tarafından ortalama 1,24±0,32 birim yol kat edilmiştir.

Keşif deneyi açısından cinsiyet, yaş ve belirtilen diğer demografik parametreler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

#### 4.4.2. Açık Platform Bölümü (B-2)

Platformların farklı yerlerde bulunduğu 4 farklı denemeden oluşan bu bölümde, katılımcılardan 60 sn süre içerisinde platforma hareket etmeleri ve görünebilen platforma ulaşmaları istenmiştir. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların, 4 farklı deneme için ortalama kat ettikleri yol ve platforma ulaşma süreleri *bknz. Tablo 4.3*'de gösterilmiştir.

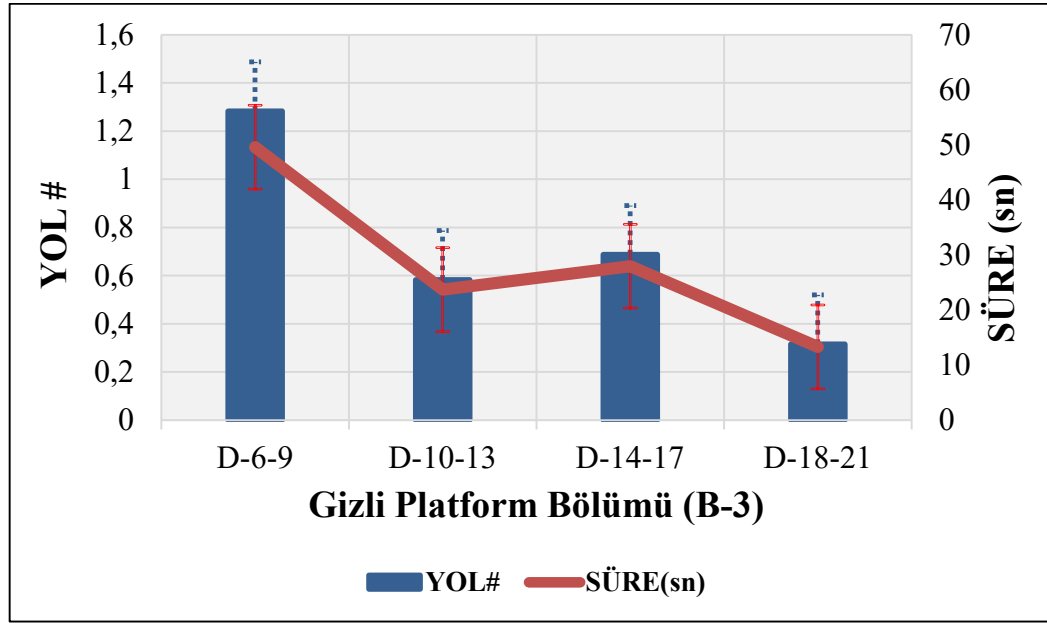
Açık platforma ortalama ulaşma süreleri ve katedilen yol ile demografik parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

#### 4.4.3. Gizli Platform Bölümü (B-3)

Platformun sabit bir koordinatta gizlendiği, katılımcıların gizli platformu bulmasını istendiği ve 16 deneyden oluşan bu bölümde, katılımcılara her bir deney için 60 sn süre verilmiş ve her deneyde sanal havuzun farklı bir bölümden tekrar teste başlamışlardır. Onaltı deneyin süre ve katedilen yol açısından istatistiksel analizleri, sırasıyla 4'er gruplandırılarak ve ortalamaları alınması ile yapılmıştır. Buna göre, Deney 6, 7, 8 ve 9'a (D-6-9) ait süre ve katedilen yol ortalama değerleri sırasıyla;  $49,58\pm 8,41$  sn ve  $1,28\pm 0,24$  birim olarak hesaplanmıştır. Deney 10, 11, 12 ve 13'e (D-10-13) ait süre ve katedilen yol ortalama değerleri sırasıyla;  $23,69\pm 14,63$  sn ve  $0,58\pm 0,31$  birim olarak hesaplanmıştır. Deney 14, 15, 16 ve 17'e (D-14-17) ait süre ve katedilen yol ortalama değerleri sırasıyla;  $27,95\pm 11,18$  sn ve  $0,69\pm 0,18$  birim olarak hesaplanmıştır. Son olarak, Deney 18, 19, 20 ve 21'e (D-18-21) ait süre ve katedilen yol ortalama değerleri sırasıyla;  $13,29\pm 7,81$  sn ve  $0,31\pm 0,11$  birim olarak hesaplanmıştır.

Bu bölümde 16 denemeye ait ve dörtlü gruplar içinde incelenen ortalama katedilen yol ve harcanan zaman verileri tekrarlayan ölçümler tek yönlü ANOVA testi (*rm*ANOVA) yapılarak aralarında fark olup olmadığı analiz edilmiştir. Tekrarlayan 4 farklı ölçüm gruplarında, katılımcılara arasında performans düzeyleri açısından anlamlı fark bulundu [Yol:  $F(3,109) = 214$ ,  $p<0,001$  ve Süre:  $F(3,116) = 243$ ,  $p<0,001$ ]. D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 grupları arasındaki farkların

incelenmesi için Bonferroni çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Buna göre D-10-13 ile D-14-17 arasında istatistiksel olarak fark yok iken ( $p>0,05$ ), diğer ikili karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0,001$ ).



**Şekil 4.1.** Gizli platform bölümünde (B-3) tekrarlı ölçümler arasındaki farkın gösterildiği çizgi grafiği. #: Katedilen yolun sanal havuz çapına oranı, sn: Saniye

D-6-9'dan (Yol:  $\bar{X}= 1,28$  ve Süre:  $\bar{X}= 49,58$ ) D-10-13'e (Yol:  $\bar{X}= 0,58$  ve Süre:  $\bar{X}= 23,69$ ) geçerken azalma var iken, D-14-17'ye (Yol:  $\bar{X}= 0,69$  ve Süre:  $\bar{X}= 27,95$ ) artış görülmesine rağmen, D-18-21'e (Yol:  $\bar{X}= 0,31$  ve Süre:  $\bar{X}= 13,29$ ) geçişte tekrar düşüş gözlenmiştir (Şekil 4.1). Bulgular sonucunda, ilk 4 bölümde gizli platformun katılımcıların çoğu tarafından henüz bulunmadığı, ancak katılımcıların uzamsal öğrenme becerilerinin farklılık gösterdikleri bölümler 10 ile 17'nci denemeler arası olduğu düşünülmüştür. Son 4 bölümde ise uzamsal öğrenmenin katılımcıların çoğu açısından gerçekleştiği görülmektedir.

Gizli platforma ait yol ve süre verileri ile demografik gruplar açısından fark olup olmadığı tekrarlı ölçümler *rmANOVA* testi yapılarak analiz edilmiştir. Buna göre cinsiyet, baskın el, VKİ, günlük uyku süresi, alkol kullanım sıklığı, gözlük/kontakt lens kullanımı, spor yapma durumu, oyun oynama deneyimi demografik grupları ile istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

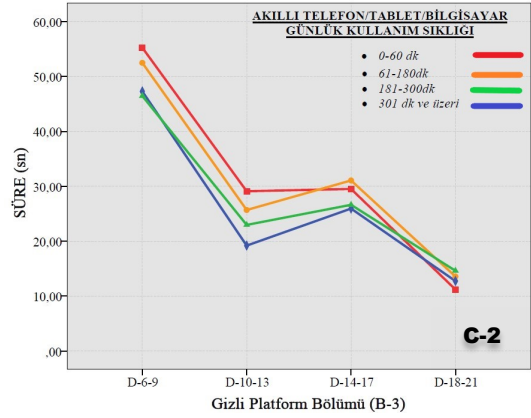
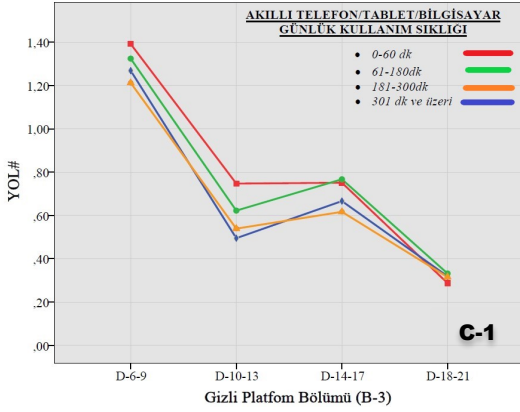
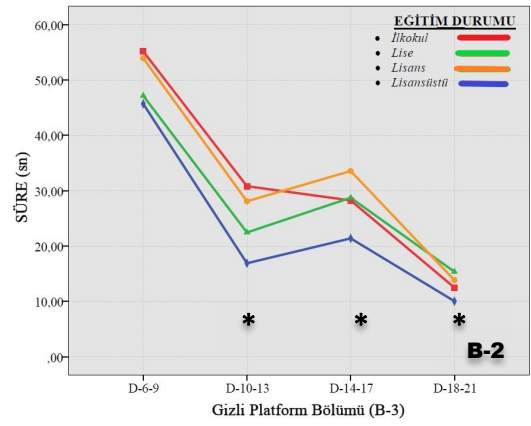
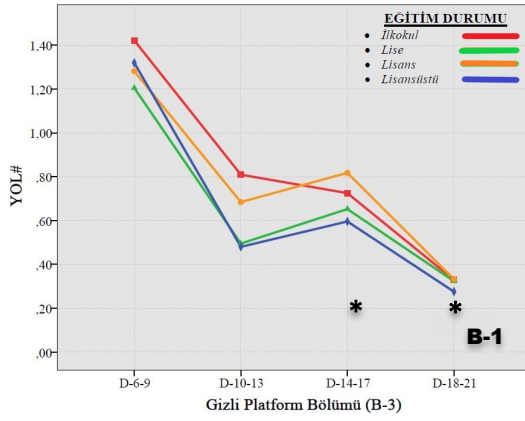
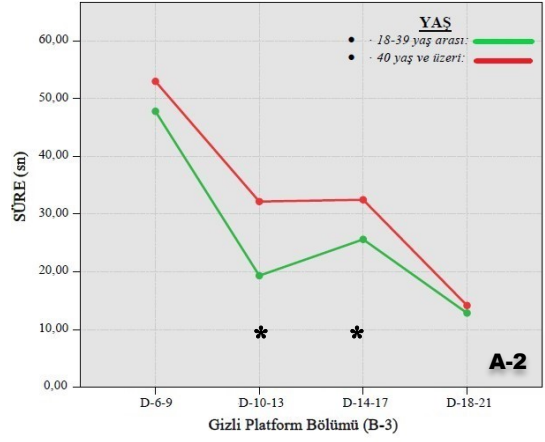
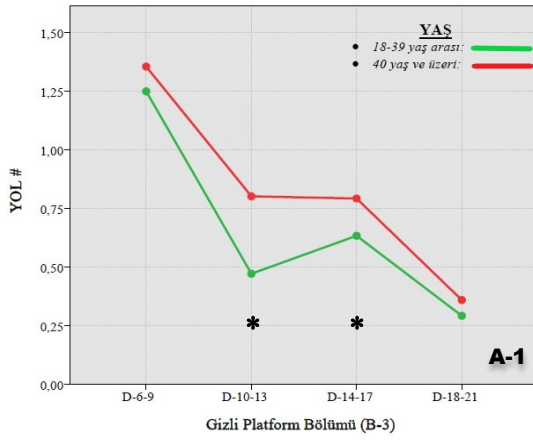
Yaş grupları ile tekrarlayan 4 farklı ölçümde katedilen yol ve süre açısından katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu [Yol:  $F(3,144)=5,7$ ;  $p=0,008$  ve Süre:  $F(3,144)=6$ ,  $p<0,001$ ]. Yaş grupları açısından bu farklılık sadece D-10-13 ve D-14-17’de anlamlı olarak bulundu ( $p<0,05$ ). Bulgular neticesinde, uzamsal öğrenme becerilerinin 40 yaş ve üzerinde süre açısından gecikme ve yol açısından da artış ile birlikte olumsuz etkilendiği düşünülmüştür (**Şekil 4.2.A-1 ve 2**).

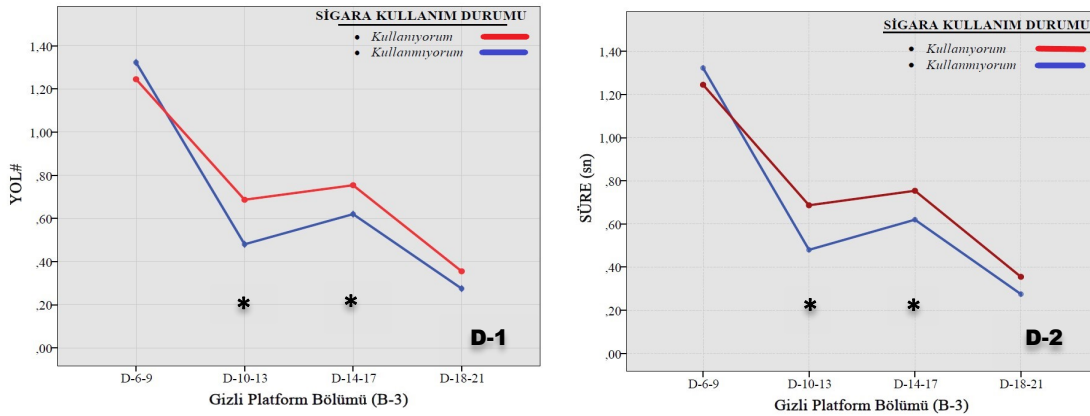
Eğitim durumu ile tekrarlayan 4 farklı ölçümde süre açısından katılımcılar arasında anlamlı fark bulunmasına rağmen [ $F(9,138)=2$ ,  $p=0,044$ ], katedilen yol açısından anlamlı fark bulunmadı ( $p>0,05$ ). Sadece lisansüstü mezunları ile lisans mezunları arasında anlamlı fark görülmesi ( $p=0,011$ ) ve bu durumun 4 ölçüm grubunda D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 bölümlerinde olması, eğitim düzeyi artışının uzamsal öğrenme becerilerini pozitif etkilemesinden ziyade, farklı demografik özelliklerin de rol oynadığını düşündürmektedir (**Şekil 4.2.B-1 ve 2**).

Günlük akıllı telefon/tablet ve bilgisayar kullanım süresi ile tekrarlayan 4 farklı ölçümde yol ve süre açısından katılımcılar arasında anlamlı fark bulunmamasına rağmen ( $p>0,05$ ), kullanım süresi artışı ile uzamsal becerilerin kısmen pozitif etkilendiği düşünülmüştür (**Şekil 4.2.C-1 ve 2**).

Sigara kullanım durumu ile tekrarlayan 4 ölçümde yol ve süre açısından katılımcılar arasında anlamlı fark bulundu [Yol ve Süre:  $F(3,144)=5$ ,  $p<0,01$ ]. Sigara kullanımının, yol ve süre açısından D-6-9 ve D-18-21 hariç diğer bölümlerde anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Bu bulgular ile sigara kullanımının uzamsal öğrenme becerilerini olumsuz etkilediği düşünülmüştür (**Şekil 4.2.D-1 ve 2**).







**Şekil 4.2.** Gizli platform bölümünde (B-3) tekrarlı ölçümler ile yaş (A-1 ve A-2), eğitim durumu (B-1 ve B-2), akıllı telefon tablet kullanımı (C-1 ve C-2) ve sigara kullanım durumu (D-1 ve D-2) demografik parametreler ile farkın gösterildiği çizgi grafikleri. #: Katedilen yolun sanal havuz çapına oranı. \*:  $p < 0,05$ .

#### 4.4.4. Araştırma Bölümü (B-4)

Araştırma bölümünde, katılımcıların 60 sn süre içerisinde kat ettikleri yol, gizli platform çeyreğinde harcanan zaman yüzdesi ve platform çeyreğinde geçirilen zamana göre üstünlük skoru (*preference score*) hesaplanmıştır. Buna göre, katılımcılara ait ortalama katedilen yol  $1,64 \pm 0,24$  birim, gizli platform çeyreğinde ortalama geçirilen zaman yüzdesi  $0,82 \pm 0,06$  ve ortalama üstünlük skoru  $45,89 \pm 5,03$  olarak bulunmuştur (*bknz. Tablo 3.6*).

Araştırma deneyinde katılımcılara ait ortalama kat ettikleri yol (Y-D-22) demografik özellikler açısından analiz edildiğinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

Üstünlük skoruna göre analiz edildiğinde, yaş gruplarına ait 18-39 ve 40 yaş ve üzeri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (Kruskal-Wallis testi,  $p = 0,020$ ).

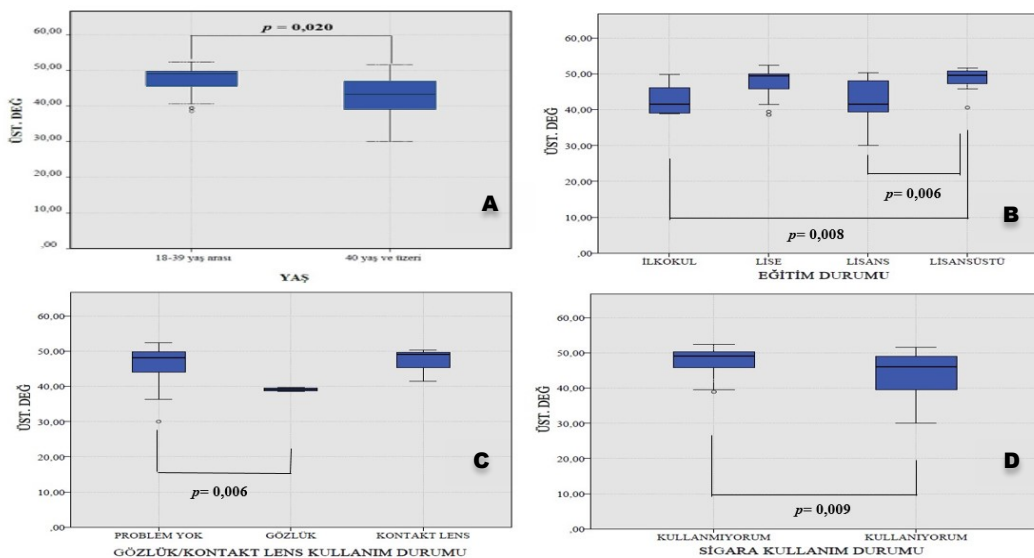
Eğitim durumuna göre “İlkokul” ve “Lisansüstü” grupları arasında ve “Lisansüstü” ile “Lisans” grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasına rağmen (Kruskal-Wallis testi,  $p = 0,006$  ve  $p = 0,008$ ), eğitim durumunun diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

Üstünlük skoru, gözlük/kontakt lens kullanımı açısından analiz edildiğinde, “Problem Yok” ve “Gözlük” arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmasına

rağmen (Kruskal-Wallis testi,  $p=0,006$ ), diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Üstünlük skoru sigara kullanımına göre analiz edildiğinde, “Kullanıyorum” ile “Kullanmıyorum” arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Mann Whitney U testi,  $p=0,009$ ). Bu grupların haricinde diğer demografik parametrelerin hiçbiri ile üstünlük skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Uzamsal hafıza becerilerinin, 40 yaşından itibaren olumsuz etkilendiği analizler sonucunda düşünüldü (Şekil 4.3.A). Uzamsal hafıza becerilerini etkileyen diğer etmenlerin etkisi de göz önünde bulundurulduğunda, eğitim seviyesi artışı ile paralellik göstermediği bulunmasına rağmen, ileri akademik seviyenin uzamsal hafıza becerilerini olumlu etkilediği düşünülmüştür (Şekil 4.3.B). Katılımcılar görme problemi olup gözlük veya kontak lens kullananlar ve görme problemi olmayan gruplar halinde ayrılarak, görme probleminin ve görmeye yardımcı kullanılan elemanların uzamsal hafızaya etkisi değerlendirildi. Analiz sonucunda, gözlük kullanımının ortalama üstünlük değerlerinin düşük olduğu, kontak lens kullananlar ile görme problemi olmayanlar arasında fark olmadığı görülmesinin, gözlük kullanımının uzamsal hafıza becerilerini etkilediğini düşündürmesinden ziyade, test kooperasyonunu etkilediğini düşündürmüştür (Şekil 4.3.C). Buna ek olarak sigara kullanımının da uzamsal hafızaya olumsuz etkisi olabileceği analizlerde bulunmuştur (Şekil 4.4.D)



Şekil 4.3. Araştırma bölümünde üstünlük değeri ile yaş (A), eğitim durumu (B), gözlük/kontakt lens kullanımı (C) ve sigara kullanım durumu (D) demografik parametreler ile farkın gösterildiği kutu grafikleri.

#### 4.5. DGKT Bataryası ve SMSLT

DGKT bataryasına ait veriler ile uzamsal öğrenme arasındaki ilişkinin araştırılması için demografik parametreler de göz önünde bulundurularak tekrarlı ölçümlerde marjinal modeller kullanıldı. Uzamsal hafıza ile ilişkinin incelenmesi için çoklu doğrusal regresyon metodu kullanılmıştır.

##### *Uzamsal Öğrenme (B-3)*

Her bir DGKT parametreleri ile yaş, eğitim durumu, sigara kullanım durumu, günlük akıllı telefon/tablet/bilgisayar kullanma süresi eş değişkenleri de kullanılarak D-6-21'e ait yol ve süre parametrelerini yordamak amacı ile marjinal modeller kurulmuştur.

SGK ile D-6-21'e ait yol ve süre verileri arasında kurulan modeller **Tablo 4.5** ve **Tablo 4.6**'de gösterilmiştir. Oluşturulan modellerde görüldüğü gibi SGK'nın yol ( $M.K.=0,002$ ) ve süre ( $M.K.=0,002$ ) değişkenine istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktu ( $p>0,05$ ). Ancak, yaşın her iki değişkene de istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmektedir ( $p=0,033$  ve  $p=0,021$ ).

**Tablo 4.5.** SGK ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler

<b>MODEL. 1</b>				
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>M.K.</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<i>Sabit</i>	0,291	0,101	3,226	<b>0,001</b>
<b>YAŞ</b>	0,005	0,003	2,015	<b>0,033</b>
<b>SGK</b>	0,002	0,002	1,151	0,175

**SGK:** Statik görsel keskinlik, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** YOL (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

**Tablo 4.6.** SGK ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler

<b>MODEL. 2</b>				
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>M.K.</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<i>Sabit</i>	0,302	0,102	3,251	<b>0,001</b>
<b>YAŞ</b>	0,006	0,003	2,060	<b>0,021</b>
<b>SGK</b>	0,002	0,003	1,166	0,151

**SGK:** Statik Görsel Keskinlik, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** SÜRE (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

MAZ ile D-6-21'e ait yol ve süre verileri arasında kurulan modeller **Tablo 4.7** ve **Tablo 4.8**'de gösterilmiştir. Oluşturulan modellerde görüldüğü gibi MAZ'ın yol ( $M.K.=0,003$ ) ve süre ( $M.K.=3,809$ ) değişkenine istatistiksel olarak anlamlı etkisi yoktu ( $p>0,05$ ). Ancak, sigara kullanım durumu ve FBS'nin süre değişkenine anlamlı etkisi olmasına rağmen ( $p<0,001$  ve  $p=0,047$ ), yaşın süre değişkenine etkisi yok iken ( $p=0,802$ ), yol değişkenine etkisi olduğu bulundu ( $p=0,025$ ).

**Tablo 4.7.** MAZ ve yaş bağımsız değişkeni ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler

<b>MODEL. 3</b>				
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>M.K.</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<i>Sabit</i>	0,392	0,113	3,469	<b>0,001</b>
<b>YAŞ</b>	0,006	0,003	2,239	<b>0,025</b>
<b>MAZ</b>	0,003	0,002	1,379	0,168

MAZ: Minimum Algılama Zamanı, M.K.: Model Katsayısı, Std.H.: Standart Hata  
Bağımlı Değişken: YOL (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

**Tablo 4.8.** MAZ, yaş, sigara kullanım durumu ve FBS bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modele ait veriler

<b>MODEL. 4</b>				
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>M.K.</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<i>Sabit</i>	14,984	4,592	3,263	<b>0,001</b>
<b>YAŞ</b>	0,034	0,136	0,251	0,802
<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	8,735	2,293	3,810	<b>&lt;0,001</b>
<b>FBS</b>	0,218	0,110	1,985	<b>0,047</b>
<b>MAZ</b>	3,810	0,104	0,470	0,639

MAZ: Minimum Algılama Zamanı, FBS: İz Sürme Testi Form-B süresi, M.K.: Model Katsayısı, Std.H.: Standart Hata  
Bağımlı Değişken: SÜRE (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

BST'inde horizontal, vertikal ve sagittal yönde en iyi görsel keskinlik perfonmanslarının ölçüldüğü en yüksek baş hızları ile D-6-21'e ait yol ve süre verileri arasında kurulan modeller **Tablo 4.9** ve **Tablo 4.10**'de gösterilmiştir. Buna göre, elde edilen en anlamlı modellerde BST bulgularının her üç planda da uzamsal öğrenmeye istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ). Ancak yaş faktörünün, bağımlı değişkenin yol parametresi olduğu 3 modelde de

(**Model 5.a, Model 5.b ve Model 5.c**) etkisi var iken (sırasıyla;  $p=0,036$ ,  $p=0,021$  ve  $p=0,035$ ), bağımlı değişkenin süre verisini içeren modellerde yaşın istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ). BST ile oluşturulan ve bağımlı değişkenin süre verisi olduğu modellerde (**Model 6.a, Model 6.b ve Model 6.c**) yaşın etkisi olmamasına rağmen, sigara kullanım durumu ve FBS'nin istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu bulundu ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.9.** BST'ine ait horizontal (Model 5.a), vertikal (Model 5.b) ve sagittal (Model 5.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler

<b>MODEL. 5</b>					
<b>Bağımsız</b>					
<b>Değişkenler</b>		<i>M.K.</i>	<i>Std.H.</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
<b>MODEL. 5.a</b>	<i>Sabit</i>	0,664	0,279	2,376	<b>0,017</b>
	<b>H-BS</b>				
	<b>YAŞ</b>	0,006	0,003	2,094	<b>0,036</b>
<b>MODEL. 5.b</b>	<b>H-BS</b>	-0,001	0,002	-0,795	0,427
	<i>Sabit</i>	0,566	0,204	2,782	<b>0,005</b>
	<b>YAŞ</b>	0,007	0,003	2,308	<b>0,021</b>
<b>MODEL. 5.c</b>	<b>V-BS</b>	-0,0007	0,001	-0,690	0,490
	<i>Sabit</i>	0,691	0,302	2,286	<b>0,022</b>
	<b>YAŞ</b>	0,007	0,003	2,106	<b>0,035</b>
<b>S-BS</b>	<b>S-BS</b>	-0,002	0,002	-0,850	0,395

**H-BS:** Horizontal Bakış Stabilizasyon, **V-BS:** Vertikal Bakış Stabilizasyon, **S-BS:** Sagittal Bakış Stabilizasyon, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** YOL (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

**Tablo 4.10.** BST'ine ait horizontal (Model 6.a), vertikal (Model 6.b) ve sagittal (Model 6.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş, sigara kullanım durumu ve FBS bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modellere ait veriler

<b>MODEL. 6</b>					
<b>Bağımsız Değişkenler</b>		<i>M.K.</i>	<i>Std.H.</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
<b>MODEL. 6.a</b> <b>H-BS</b>	<i>Sabit</i>	18,487	11,883	1,555	0,120
	<b>YAŞ</b>	0,031	0,137	0,229	0,819
	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	8,891	2,266	3,924	<b>&lt;0,001</b>
	<b>FBS</b>	0,225	0,113	-0,240	<b>0,046</b>
	<b>H-BS</b>	-0,017	0,069	0,069	0,810
	<i>Sabit</i>	15,009	8,262	1,817	0,069
	<b>YAŞ</b>	0,043	0,142	0,303	0,762
	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	8,898	2,278	3,905	<b>&lt;0,001</b>
	<b>FBS</b>	0,235	0,101	2,334	<b>0,020</b>
	<b>V-BS</b>	0,004	0,047	0,098	0,422
<b>MODEL. 6.c</b> <b>S-BS</b>	<i>Sabit</i>	29,001	12,270	2,364	<b>0,018</b>
	<b>YAŞ</b>	-0,010	0,140	0,072	0,943
	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	9,026	2,268	3,980	<b>&lt;0,001</b>
	<b>FBS</b>	0,216	0,104	2,070	<b>0,038</b>
	<b>S-BS</b>	-0,089	0,077	1,150	0,250

**H-BS:** Horizontal Bakış Stabilizasyon, **V-BS:** Vertikal Bakış Stabilizasyon, **S-BS:** Sagittal Bakış Stabilizasyon, **FBS:** İz Sürme Testi Form-B süresi, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** SÜRE (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21), **p<0,05:** İstatistiksel olarak anlamlı

DGKT'inde horizontal, vertikal ve sagittal yöndeki en iyi görsel keskinlik değerleri ile D-6-21'e ait yol ve süre verileri arasında kurulan modeller **Tablo 4.11** ve **Tablo 4.12**'de gösterilmiştir. Buna göre, bağımlı değişkenin yol olduğu modellerde (**Model 7.a, Model 7.b ve Model 7.c**) DGK bulgularının her üç planda da (H-DGK; *M.K.*=0,309, V-DGK; *M.K.*=0,300, S-DGK; *M.K.*=0,268) uzamsal öğrenmeye istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ). Ancak yaş faktörünün, yol parametresi üzerinde 2 modelde (**Model 7.b ve Model 7.c**) istatistiksel olarak anlamlı etkisi var iken (sırasıyla;  $p=0,031$  ve  $p=0,017$ ), **Model**

7.a'da istatistiksel olarak anlamlı etkisi olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ). DGK ile oluşturulan ve bağımlı değişkenin süre verisi olduğu modellerde (**Model 8.a, Model 8.b ve Model 8.c**), H-DGK ( $M.K.=22,733$ ), V-DGK ( $M.K.=18,787$ ) ve S-DGK'nın ( $M.K.=13,341$ ) süre değişkeninde ayrı ayrı istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu bulundu (sırasıyla;  $p=0,001$ ,  $p=0,013$  ve  $p=0,048$ ). Buna ek olarak her üç modelde de diğer bağımsız değişkenlerden sigara kullanımının istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunmasına rağmen ( $p<0,05$ ), yaşın istatistiksel olarak süre bağımlı değişkenine etkisi bulunmadı ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.11.** DGKT'ine ait horizontal (Model 7.a), vertikal (Model 7.b) ve sagittal (Model 7.c) planlarda elde edilen görme keskinliği, yaş bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait yol bağımlı değişkeni ile kurulan modellere ait veriler

<b>MODEL. 7</b>						
<b>Bağımsız</b>						
<b>Değişkenler</b>						
		<i>M.K.</i>	<i>Std.H.</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	
<b>MODEL. 7.a</b>	<i>Sabit</i>	0,512	0,107	4,786	<b>&lt;0,001</b>	
	<b>H-DGK</b>	YAŞ	0,005	0,003	1,644	0,100
	<b>H-DGK</b>		0,309	0,197	1,649	0,118
<b>MODEL. 7.b</b>	<i>Sabit</i>	0,463	0,100	4,623	<b>&lt;0,001</b>	
	<b>V- DGK</b>	YAŞ	0,006	0,003	2,160	<b>0,031</b>
	<b>V- DGK</b>		0,300	0,185	1,620	0,105
<b>MODEL. 7.c</b>	<i>Sabit</i>	0,443	0,101	4,389	<b>&lt;0,001</b>	
	<b>S-DGK</b>	YAŞ	0,268	0,003	2,395	<b>0,017</b>
	<b>S-DGK</b>		0,268	0,170	1,574	0,115

**H-DGK:** Horizontal Dinamik Görsel Kaskinlik, **V-DGK:** Vertikal Dinamik Görsel Kaskinlik, **S-DGK:** Sagittal Dinamik Görsel Kaskinlik, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** YOL (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21),  **$p<0,05$ :** İstatistiksel olarak anlamlı



**Tablo 4.12.** DGKT'ine ait horizontal (Model 8.a), vertikal (Model 8.b) ve sagittal (Model 8.c) planlarda elde edilen hız değerleri, yaş, sigara kullanım durumu bağımsız değişkenleri ve uzamsal öğrenmeye ait süre bağımlı değişkeni ile kurulan modelere ait veriler

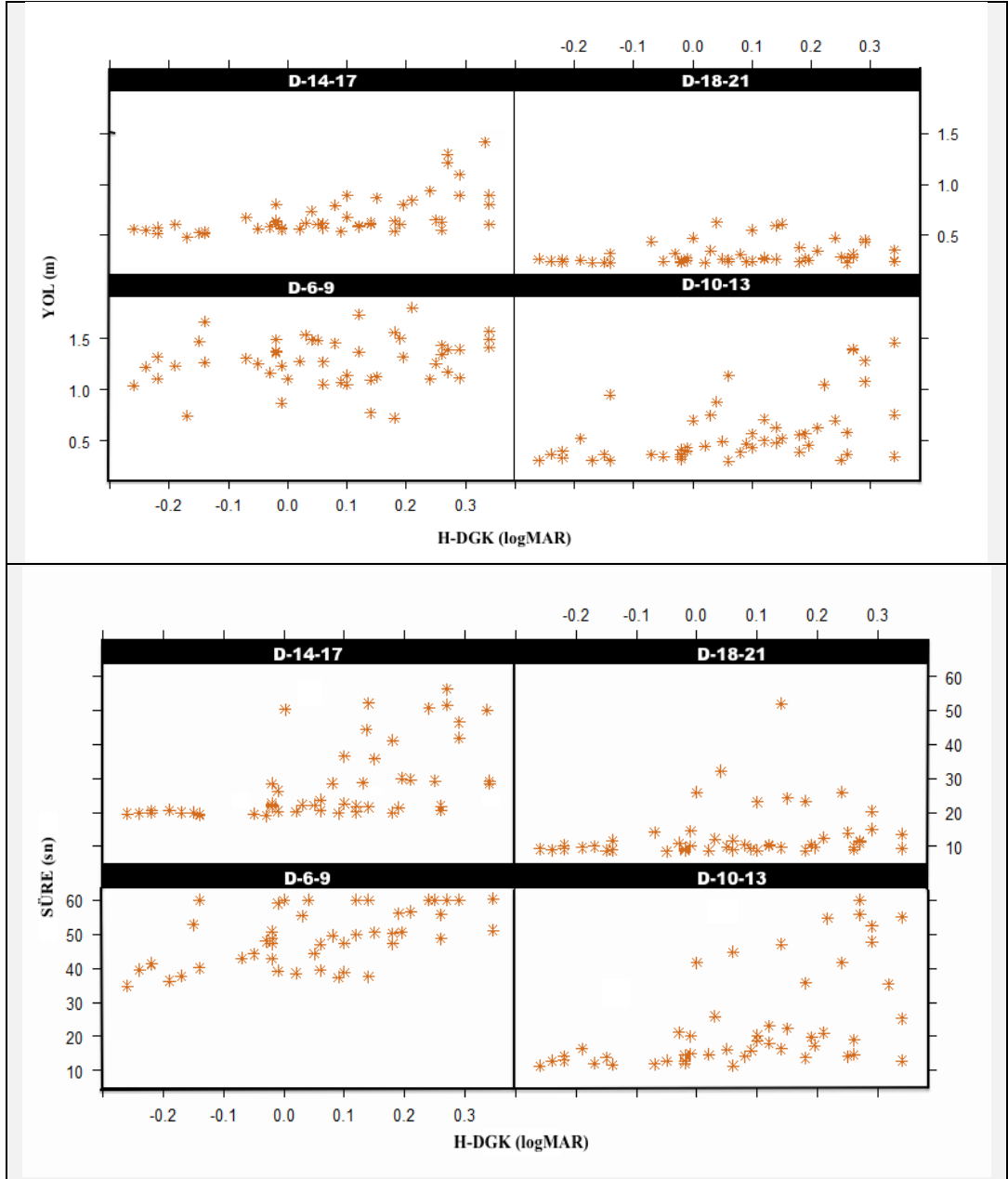
<b>MODEL. 8</b>					
<b>Bağımsız Değişkenler</b>					
		<i>M.K.</i>	<i>Std.H.</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
	<i>Sabit</i>	23,193	1,442	16,086	<b>&lt;0,001</b>
<b>MODEL. 8.a</b> <b>H-DGK</b>	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	7,760	2,353	3,299	<b>0,001</b>
	<b>H-DGK</b>	22,733	7,140	3,184	<b>0,001</b>
	<i>Sabit</i>	17,634	4,099	4,302	<b>&lt;0,001</b>
<b>MODEL. 8.b</b> <b>V- DGK</b>	<b>YAŞ</b>	0,151	0,117	1,290	0,197
	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	7,251	2,440	2,972	<b>0,003</b>
	<b>V- DGK</b>	18,787	7,544	2,490	<b>0,013</b>
	<i>Sabit</i>	16,173	4,114	3,931	<b>&lt;0,001</b>
<b>MODEL. 8.c</b> <b>S- DGK</b>	<b>YAŞ</b>	0,197	0,116	1,692	0,091
	<b>Sigara Kullanım Durumu</b>	7,974	2,399	3,324	<b>0,001</b>
	<b>S-DGK</b>	13,341	6,752	1,976	<b>0,048</b>
	<i>Sabit</i>	16,173	4,114	3,931	<b>&lt;0,001</b>

**H-DGK:** Horizontal Dinamik Görsel Kaskinlik, **V-DGK:** Vertikal Dinamik Görsel Kaskinlik, **S-DGK:** Sagittal Dinamik Görsel Kaskinlik, **M.K.:** Model Katsayısı, **Std.H.:** Standart Hata  
**Bağımlı Değişken:** SÜRE (D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21), **p<0,05:** İstatistiksel olarak anlamlı

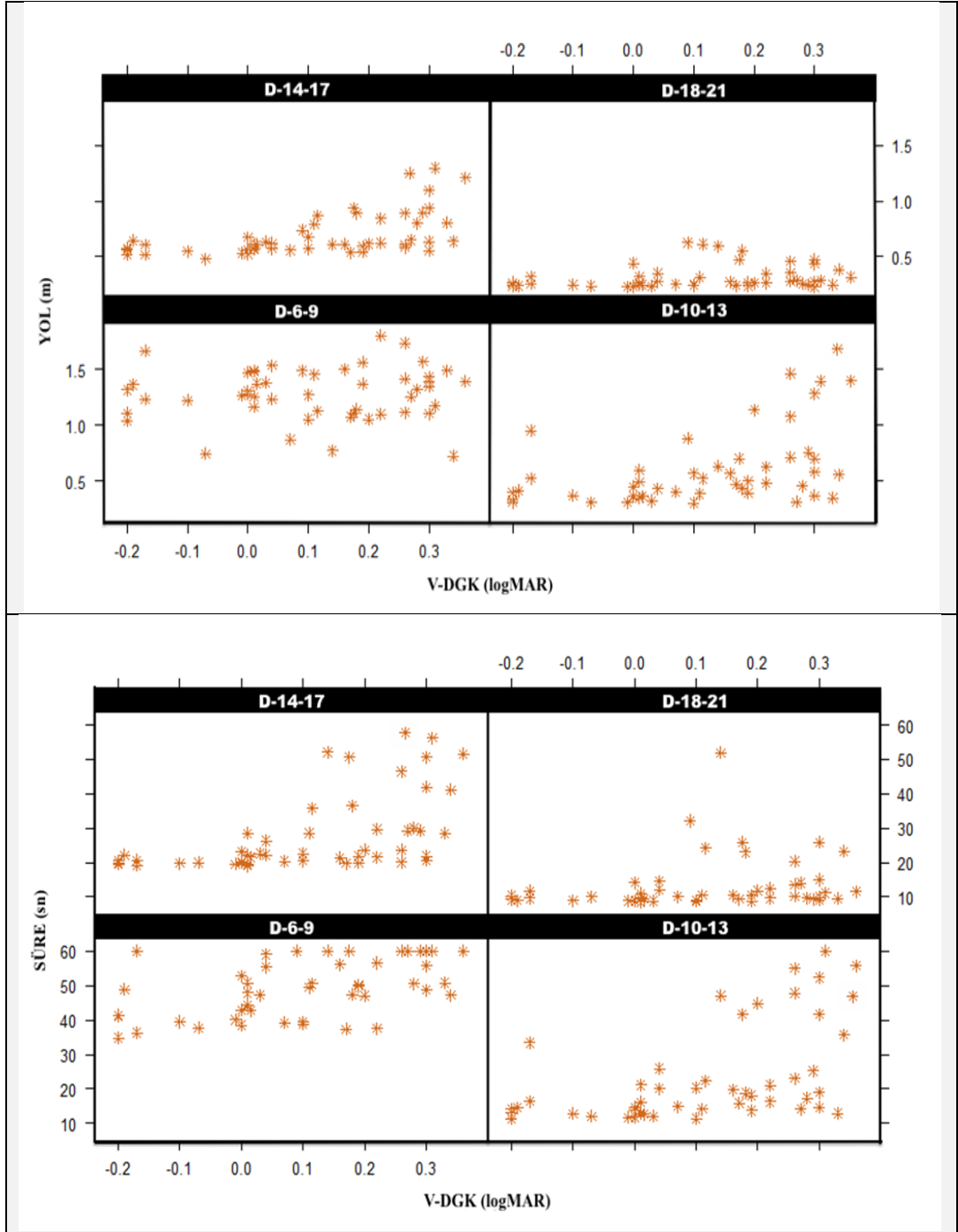
Uzamsal öğrenmenin yol ve süre üzerinden değerlendirildiği D-6-21 denemelerinde bulgularda da görüldüğü gibi, horizontal, vertikal ve sagittal planda uygulanan baş hareketlerine bağlı görme keskinliği performanlarının yol parametresine etkisi olmadığı, ancak süre parametrelerine etkileri olduğu düşünülmüştür. Onaltı denemenin 4'er ortalamalarının alınması ile yapılan incelemede Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de nokta dağılım grafiklerinde de görüldüğü gibi ilk dört ve son dört bölümde (D-6-9 ve D-18-21), Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de gösterilen diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda görsel keskinliğin etkisinin olmadığı görülmesine rağmen D-10-13 ve D-14-17 denemelerinde görüldüğü gibi görsel keskinliğin bozulması ile platformun bulunması için katedilen yol ve sürede artış görülmektedir.

Uzamsal öğrenmede dinamik görme keskinliği ve diğer değişkenlerin etkilerini görebildiğimiz D-10-13 ve D-14-17 ait denemelerdir. **Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6**'ye, bakıldığında yol parametresine de görme keskinliğinin etkisi görülmektedir. Her üç planda görsel keskinlikteki bir birim değişim yol parametresinde yaklaşık 0,30'luk bir değişime yol açtığı bulunmasına rağmen, bağımsız değişkenler ile kurulan modellerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (**MODEL 5.A-B**). Bunun yerine kurulan modellerde yaşın etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle 40 yaş ve üzeri katılımcılarda D-10-13 ve D-14-17 bölümlerinde 18-39 yaş arasına göre uzamsal öğrenmenin yol ve süre parametrelerine ait verilerin daha kötü olduğu **Şekil 4.2.A-1**'de görülmektedir.

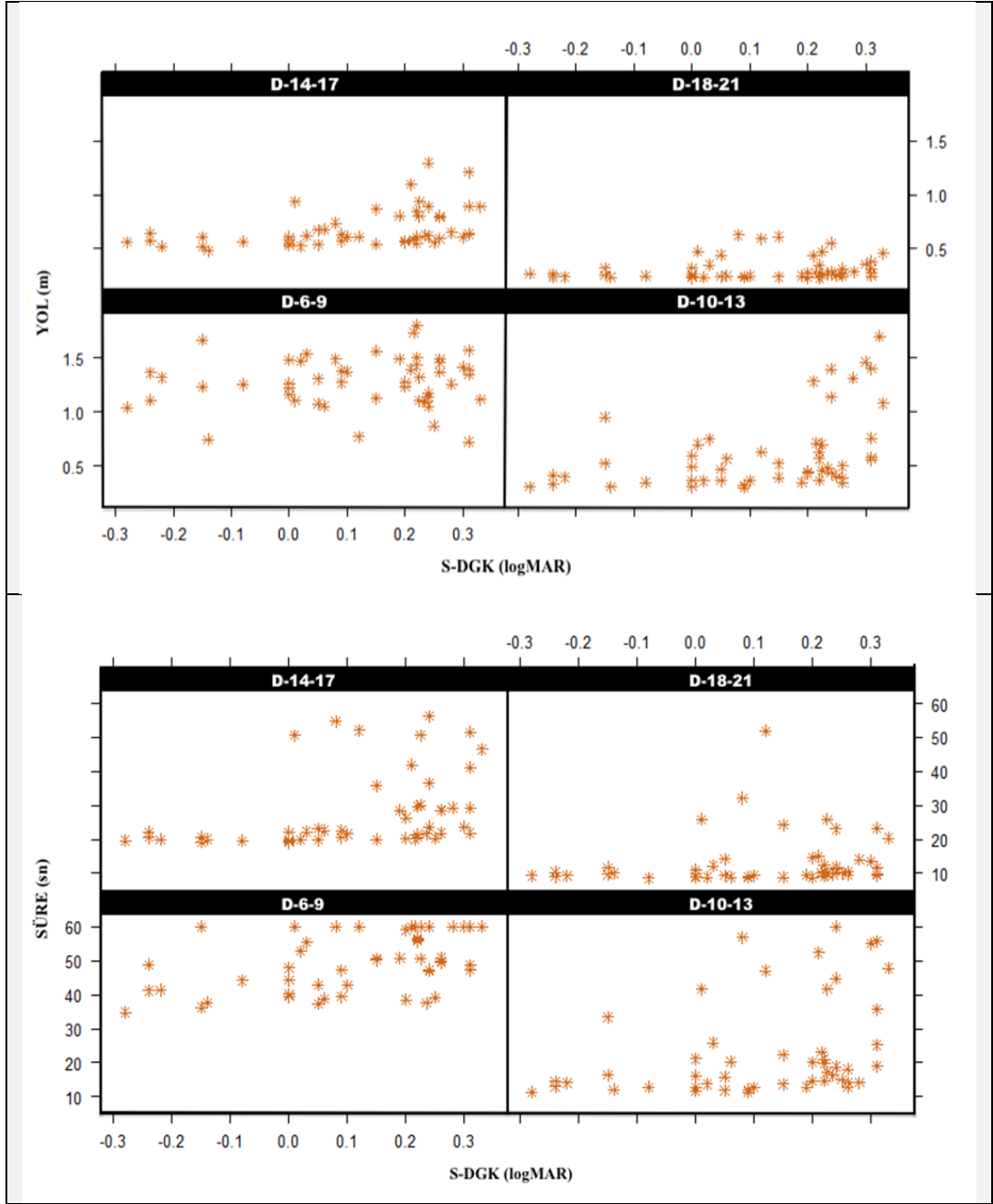
Uzamsal öğrenmenin diğer bir parametresi olan süre açısından modeller incelendiğinde, horizontal, vertikal ve sagittal planda, yaş ve sigara kullanım durumu değişkenleri sabit tutulduğunda görme keskinliklerinin artış göstermesi ile uzamsal öğrenmenin gerçekleşmesinde gecikmeye neden olduğu görülmektedir (**Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6**). Horizontal planda görsel keskinlikteki bir birim değişim süre parametresinde yaklaşık 22,73'lük, vertikal planda 18,79'luk ve sagittal planda 13,34'lük bir değişime yol açtığı görülmüş (**MODEL 6.A-B ve C estimate** değerler) ve tüm planlarda görme keskinliklerin yaklaşık olarak birbirine yakın olmasına rağmen H-DGK etkisinin daha fazla olduğu bulunmuştur. Buna ek olarak süre parametresine etkisi olan diğer değişkenlerden yaşın özellikle 40 yaş üzerinde uzamsal öğrenmeye diğer katılımcılara göre anlamlı negatif etkisi olduğu görülmektedir (**Şekil 4.2.A-2**). Yaş etkisine ek olarak sigara kullanımının uzamsal öğrenmenin yol ve süre parametresine etkisi olduğu, ancak oluşturulan modellerde horizontal, vertikal ve sagittal planda görme keskinlikleri ile sadece süre parametresine istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür (**Tablo 4.11**).



**Şekil 4.4.** H-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi



**Şekil 4.5.** V-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi



**Şekil 4.6.** S-DGK'in uzamsal öğrenmeye ait yol ve süre parametrelerine etkisinin D-6-9, D-10-13, D-14-17 ve D-18-21 denemelerinde etkisinin nokta dağılım grafiği ile gösterimi

#### *Uzamsal Hafıza (B-4)*

Her bir DGKT çıktıları ve demografik parametreler ile B-4' e ait Y-D-22 ve ÜST. DEĞ. değişkenlerin her biri ile yordamak amacı ile basit ve çoklu doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır.

Y-D-22 ve DGKT çıktılarının her biri ile yapılan basit doğrusal regresyon analiz sonucunda, SGK, MAZ, H-BS, V-BS, S-BS, H-DGK, V-DGK ve S-DGK değişkenlerinin ayrı ayrı Y-D-22 bağımlı değişkenini anlamlı şekilde yordamadığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

ÜST.DEĞ. yordamak amacı ile DGKT çıktıları ve yaş, eğitim durumu, gözlük/kontakt lens kullanımı ve sigara kullanım durumu demografik değişkenler ile çok değişkenli regresyon analizi kullanılmıştır. En anlamlı modelin oluşturulması için *stepwise* metodu kullanılmıştır.

DGKT çıktılarından SGK, MAZ ve 3 düzleme (H-BS, V-BS ve S-BS) ait BST bulgularının uzamsal hafıza parametrelerini anlamlı şekilde yordayan anlamlı bir model kurulamamıştır ( $p>0,05$ ).

H-DGK, yaş, sigara kullanım durumu, gözlük/kontakt lens kullanımı bağımsız değişkenleri ile ÜST.DEĞ. bağımlı değişkeninin yer aldığı çoklu regresyon analizi sonucunda,  $F(5,44)=14,324$ ;  $p<0,0001$  ve ÜST.DEĞ. değişkeninde varyansın %57,6'sını bağımsız değişkenler ile açıkladığı bulunmuştur (**Tablo 4.13**). Buna göre, H-DGK değişkeninin ÜST.DEĞ. değişkenini negatif ve anlamlı şekilde yordamaktadır,  $\beta=(-0,502)$ ;  $t(44)=(-4,102)$ ;  $p<0,001$ ;  $r=(-0,445)$ . Ayrıca, sigara kullanım durumu ÜST.DEĞ. değişkenini anlamlı şekilde yordamaktadır,  $\beta=(-0,198)$ ;  $t(44)=(-2,031)$ ;  $p=0,048$ ;  $r=(-0,101)$ . Ancak, yaş ve gözlük/kontakt lens kullanımı ÜST.DEĞ. bağımsız değişkenini yordamadığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

V-DGK ve yaş değişkenlerinin yer aldığı çoklu regresyon analizi sonucunda,  $F(2,47)= 34,142$ ;  $p<0,0001$  ve ÜST.DEĞ. değişkeninde varyansın %57,5'ünü bağımsız değişkenler ile açıkladığı bulunmuştur (**Tablo 4.14**). Buna göre, V-DGK değişkeninin ÜST.DEĞ. değişkenini negatif ve anlamlı şekilde yordamaktadır,  $\beta=(-0,598)$ ;  $t(47)=(-6,104)$ ;  $p<0,0001$ ;  $r=(-0,445)$ . Ayrıca, yaş değişkeni de ÜST.DEĞ. değişkenini negatif ve anlamlı şekilde yordamaktadır,  $\beta=(-0,333)$ ;  $t(47)=(-3,404)$ ;  $p<0,0001$ ;  $r=(-0,565)$ .

S-DGK, yaş, eğitim durumu, gözlük/kontakt lens kullanımı ve sigara kullanım durumunun değişkenlerinin yer aldığı çoklu regresyon analizi sonucunda,  $F(5,44)=12,012$ ;  $p<0,0001$  ve ÜST.DEĞ. değişkeninde varyansın %52,9'unu bağımsız değişkenler ile açıkladığı bulunmuştur (**Tablo 4.15**). Buna göre, SDGK değişkeninin ÜST.DEĞ. değişkenini negatif ve anlamlı şekilde yordamaktadır,  $\beta=(-$

0,359);  $t(44)=(-3,277)$ ;  $p=0,002$ ;  $r=0,443$ . Ayrıca, yaş ve gözlük kullanımı da ÜST.DEĞ. değişkenini negatif ve anlamlı şekilde yordamaktadır, Yaş;  $\beta=(-,408)$ ;  $t(44)=(-3,916)$ ;  $p<0,0001$ ;  $r=(-0,508)$  ve Gözlük Kullanımı;  $\beta=(-0,248)$ ;  $t(44)=(-2,399)$ ;  $p=0,021$ ;  $r=(-0,340)$ . Ancak, sigara kullanımı ve kontakt lens kullanımı ÜST.DEĞ. bağımsız değişkenini yordamadığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Uygulanan plana göre değerlendirildiğinde, vertikal planda DGK değerinin uzamsal hafızaya etkisinin horizontal ve sagittal plana göre daha yüksek olduğu, sagittal planda ise diğerlerine göre daha düşük olduğu çoklu regresyon modellerinde anlaşılmaktadır. H-DGK, V-DGK ve S-DGK bulguları arasında istatistiksel fark olmamasına rağmen uzamsal öğrenmeye etkisinin farklı olması dikkat çekici olmaktadır.

**Tablo 4.13.** H-DGK, yaş, sigara kullanımı ve gözlük/kontakt lens kullanımı bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler

<b>MODEL. 9</b>						
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>B</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Beta</b>	<b>t</b>	<b>p</b>	<b>r</b>
<b>(Constant)</b>	51,925	2,023		25,670	<b>&lt;0,0001</b>	
<b>H-DGK</b>	-15,135	3,690	-0,502	-4,102	<b>&lt;0,001</b>	-0,445
<b>YAŞ</b>	-0,106	0,054	-0,223	-1,944	0,058	-0,056
<b>Sigara Kullananlar</b>	-1,969	0,970	-0,198	-2,031	<b>0,048</b>	-0,101
<b>Gözlük Kullanan</b>	-3,422	1,867	-0,187	-1,832	0,074	-0,116
<b>Kontakt Lens Kullanan</b>	-0,145	1,830	-0,008	-0,079	0,937	-0,003

**H-DGK:** Horizontal Dinamik Görsel Keskinlik, **Std.H.:** Standart Hata, **r:** Kısmi Korelasyon  
**Bağımlı Değişken:** ÜST. DEĞ.,  $R^2= 0,576$   $F(5,44)= 14,324$ ;  $p<0,05$ : İstatistiksel olarak anlamlı

**Tablo 4.14.** V-DGK ve bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler

<b>MODEL.10</b>						
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>B</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Beta</b>	<b>t</b>	<b>p</b>	<b>r</b>
<b>(Constant)</b>	53,480	1,635		32,700	<b>&lt;0,0001</b>	
<b>V-DGK</b>	-18,496	3,030	-0,598	-6,104	<b>&lt;0,0001</b>	-0,445
<b>YAŞ</b>	-0,158	0,047	-0,333	-3,404	<b>&lt;0,001</b>	-0,565
<b>V-DGK: Vertikal Dinamik Görsel Keskinlik, Std.H.: Standart Hata, r: Kısmi Korelasyon</b>						
<b>Bağımlı Değişken: ÜST. DEĞ. R<sup>2</sup>= 0,575 F(2,47)=34,142; p&lt;0,05: İstatistiksel olarak anlamlı</b>						

**Tablo 4.15.** S-DGK, yaş, sigara kullanımı ve gözlük/kontakt lens kullanımı bağımsız değişkenleri ile ÜST. DEĞ. bağımlı değişkeni içeren çoklu regresyon modeline ait veriler

<b>MODEL.11</b>						
<b>Bağımsız Değişkenler</b>	<b>B</b>	<b>Std.H.</b>	<b>Beta</b>	<b>t</b>	<b>p</b>	<b>r</b>
<b>(Constant)</b>	55,393	1,866	-	29,678	<b>&lt;0,0001</b>	-
<b>S-DGK</b>	-10,829	3,304	-0,359	-3,277	<b>0,002</b>	-0,443
<b>YAŞ</b>	-0,194	0,049	-0,408	-3,916	<b>&lt;0,0001</b>	-0,508
<b>Sigara Kullananlar</b>	-2,060	1,028	-0,207	-2,004	0,051	-0,289
<b>Gözlük Kullanan</b>	-4,555	1,899	-0,248	-2,399	<b>0,021</b>	-0,340
<b>Kontakt Lens Kullanan</b>	-0,547	1,921	-0,030	-0,285	0,777	-0,043
<b>S-DGK: Sagittal Dinamik Görsel Keskinlik, Std.H.: Standart Hata, r: Kısmi Korelasyon</b>						
<b>Bağımlı Değişken: ÜST. DEĞ. R<sup>2</sup>= 0,529 F(5,44)= 12,012; p&lt;0,05: İstatistiksel olarak anlamlı</b>						

#### 4.6. Sanal Gerçeklik ve Belirtiler

Sanal gerçeklik protokolünün uygulanmasının ardından en sık tetiklenenler okülomotor belirtilerden baş ağrısı (%28) ve göz yorgunluğu (%88) ve oryantasyon bozukluğu belirtilerinden baş dolgunluğu (%20) ve dizzy (%22) belirtileri olmuştur. Bu belirtilerin haricinde ortaya çıkan ve sıklıkları daha az olan belirtiler **Tablo 4.16**'de gösterilmiştir.

Sanal gerçeklik protokolünün uygulanmasının ardından ortaya çıkan ve frekansı yüksek olan farklı belirti varlığının cinsiyetler arası ve yaş grupları arasındaki fark Ki-Kare testi ile değerlendirilmiştir. Cinsiyetler arasında ve yaş grupları arasında beş belirti için de anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).



**Tablo 4.16.** Sanal gerçeklik protokolü sonrası katılımcılarda ortaya çıkan belirtilerin sıklığı ve yüzdeleri

VR ve BELİRTİLER	HAYIR		EVET		N	
	n	%	n	%		
<b>Okülomotor</b>	<i>Genel Rahatsızlık</i>	45	90	5	10	50
	<i>Yorgunluk</i>	41	82	9	18	50
	<i>Baş Ağrısı</i>	36	72	14	28	50
	<i>Göz Yorgunluğu</i>	6	12	44	88	50
<b>Oryantasyon Bozukluğu</b>	<i>Odaklanma Zorluğu</i>	49	98	1	2	50
	<i>Baş Dolgunluğu</i>	40	80	10	20	50
	<i>Bulanık Görme</i>	46	92	4	8	50
	<i>Dizziness (Gözler Kapalı)</i>	39	78	11	22	50
	<i>Vertigo</i>	44	88	6	12	50
	<i>Mide Bulantısı</i>	24	48	26	52	50

#### 4.7. Ölçekler ile SMSLT ilişkisi

Görsel hafıza ve işleme becerilerini değerlendiren BYTT ve görsel uzamsal hafıza işlevini değerlendiren SSDT bulguları ile SMSLT’de uzamsal hafıza fonksiyonu gösteren ÜST. DEĞ. arasındaki korelasyonun araştırılması için Spearman’ın korelasyon testi rho ( $\rho$ ) değeri kullanılmıştır. Buna göre, ÜST. DEĞ. ile SSDT ve BYTT arasında orta derecede korelasyon bulundu (sırasıyla;  $\rho=0,539$  ve  $\rho=0,571$ ;  $p<0,001$ ).

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Vestibüler Sistem ve Uzamsal Beceriler

Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza ile birlikte vestibüler sistem fonksiyonunun dolaylı bir gestergesi ve önemli bir olan dinamik görsel keskinlik hakkındaki çalışmalar gerek normal gerek vestibüler zayıflığı olan bireylerde oldukça kısıtlıdır. Çalışmamızda, SMSLT’inde uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza değerlerine statik görme fonksiyonlarının etkisinin olmadığı, ancak dinamik görme fonksiyonlarının etkisinin olduğu bulunmuştur. Vestibüler sistemin uzamsal becerilerle çok yakın bir ilişki kurduğunu gösteren Risey ve Briner (1990) tarafından yapılan bir çalışmada, vertigo şikayeti ile başvuran hastaların yaklaşık %20’sinde bilişsel hata durumları olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, aritmetik ileri ve geriye doğru sayma yöntemini kullanarak yaptıkları değerlendirmede geriye doğru saymanın daha zor olması nedeniyle daha çok uzamsal becerileri gerektirdiğini bildirmişlerdir (159). Deneysel metodlar kullanılarak, insanlar ile yapılmaya başlanılan bilişsel araştırmalar, hipokampusun görsel ve diğer duyuşsal bilgilerin işlenmesinin yanında vestibüler bilgilerin işlenmesindeki hayati önemi de göstermiştir. Hipokampus ve vestibüler bağlantılar üzerine yapılan araştırmalar, vestibüler sistem aktivasyonunun talamik bölgelerde baş yön hücrelerini ve hipokampusta konum hücrelerini ateşleyen birincil yapı olabileceğini göstermektedir (91-93, 96, 97). Vestibüler sistemin uzamsal hafıza ve uzamsal öğrenme fonksiyonları ile ilişkisi insanlarda ilk olarak Schautzer ve diğ. (2003) tarafından bilateral vestibüler nörektomili olan 12 NF2 hasta ile Morris Su Labirent Testi’nin bilgisayara entegre protokolü ile yapılmıştır. Araştırmacılar, kronik vestibüler girdi bozukluğunun hipokampal düzeyde yetersizliğe neden olabileceğini bildirmişlerdir (160). Bir başka çalışmada, Kremmyda ve diğ. (2016) bilateral vestibüler bozuklukları olan 15 hastada SMSLT protokolü ile uzamsal fonksiyonlarını ve MRI ile hipokampal ve parahipokampal bölgelerdeki gri madde ölçümlerini araştırmışlardır (161). Araştırmacılar, kısmi bir vestibüler kaybın bile uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerinde hem anatomik hem de fonksiyonel düzeyde etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Son yıllarda, çalışmamız ile kısmen benzer bir protokol kullanılan, bilateral vestibüler vestibülopati tanısı olan 64 hasta ve 46 sağlıklı kontrol grubu ile

yapılan çalışmada, uzamsal hafıza ve uzamsal öğrenme fonksiyonlarının etkilenmediğini bildirmişlerdir (162). Araştırmacılar bunun nedenini, hasta gruplarındaki vestibüler kaybın derecesinin, literatürde kullanılan çalışma gruplarına göre daha iyi olması şeklinde yorumlamışlardır. Çalışmamız sağlıklı bireyler ile yürütülmüştür ve semisirküler kanal fonksiyonunun uzamsal fonksiyonlara etkisinin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, vestibüler sistem fonksiyonunun dinamik görme keskinlik parametresi ile uzamsal fonksiyonlar arasındaki ilişkinin incelenmesi açısından literatürde özgün bir yer tutacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda semisirküler kanal fonksiyonlarının, uzamsal becerilere etkisinin olduğu gösterilmiştir. Bunun nedeninin santral vestibüler sistem ile hipokampus arasındaki bilinen ve halen güncel araştırma konuları arasında yer alan bağlantılardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Vestibüler çekirdeklerden bilgiler alan ve vestibüler reflekslerin düzenlenmesinde önemli rol oynayan serebellumun, uzamsal navigasyon becerilerinde egosentrik temsil durumunu allosentrik temsil durumuna çevirmede önemli rol oynadığı düşünülmektedir (163, 164). Serebellum etkilenimi olan deney hayvanlarında (165) ve insanlarda (166, 167) yapılan araştırmalarda, hipokampusta bulunan konum hücrelerinde azalma ve düşük ateşlenme oranı görüldüğü bildirilmiştir. Çalışmamızda, dinamik görsel fonksiyonların her üç düzlemde de (horizontal, vertikal ve sagittal) uzamsal becerilere etkisinin dikkate değer ölçüde bulunmuş olması, serebellar fonksiyon değerlendirme yapılmamış olsa da serebellar düzeyde vestibüler-uzamsal sistem arasındaki sinaptik bağlantılardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. SMSLT ile serebellum değerlendirme yöntemleri kullanılarak hem sağlıklı hem de hasta bireylerle yapılacak incelemeler ile vestibüler-uzamsal becerilerin serebellar düzeydeki fonksiyonel sonuçlarının daha ayrıntılı açıklanması sağlanacaktır.

Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerileri ile vestibüler sistem yollarının serebellumdan sonra kortikal bölgelerde de sinaptik bağlantılar kurduğu ve baş yön hücreleri sayesinde semisirküler kanal fonksiyonunun uzamsal fonksiyonlarda temsil edildiği bilinmektedir. Baş yön hücreleri, parahipokampal, entorinal korteks, talamus ve retrosplenial korteks (RSC) bölümlerinde bulunmaktadır (168-172). Tien-Thong (2021), sağlıklı yetişkinlerde sanal gerçeklik sistemi ile uzamsal navigasyon değerlendirme sırasında EEG kullandıkları bir çalışmada, translayonel hareketlerin

dışında rotasyonel hareketler ile RSC'de aktivasyon meydana geldiğini, bu durumun da RSC'nin baş yönü hesaplanmasında önemli bir yapı olarak görev aldığını bildirmişlerdir (171). Çalışmamızda, horizontal, vertikal ve sagittal olmak üzere farklı üç boyutta baş hareketleri sırasındaki görme keskinliği fonksiyonu analiz edilmiştir. Horizontal ve vertikal düzleme ait görme keskinliği fonksiyonlarının uzamsal öğrenme ve uzamsal hafızaya etkisi nispeten yakın olup, sagittal planda daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular, baş hareket düzlemine bağlı olarak baş yön hücrelerine ait fonksiyonların koritikal düzeyde nasıl farklılık gösterdiğinin tartışılması açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Canlılarda hipokampal bölgede sürekli güncellenen bilişsel bir harita olduğu ve bunun uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza uyarılarının temsil edildiği konum hücreleri sayesinde meydana geldiği düşünülmektedir (85). Doğrusal ve açısal hareketler ile ortaya çıkan vestibüler uyarıların konum hücrelerinde modülasyona neden olarak bilişsel haritanın güncellenmesinde önemli pay sahibi olduğu bildirilmiştir (173). Cuthbert ve diğ. (2000), deney hayvanlarında iç kulağın elektiriksel ve kalorik uyarımı ile birlikte hipokampal bölgede konum hücrelerinde aktivasyon artışına neden olduğunu bildirmişlerdir (174). Brandt ve diğ (2005), bilateral vestibüler bozukluğu olanlarda, bilateral hipokampal atrofişi gözlemlediklerini ve bunun nedeninin konum hücrelerinin uyarılmamasından kaynaklı olabileceğini bildirmişlerdir (8). Çalışmamızda, SMSLT protokolünde özellikle ardışık değerlendirmeler yapılan uzamsal öğrenme bölümünde her bir aşamada katılımcılar görüş açısı farklı bir yerde ve farklı noktadan teste başlamıştır. Sanal gerçeklik ile birlikte farklı açılarda baş hareketlerini kullanarak her bir denemede gizli platformu bulmaya çalışmışlardır. Farklı birçok element olsa da katılımcılar testi tamamlamak için vestibüler sistem aktivasyonuna bağımlı kalarak görevleri tamamladıkları görülmektedir. Bu açıdan incelendiğinde, sadece patolojik durumlarda değil normal bireyler arasında bile fark görülmesinin nedeninin daha önceden bahsedilen kortikal ve talamik bölgelere ek olarak hipokampal bölgelerdeki farklı bağlantılar ve özellikle konum hücrelerinden kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.

Dinamik görme keskinliği sırasında optimal görme keskinliğinin sağlanması için, santral vestibüler sistemin en önemli fonksiyonlarından olan ve okülomotor

bağlantı yollarını içeren yavaş takip hareketleri (YTH) ve sakkadik göz hareketleri kullanılmaktadır. Sung-Hee Kim ve diğ. (2018), organik bir nedene bağlı gelişmeyen geçici hafıza kaybı (*transient global amnesia*) olan 145 hasta ile okülomotor sistem ve hafıza arasındaki ilişkiyi MRI ile inceledikleri çalışmada, hipokampus bölgesinin farklı bölgelerinde lezyonlar olduğunu ve 10 %s ve 20 %s hedef hızına ait YTH'lerinde bozulmalar görüldüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar, dinamik görsel bilginin bozulmuş şekilde işlemlenmesinin uzamsal oryantasyon ile ilgili olabileceği sonucuna varmışlardır (110). Jason ve diğ. (2004), ondört şizofren ve ondört sağlıklı yetişkin grupta fMRI ile YTH'in nörobiyolojisini araştırdıkları başka bir çalışmada, şizofren grubun kontrol grubuna göre posterior hipokampal ve sağ *fusiform gyrus* bölgesinde aktivasyon artışının olduğu bildirilmiştir (175). YHT ile birlikte, okülomotor sistemin diğer bir nöranal kolu olan sakkadik sistemin, hipokampal ve parahipokampal bölgelerde modülasyona neden olduğu önceki araştırmalardan bilinmektedir (108, 176, 177). Kemirgenlerde yapılan araştırmalarda, hipokampusün koklama ve hareket sırasında düşük frekanslı teta salınımları gösterdiği bilinmektedir. Bu salınımların daha önceden yaşanan bir deneyimi kayıt altına aldığı ve sonradan hatırlamada kullanıldığı çalışmalarda gösterilmiştir (176, 178, 179). Hoffman ve diğ. (2013), bu bilgiler ışığında sakkadik sistemlerinin de primat ve insanlarda bu amaca hizmet ettiği hipotezinden yola çıkarak hipokampal teta salınımları ile sakkadik göz hareketleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri bir çalışmada, sakkadik hareketler ile hipokampal düşük teta salınım (3-8 Hz) arasında doğrudan bir ilişki bulamadıklarını ancak sakkadik sistem değerlendirilmesinde farklı metotların geliştirilmesinin bu bağlantıyı ortaya çıkarabileceğini bildirmişlerdir (176). Çalışmamızda, DGK testi ile değerlendirdiğimiz görsel motor fonksiyonların uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine etkisinin normal bireylerde de farklılıklar göstermesi, görsel motor fonksiyonlar ile hipokampal bağlantılara yönelik bireysel farklılıklardan olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda, uygulanan istatistiksel modellerde DGK bulgularının etkisinin olduğunu, ancak BST bulgularının etkisinin olmadığı bulunmuştur. BST ve DGKT aynı fonksiyonları değerlendirmesine rağmen, BST'nin görsel uyaran büyüklükleri bireysel farklılık gösterdiğinden, sabit bir baş hızından ziyade

uygulanan bireyden her aşamada farklı baş hızına uyum sağlanması istendiğinden ve bulguları logaritmik bir hesaplama ile belirlendiğinden dolayı DGKT bataryasının bu modülü literatürde halen tartışmalıdır. Koufman ve diğ. (2014), DVAT protokolüne ait güvenilirlik çalışmasında, BST'ne ait güvenilirliğin zayıf ve orta derecelerde bulduklarını, DGK'in ise orta ve yüksek derecelerde bulduklarını bildirmişlerdir (180). DGK ve BST'lerinin her ikisi de tek taraflı vestibüler patolojisi olan hastalarda daha etkin ve güvenilir sonuçlar verdiği görülmektedir. Goebel ve diğ. (2007), tek taraflı patolojilerde BST bulgularının özgüllüğünü %93, hassaslığını ise %64 olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Buna ek olarak aynı çalışmada, etkilenen tarafın baş hızının normal tarafa göre daha düşük elde ettiklerini bildirmişlerdir (181). Ancak başka bir çalışmada, DGK testi BST'ne göre, daha düşük hızda baş hareketi ile uygulandığından kooperasyonu daha kolay bir test olması ve güvenilirliğinin daha yüksek olmasına rağmen, düşük baş hızı hareketlerinden dolayı meydana gelen düşük göz hızına bağlı ortaya çıkan VOR fizyolojisine etki eden kompasasyon mekanizmasının devreye girebileceği, yüksek göz hızında kompasasyon mekanizmasının çalışmasının daha zor olduğu ve bu yüzden BST'nin VOR mekanizmasını değerlendirmek için daha uygun bir protokol olduğu bildirilmiştir (149). Çalışmamızda, görsel keskinlik değerlendirilen tüm test bataryası uygulanmıştır. BST sırasında katılımcıların test sırasında zorlandıkları için testi tamamlamaları daha uzun süre gerektirmiştir. BST protokolünde hız için 5'te 3 doğruluk kabul edildiğinden düşük hızda bile bir önceki yüksek hızdan daha kötü sonuçlar alınması testin uygulanma süresini artırmıştır. Aynı durum DGKT için de geçerlidir ancak daha yavaş ve sabit baş hızı ile yapıldığından bireyler daha kısa sürede tamamlamışlardır. Testin uygulanma zorluğuna ek olarak, DGK testini optimize etmek için belirlenen görme keskinliğinin sağlanabildiği en yüksek baş hızı değerinin bireysel farklılıklardan uzamsal fonksiyonlara etkisinin olmaması beklenen bir sonuçtu. Ancak, çalışmamız görme keskinliğinin sağlanabildiği en yüksek baş hızı değerinin, bir diğer ifade ile semisirküler kanal hız fonksiyonunun bilişsel vestibüler çalışmalara yönelik referans kaynağı olacağı düşünülmektedir.

Periferik ve santral vestibüler yolların değerlendirildiği yöntemler arasında, kalorik test, videonistagmografi, *video head impulse* test ve vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyeller gibi objektif metodların yanında birçok subjektif metod da

bulunmaktadır. Literatürde yer alan vestibüler-uzamsal beceriler ile ilgili araştırmalar ve çalışmamıza ait bulgular sonucunda SMSLT'nin vestibüler kliniklerde tanısal bir araç olarak kullanılabilir mi sorusunu ortaya çıkarmıştır. Kalıcı postural dizziness olan ve farklı vestibüler hastalıkları olan bireyler ile yapılan bir çalışmada, SMSLT'nin çalışmaya özgü oluşulan test protokolünde ve hasta gruplarında %78,1 duyarlılığı ve %83,3 özgüllüğu olduğunu bildirmişlerdir (126). Çalışmamız, normal bireyler ile yapılmıştır. Bu bulgular ve oluşturduğumuz protokol referans alınarak hasta gruplar ile yapılacak çalışmalarda kullanılabileceği düşünölmektedir. Ayrıca, SMSLT'nin daha kısa sürede uygulanan ve daha ucuz bir yöntem olması da dikkate alındığında uygun protokoller ile birlikte vestibüler kliniklerde kullanılabileceği düşünölmektedir.

## 5.2. Sanal Gerçeklik ve Belirtiler

Günümüzde birçok değerlendirme yöntemi sanal gerçeklik sistemi üzerinden yapılmaya başlandığı görölmektedir. Ancak, sanal gerçeklik maruziyetine bağlı farklı belirtilerin de ortaya çıktığı ve bu durumun düzeltilmesine yönelik farklı alanlarda araştırmalar yapıldığı görölmektedir. Sanal gerçeklik belirtileri belirlenirken, görölme oranından çok belirtilerin şiddeti dikkate alınarak yapılmaktadır. Bazı çalışmalarda bulantı belirtisinin, oryantasyon bozukluğu ve okülomotor belirtilerden daha az ortaya çıktığı bildirilmiştir (157, 182). Çalışmamızda mide bulantısı, göz yorgunluğundan sonra en sık görölen belirtiler arasındaydı. şiddeti belirlenmemekle birlikte hastalarımızın yaklaşık yarısında mide bulantısı belirtisi ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bulantı belirtisinin SGR değerlendirilmesinin gerekli olabileceği düşünölmektedir.

Sanal gerçeklik teknolojisi gelişiminde, ortaya çıkan bu belirtilerin nedenleri ve özömleri ile ilgili araştırmalar son zamanlarda dikkate değer bulunmuştur. Eunhee Chang ve diğ. (2020) sanal gerçeklik rahatsızlığı ile ilgili bir derleme çalışmasında, sanal gerçeklik rahatızlığı belirtilerinin ortaya çıkma nedenlerini, sanal gerçekliğin donanımsal ve yazılımsal özellikleri (ekran tipi, boyutu, kullanıcı görüş açısı, görüntü titremesi ve gecikmesi vb.), içerik özellikleri (optik özellikleri, grafik vb.), maruz kalma süresi, aktif/pasif hareketlerin kullanımı ve kullanıcıya ait

faktörler (yaş, cinsiyet ve sanal gerçeklik deneyimi vb.) olmak üzere farklı ana başlıklar altında toplamışlardır (183).

Bu bölümde teknik özelliklerin etkisinden çok fizyolojik özelliklerin etkisi tartışılacaktır. Öncelikli olarak sanal gerçeklik ortamına maruz kalma süresi, literatürde halen tartışmalı bir konu olduğu görülmektedir. Bazı çalışmalar, maruz kalma süresini artışı ile belirtilerim şiddetleri arasında pozitif ilişki olduğunu bildirilmesinin yanında 10 dk'dan fazla maruziyet belirtilerin sıklığını ve şiddetini artırdığı bulunmuş olsa da (184, 185), 10 dk'dan az maruziyette de belirtilerin ortaya çıktığı vurgulanmaktadır (186). Bu çalışmada, katılımcılar sanal gerçeklik sistemine yaklaşık 24 dk maruz kalmışlardır. İkinci olarak, bazı çalışmalarda sanal ortamda aktif/pasif hareket kullanımı açısından, pasif hareketler ile sadece görüntüye maruz kalmanın aktif hareket etmekten daha çok belirtilerin ortaya çıkmasını ve şiddetini artırdığını vurgulanmıştır (187, 188). Çalışmamızda, katılımcılar sadece hareketli bir görüntüye maruz bırakılmadı, bunun yanında aktif baş ve kısmen vücut hareketleri ile görevler yerine getirilmeye çalışıldı. Bir sonraki etmen olan sanal gerçeklik deneyimi konusunda, kişi ne kadar tecrübe ederse ortaya çıkan belirtilerin sıklığı ve şiddetinde de azalma meydana geldiği ve aralarında negatif bir ilişki olduğu vurgulanmaktadır (189). Çalışmamıza katılan bireylerin sanal gerçeklik gözlüğü ve/veya sanal ortamı tecrübe etme durumu yoktu. Katılımcılara ait özelliklerden yaş ve cinsiyet konusunda da literatürde bir görüş birliği olmadığı görülmüştür. Onsekiz ve kırkbir yaş arası kişilerde sanal gerçeklik gözlüğü ile sanal ortama maruz bırakılmış yaş artışı ile belirti şiddetlerinde de artış gözlemlenmiştir (190). Buna ek olarak başka bir çalışmada, 21-50 ve 70-90 arası yaşlarında olan iki grup sanal ortamda test edilmiş ve 70-90 yaş arası kişilerin çoğunluğunun testi tamamlayamadıkları bildirilmiştir (191). Ancak, yapılan bir çalışmada, yaş ortalaması 35 yaş ve altı olan katılımcılarda belirti derecelerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (125). Demografik faktörlerden tartışmalı konulardan birisi de cinsiyettir. Literatürdeki 46 çalışmadan 26'sında kadınlarda belirtilerin şiddetinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (183). Çalışmamızda yaş ve cinsiyet arasında anlamlı fark bulunmadı. Çalışmamızın bu yönü literatür ile kısmen uyumlu olmakla birlikte, sanal gerçeklik sistemi ile uygulanan protokollerde ortaya çıkan belirtilerin



demografik özelliklerinin ve fizyolojik nedenlerinin anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

### 5.3. Demografik Farklılıklar

Demografik birçok parametrenin uzamsal öğrenme, uzamsal navigasyon ve uzamsal hafıza becerilerine etkisinin de incelendiği çalışmamızda, yaş, eğitim, günlük akıllı telefon/tablet/bilgisayar kullanım süresi, sigara kullanımı ve göz problemi/gözlük veya kontakt lens kullanımında katılımcılar arasında farklılıklar görülmüştür. Ancak, görsel motor fonksiyon becerileri ile birlikte çoklu kurulan modellerde eğitim düzeyi ve günlük akıllı telefon/tablet/bilgisayar kullanım süresi etkilerinin olmadığı görülmüştür.

Çalışmamızda yapılan analizleriz sonucunda, yaş faktörünün uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza parametrelerinde etkisinin olduğu görüldü. Yaşın uzamsal becerilere etkisi ile ilgili literatürde fazla sayıda araştırma mevcuttur. Williams ve diğ. (2019), yaşa bağlı uzamsal yetersizliklerin özellikle uzamsal hafıza becerilerinde, orta yaş olarak sınıflandırdıkları 40-55 yaş arası kişilerde tespit edilebileceğini bildirmişlerdir (192) Farklı değerlendirme metotları kullanılmış olsa da, bilişsel etkilenmenin orta yaş sonrası başladığı ve 70 yaş ile birlikte etkilenmenin daha fazla olduğu (193), ancak 55 yaşından önce (194) ve 60 yaşından önce bilişsel becerilen etkilenmemiş olduğunu (195) bildiren çalışmalar da mevcuttur. R. Schoenfeld ve diğ. SMSLT ile yaşın uzamsal hafıza ve öğrenme becerilerine etkisini araştırmak için 20-80 yaş arası sağlıklı yetişkinler ile yaptıkları çalışmada, 45 yaş sonrası kişilerde etkilenmenin sonuçlara yansıdığını ve takip eden 20 yaş ara ile etkilenmenin artış gösterdiğini ve ileri derecede olduğunu bildirmişlerdir (196). Çalışmamızda 40 yaş üzeri bireylerin uzamsal becerilerinde olumsuz etkilenme tespit edilmiş ve literatür ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Ancak çalışmalarda uzamsal becerilerin farklı protokoller ile değerlendirildiği görülmektedir. Uzamsal fonksiyonların sanal gerçeklik protokolü ile değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Sanal gerçeklik ortamına daha zor uyum sağlamalarından dolayı, regresyon analizlerinde yaşın uzamsal becerilere negatif etkisini ortaya çıkarmış olabileceği düşünülmüştür.

Sigara kullanımının negatif etkilerinin tartışılmasının yanında nikotin ajanının pozitif etkilerinden de bahsedilmektedir. SMSLT'nin temeli olan Morris Su Labirent Testi ve farklı metotlar ile deney fareleri üzerinde yapılan çalışmalarda, nikotinin bilişsel becerileri artırdığını, hipokampal bölgelerde aktivasyon artışı sağladığını, hatta yaşa bağlı bilişsel etkilenimi tedavi edici ajan olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir (197-199). Ancak, sigara kullanımının, kan damar duvarlarında yapısal bozukluklar meydana getirmesi, kalp ve kan dolaşımını olumsuz etkilemesi, özellikle hipokampal bölgeler olmak üzere beyin yapılarında atrofi meydana getirmesi literatürde bazı çalışmalarda tartışılmıştır (200-202). Çalışmamızda uygulanan modellerde sigara kullanımının, uzamsal öğrenmenin süre ve uzamsal hafızanın ÜST.DEĞ. parametrelerini olumsuz etkilediğini belirledik. Bu sonuçlar sigara kullanımının bilişsel fonksiyonlar üzerinde negatif etkisi olduğunu bize göstermektedir. Gelecek araştırmalar için oluşturulacak çalışma gruplarında sigara kullanımının dikkate alınması ve sigara kullanım süresi ve miktarı açısından da analizler yapılması gerekmektedir. Gözlük ve kontakt lens kullanımının SMSLT'ine etkisi ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, çalışmamızda gözlük kullanımının uzamsal hafıza parametresine negatif etkisi olduğu kurulan modellerde bulunmuştur. Bu bulgular sonucunda, görme bozukluğunun uzamsal becerilere olumsuz etkisinin olmadığı, ancak gözlük kullanan bireylerin test aşamasında zorlanmış olabileceklerini ve bunun sonuçlara negatif yansıdığı düşünülmüştür.

#### **5.4. Ölçekler ile SMSLT İlişkisi**

Çalışmamızda kullandığımız nöropsikolojik değerlendirme yöntemlerinden SSST ve BYTT'nin uzamsal hafıza becerilerini değerlendirdiği bilinmektedir. SMSLT özellikle nörobilişsel araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir protokoldür. Son yıllarda, protokolün vestibüler alanda yaygın kullanıldığı görülmektedir. Sanal gerçeklik ile sistemi kullanılarak nörobilişsel çalışmaları oldukça kısıtlıdır. Özellikle vestibüler alan ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde SMSLT için ortak ve standart bir protokol olmaması ve bu çalışmada özgün protokol oluşturulması ile SSST ve BYTT ilişkilerinin ayrı ayrı analiz edilmesi sağlanmıştır. Sadece uzamsal hafıza parametresi açısından SSST ve BYTT'nin SMSLT ile orta derecede

korelasyon gösterdiği bulundu. Oluşturulan özgün protokolün nörobilişsel değerlendirmelerde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Sonuç olarak, H1, H2 ve H5 hipotezleri kabul edilmiş olup, H3 ve H4 hipotezleri reddedildi. Görsel motor becerilerin uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine etkisi SMSLT ile özgün bir test protokolü oluşturularak ilk kez araştırılmış olup, farklı demografik özelliklerin etkileri de göz ardı edilmeden, görsel motor becerilerin 18-55 yaş arasındaki sağlıklı yetişkinlerde anlamlı ve dikkate değer bir oranda etkilediği bulunmuştur. Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza üzerine yıllarca farklı çalışmalar yürütülmüş özellikle son yıllarda sanal gerçeklik sistemi ile bu alana yönelik çalışmalara ilgi artmıştır. Literatürde, dinamik görme fonksiyonlarının uzamsal öğrenme ve uzamsal hafızaya etkisine yönelik çalışmaya rastlanmaması çalışmamıza değer katmaktadır. Buna ek olarak, farklı demografik parametrelerin uzamsal becerilere etkisine ait bulgularımızın, bu alanda çalışma yapacak araştırmacılar için kaynak oluşturabileceği düşünülmektedir. Son olarak SMSLT ile BYTT ve SSDT arasındaki ilişki ve sanal gerçeklik sistemine maruziyet sonrası ortaya çıkan ortaya çıkan belirti analizleri, bu konu ile ilgili bir araştırmaya henüz rastlanmadığından dolayı literatürde güncel bir referans kaynağı olacağını göstermektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, dinamik görme keskinliği test bataryası ile değerlendirilen görsel motor becerilerin, sanal gerçeklik sisteminde SMSLT ile değerlendirilen uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine etkileri araştırılıp aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Statik görme keskinliğinin uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine istatistiksel anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.
2. Minimal algılama zamanının uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine istatistiksel anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.
3. Bakış stabilizasyon testinde en yüksek baş hızı değerlerinin uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine istatistiksel anlamlı bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.
4. Dinamik görme keskinliğinin horizontal ve vertikal planda bir birine yakın ve sagittal plandaki baş hareketlerinde diğer planlara göre uzamsal becerileri kısmen daha az olmak üzere uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza becerilerine istatistiksel anlamlı bir etkisi olduğu gözlenmiştir.
5. Yaş, sigara kullanım durumu, gözlük/kontak lens kullanımı ve spor yapma durumu gibi demografik özelliklerin de uzamsal becerilere etkisi olduğu gözlenmiştir.
6. SMSLT'ine alternatif olabilecek SSDT ve BYTT ile aralarındaki uyum analizi sonucunda anlamlı ve orta derecede bir korelasyon olduğu gözlenmiştir.
7. Sanal gerçeklik maruziteyine bağlı ortaya çıkan belirtiler yüzde (%) olarak verilmiş olup, katılımcılar arasında okülomotor kaynaklı belirtilerin sıklığının daha fazla olduğu bulunmuştur.

Çalışma önerileri aşağıda sunulmuştur.

1. Vestibüler zayıflığı olanlarda dinamik görsel keskinlik bulguları ile uzamsal öğrenme ve hafıza arasındaki ilişkinin araştırılması önerilmektedir.

2. Fonksiyonel vestibüler-uzamsal becerilerin serebellar düzeydeki sonuçları daha iyi açıklayabileceği düşünüldüğünden, SMSLT metodu ile serebellum değerlendirme yöntemlerini içeren metodlar kullanılarak, hem normal hem de hasta gruplar ile araştırmalar yapılması önerilmektedir.
3. Farklı yönlerde baş hareketlerine bağlı uzamsal fonksiyonların etkisinin incelenmesi açısından ve baş hareket düzlemine bağlı olarak baş yön hücrelerine ait fonksiyonların koritkal düzeyde nasıl farklılık gösterdiğini tartışılması gerektiğinden, konunun daha iyi araştırılması ve baş hareket düzlemine bağlı farklılığın ortaya çıkarılması açısından fonksiyonel görüntüleme çalışmalarına ihtiyaç olduğu düşünölmektedir.
4. Uzamsal öğrenme ve uzamsal hafıza görevleri sırasında farklı fonksiyonel vestibüler değerlendirmeleri içeren protokolleri içeren araştırmalar yapılması önerilmektedir.
5. SMSLT ile yapılan çalışmalarda, standart protokoller oluşturulmalı ve geçerlilik ve güvenilirliği yapılmalıdır.
6. Vestibüler fonksiyonların baş hareketleri sırasında görme keskinliğinin bozulmadığı en yüksek hız parametresinin de vestibüler-uzamsal bilgilerin işlemlenmesinde önemli bir bulgu olacağı düşünüldüğünden, BST için standart protokoller oluşturularak hem hasta hem de normal gruplarda çalışmalar yapılması önerilmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Kingma H, Van de Berg R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handbook of clinical neurology*. 2016;137:1-16.
2. Herdman SJ, Schubert MC, Das VE, Tusa RJ. Recovery of dynamic visual acuity in unilateral vestibular hypofunction. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. 2003;129(8):819-24.
3. Schubert MC, Migliaccio AA, Clendaniel RA, Allak A, Carey JP. Mechanism of dynamic visual acuity recovery with vestibular rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(3):500-7.
4. Pinker S. Visual cognition: An introduction. *Cognition*. 1984;18(1-3):1-63.
5. Bigelow RT, Agrawal Y. Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *Journal of Vestibular Research*. 2015;25(2):73-89.
6. Gu Y, DeAngelis GC, Angelaki DE. A functional link between area MSTd and heading perception based on vestibular signals. *Nature neuroscience*. 2007;10(8):1038-47.
7. Yoder RM, Taube JS. The vestibular contribution to the head direction signal and navigation. *Frontiers in integrative neuroscience*. 2014;8:32.
8. Brandt T, Schautzer F, Hamilton DA, Brüning R, Markowitsch HJ, Kalla R, et al. Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. *Brain*. 2005;128(11):2732-41.
9. Brown J, Card J, Yates B. Polysynaptic pathways from the vestibular nuclei to the lateral mammillary nucleus of the rat: substrates for vestibular input to head direction cells. *Experimental brain research*. 2005;161(1):47-61.
10. Thornberry C, Cimadevilla JM, Commins S. Virtual Morris water maze: opportunities and challenges. *Reviews in the Neurosciences*. 2021.
11. Tolman EC. There is more than one kind of learning. *Psychological review*. 1949;56(3):144.
12. Commins S. *Behavioural neuroscience*: Cambridge University Press; 2018.
13. Morris R. Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of neuroscience methods*. 1984;11(1):47-60.

14. Hamilton DA, Driscoll I, Sutherland RJ. Human place learning in a virtual Morris water task: some important constraints on the flexibility of place navigation. *Behavioural brain research*. 2002;129(1-2):159-70.
15. Baloh R, Honrubia V, Kerber K. *Overview of Vestibular Anatomy and Physiology. Clinical Neuropsychology of the Vestibular System 4a ed USA: OXFORD*. 2011:3.
16. Hain TC, Helminski JO. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. *Vestibular rehabilitation*. 2007;1(1):2.
17. Katz J, Burkard RF, Medwetsky L. *Handbook of Clinical Audiology: Lippincott Williams & Wilkins*; 2002.
18. Kingma H, Van de Berg R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handbook of clinical neurology*. 137: Elsevier; 2016. p. 1-16.
19. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32(3):437-43.
20. Highstein SM, Holstein GR. The anatomy of the vestibular nuclei. *Progress in brain research*. 2006;151:157-203.
21. Cullen K. Physiology of central pathways. *Handbook of clinical neurology*. 2016;137:17-40.
22. Frank SM, Greenlee MW. The parieto-insular vestibular cortex in humans: more than a single area? *Journal of neurophysiology*. 2018;120(3):1438-50.
23. Wiest G. The origins of vestibular science. *Ann N Y Acad Sci*. 2015;1343:1-9.
24. Akyildiz AN. *Kulak hastaliklari ve mikrocerrahisi I.: Bilimsel Tip Yayınevi*; 1988.
25. Flint PW, Haughey BH, Robbins KT, Thomas JR, Niparko JK, Lund VJ, et al. *Cummings Otolaryngology - Head and Neck Surgery E-Book: Elsevier Health Sciences*; 2014.
26. Smith P, Zheng Y. From ear to uncertainty: vestibular contributions to cognitive function. *Frontiers in integrative neuroscience*. 2013;7:84.
27. Kirsch V, Keeser D, Hergenroeder T, Erat O, Ertl-Wagner B, Brandt T, et al. Structural and functional connectivity mapping of the vestibular circuitry from human brainstem to cortex. *Brain Structure and Function*. 2016;221(3):1291-308.
28. Dieterich M, Brandt T. The parietal lobe and the vestibular system. *Handbook of clinical neurology*. 151: Elsevier; 2018. p. 119-40.

29. Dieterich M, Bense S, Lutz S, Drzezga A, Stephan T, Bartenstein P, et al. Dominance for vestibular cortical function in the non-dominant hemisphere. *Cerebral cortex*. 2003;13(9):994-1007.
30. Dieterich M, Brandt T. Functional brain imaging of peripheral and central vestibular disorders. *Brain*. 2008;131(10):2538-52.
31. Lopez C, Blanke O, Mast F. The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience*. 2012;212:159-79.
32. Faan RWBM, Dmsc VHM, Kerber K, Kerber KA. Baloh and Honrubia's clinical neurophysiology of the vestibular system. 2010.
33. McCrea R, Strassman A, May E, Highstein S. Anatomical and physiological characteristics of vestibular neurons mediating the horizontal vestibulo-ocular reflex of the squirrel monkey. *Journal of Comparative Neurology*. 1987;264(4):547-70.
34. COMMONS W. The Extrinsic Eye Muscles right eye [12.06.2022]. Available from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1107\\_The\\_Extrinsic\\_Eye\\_Muscles\\_right\\_eye\\_lat.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1107_The_Extrinsic_Eye_Muscles_right_eye_lat.png).
35. Büttner-Ennever J. Vestibular-oculomotor organization. *The Neural Control of Eye Movements* Amsterdam, Elsevier. 1981.
36. Hageman KN, Chow MR, Roberts D, Boutros PJ, Tooker A, Lee K, et al. Binocular 3D otolith-ocular reflexes: responses of chinchillas to prosthetic electrical stimulation targeting the utricle and saccule. *Journal of neurophysiology*. 2020;123(1):259-76.
37. Büttner U, Büttner-Ennever J. Present concepts of oculomotor organization. *Reviews of oculomotor research*. 1988;2:3-32.
38. Land MF. Oculomotor behaviour in vertebrates and invertebrates. *The Oxford handbook of eye movements*: Oxford University Press; 2011. p. 3-15.
39. Gilchrist I. Saccades. *The Oxford handbook of eye movements* 2011.
40. Leigh RJ, Zee DS. *The Neurology of Eye Movements*: Oxford University Press; 2015.
41. Martinez-Conde S, Macknik SL. *Microsaccades*. 2011.
42. Orban de Xivry JJ, Lefevre P. Saccades and pursuit: two outcomes of a single sensorimotor process. *The Journal of physiology*. 2007;584(1):11-23.
43. Ramat S, Leigh RJ, Zee DS, Optican LM. What clinical disorders tell us about the neural control of saccadic eye movements. *Brain*. 2007;130(1):10-35.



44. Barnes GR. Ocular pursuit movements. *The Oxford Handbook of Eye Movements*. 2011:115-32.
45. Wolf C. *Audio-Visual Integration in Smooth Pursuit Eye Movements*: Springer; 2014.
46. Büttner-Ennever JA. Anatomy of the oculomotor system. *Neuro-Ophthalmology*. 2007;40:1-14.
47. Karataş M. İnternükleer ve Supranükleer Göz Hareket Bozuklukları. *Turkish Journal of Neurology/Turk Noroloji Dergisi*. 2009;15(2).
48. Jackson A, Bailey I. Visual acuity. *Optometry in practice*. 2004;5:53-68.
49. Quevedo L, Aznar-Casanova JA, Silva JAd. Dynamic visual acuity. *Trends in Psychology*. 2018;26(3):1267-81.
50. Senior KR. *The eye: the physiology of human perception*: The Rosen Publishing Group, Inc; 2010.
51. Woodruff E. Visual acuity and the selection of test letters. *Some Recent Advances in Ophthalmic Optics* London: Hatton Press. 1947:59-70.
52. Bennett AG. Ophthalmic test types. A review of previous work and discussions on some controversial questions. *The British journal of physiological optics*. 1965;22(4):238-71.
53. Green J. Notes on the clinical determination of the acuteness of vision, including the construction and gradation of optotypes, and on systems of notation. *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 1905;10(Pt 3):644.
54. Hartridge H, Owen H. Test types. *The British journal of ophthalmology*. 1922;6(12):543.
55. Sloan LL. Measurement of visual acuity: a critical review. *AMA archives of ophthalmology*. 1951;45(6):704-25.
56. Flom MC, Weymouth FW, Kahneman D. Visual resolution and contour interaction. *JOSA*. 1963;53(9):1026-32.
57. Raasch T, Bailey I, editors. Choice of optotype and spacing affect visual acuity scores. *ARVO Abstracts Invest Ophthalmol Vis Sci*; 1984.
58. Doğan Ceyhan SE Aİ. Uzak Görme Keskinliğinin Değerlendirilmesi ve logMAR Sistemi. *T Oft Gaz*. 2006:180-6.
59. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *American journal of optometry and physiological optics*. 1976;53(11):740-5.

60. Herdman SJ, Tusa RJ, Blatt P, Suzuki A, Venuto PJ, Roberts D. Computerized dynamic visual acuity test in the assessment of vestibular deficits. *The American journal of otology*. 1998;19(6):790-6.
61. Quevedo L, Aznar-Casanova JA, Silva JAd. Dynamic visual acuity. *Trends in Psychology*. 2018;26:1267-81.
62. Baydan M, Caliskan H, Balam-Yavuz B, Aksoy S, Böke B. The interaction between mild cognitive impairment with vestibulo-ocular reflex, dynamic visual acuity and postural balance in older adults. *Experimental gerontology*. 2020;130:110785.
63. Demer JL, Honrubia V, Baloh RW. Dynamic visual acuity: a test for oscillopsia and vestibulo-ocular reflex function. *The American journal of otology*. 1994;15(3):340-7.
64. Herdman SJ, Schubert MC, Tusa RJ. Role of central preprogramming in dynamic visual acuity with vestibular loss. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. 2001;127(10):1205-10.
65. Li C, Beaumont JL, Rine RM, Slotkin J, Schubert MC. Normative scores for the NIH toolbox dynamic visual acuity test from 3 to 85 years. *Frontiers in neurology*. 2014;5:223.
66. Stark C. Functional role of the human hippocampus. *The hippocampus book*. New York, NY, US: Oxford University Press; 2007. p. 549-80.
67. Bir SC, Ambekar S, Kukreja S, Nanda A. Julius Caesar Arantius (Giulio Cesare Aranzi, 1530–1589) and the hippocampus of the human brain: history behind the discovery. *Journal of neurosurgery*. 2015;122(4):971-5.
68. Per A, Richard M, Amaral DG, Tim B, O'Keefe KJ. Historical Perspective: Proposed Functions, Biological Characteristics, and Neurobiological Models of the Hippocampus. *The Hippocampus Book*: Oxford University Press; 2009.
69. İZCİ Y, ERBAŞ YC. Hipokampus: yapısı ve fonksiyonları. *Türk Nöroşir Derg*. 2015;25(3):287-95.
70. Per A, Richard M, Amaral DG, Tim B, O'Keefe KJ. The hippocampal formation. *The hippocampus book*: Oxford University Press; 2009.
71. VanElzakker M, Fevurly RD, Breindel T, Spencer RL. Environmental novelty is associated with a selective increase in Fos expression in the output elements of the hippocampal formation and the perirhinal cortex. *Learning & Memory*. 2008;15(12):899-908.
72. Amaral D, Lavenex P. Hippocampal neuroanatomy. *The hippocampus book*. New York, NY, US: Oxford University Press; 2007. p. 37-114.

73. Duvernoy HM. The human hippocampus: functional anatomy, vascularization and serial sections with MRI: Springer Science & Business Media; 2005.
74. Galloway P, Roessmann U. Neuronal karyorrhexis in Sommer's sector in a 22-week stillborn. *Acta neuropathologica*. 1986;70(3):343-4.
75. Sommer W. Erkrankung des Ammonshorns als aetiologisches Moment der Epilepsie. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*. 1880;10(3):631-75.
76. Suzuki M, Hagino H, Nohara S, Zhou S-Y, Kawasaki Y, Takahashi T, et al. Male-specific volume expansion of the human hippocampus during adolescence. *Cerebral Cortex*. 2005;15(2):187-93.
77. Tien RD, Felsberg GJ, Crain B. Normal anatomy of the hippocampus and adjacent temporal lobe: high-resolution fast spin-echo MR images in volunteers correlated with cadaveric histologic sections. *AJR American journal of roentgenology*. 1992;159(6):1309-13.
78. Mark L, Daniels D, Naidich T, Williams A. Hippocampal anatomy and pathologic alterations on conventional MR images. *American journal of neuroradiology*. 1993;14(5):1237-40.
79. Daumas S, Halley H, Francés B, Lassalle J-M. Encoding, consolidation, and retrieval of contextual memory: differential involvement of dorsal CA3 and CA1 hippocampal subregions. *Learning & memory*. 2005;12(4):375-82.
80. Lee I, Kesner RP. Differential contributions of dorsal hippocampal subregions to memory acquisition and retrieval in contextual fear-conditioning. *Hippocampus*. 2004;14(3):301-10.
81. Anderson EB, Grossrubatscher I, Frank L, editors. Dynamic hippocampal circuits support learning-and memory-guided behaviors. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology*; 2014: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
82. Copara MS, Hassan AS, Kyle CT, Libby LA, Ranganath C, Ekstrom AD. Complementary roles of human hippocampal subregions during retrieval of spatiotemporal context. *Journal of Neuroscience*. 2014;34(20):6834-42.
83. Moser EI, Roudi Y, Witter MP, Kentros C, Bonhoeffer T, Moser M-B. Grid cells and cortical representation. *Nature Reviews Neuroscience*. 2014;15(7):466-81.
84. Moser M-B, Rowland DC, Moser EI. Place cells, grid cells, and memory. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*. 2015;7(2):a021808.
85. O'Keefe J, Dostrovsky J. The hippocampus as a spatial map: preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain research*. 1971.

86. Moser EI, Kropff E, Moser M-B. Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. *Annu Rev Neurosci*. 2008;31:69-89.
87. Rowland DC, Moser M-B. Time finds its place in the hippocampus. *Neuron*. 2013;78(6):953-4.
88. Beritoff J. Character and origin of spatial orientation. Neural mechanisms of higher vertebrate behaviour Boston: Little, Brown and Co. 1965.
89. Etienne AS, Maurer R, Saucy F. Limitations in the assessment of path dependent information. *Behaviour*. 1988:81-111.
90. Horn KM, DeWitt JR, Nielson HC. Behavioral assessment of sodium arsenite induced vestibular dysfunction in rats. *Physiological Psychology*. 1981;9(4):371-8.
91. Matthews BL, Ryu JH, Bockaneck C. Vestibular contribution to spatial orientation. *Acta Oto-Laryngologica*. 1989;108(sup468):149-54.
92. Petrosini L. Task-dependent rate of recovery from hemilabyrinthectomy: an analysis of swimming and locomotor performances. *Physiology & behavior*. 1984;33(5):799-804.
93. Knierim JJ, Skaggs WE, Kudrimoti HS, McNAUGHTON BL. Vestibular and visual cues in navigation: a tale of two cities. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1996;781:399-406.
94. McNaughton BL, Mizumori S, Barnes C, Leonard B, Marquis M, Green E. Cortical representation of motion during unrestrained spatial navigation in the rat. *Cerebral Cortex*. 1994;4(1):27-39.
95. Sharp PE. Subicular cells generate similar spatial firing patterns in two geometrically and visually distinctive environments: comparison with hippocampal place cells. *Behavioural brain research*. 1997;85(1):71-92.
96. Barnes CA, McNaughton BL, Mizumori SJ, Leonard BW, Lin L-H. Chapter Comparison of spatial and temporal characteristics of neuronal activity in sequential stages of hippocampal processing. *Progress in brain research*. 1990;83:287-300.
97. McNaughton BL, Barnes CA, Gerrard JL, Gothard K, Jung MW, Knierim JJ, et al. Deciphering the hippocampal polyglot: the hippocampus as a path integration system. *The Journal of experimental biology*. 1996;199(1):173-85.
98. Sharp PE, Blair HT, Etkin D, Tzanetos DB. Influences of vestibular and visual motion information on the spatial firing patterns of hippocampal place cells. *Journal of Neuroscience*. 1995;15(1):173-89.

99. Nakao S, Sasaki S, Schor R, Shimazu H. Functional organization of premotor neurons in the cat medial vestibular nucleus related to slow and fast phases of nystagmus. *Experimental brain research*. 1982;45(3):371-85.
100. Shimazu H, Precht W. Inhibition of central vestibular neurons from the contralateral labyrinth and its mediating pathway. *Journal of Neurophysiology*. 1966;29(3):467-92.
101. SPIEGEL EA, SZEKELY EG, GILDENBERG PL. Vestibular responses in midbrain, thalamus, and basal ganglia. *Archives of neurology*. 1965;12(3):258-69.
102. O'Mara SM, Rolls ET, Berthoz A, Kesner R. Neurons responding to whole-body motion in the primate hippocampus. *Journal of Neuroscience*. 1994;14(11):6511-23.
103. Dudchenko P, Goodridge JP, Taube J. The effects of disorientation on visual landmark control of head direction cell orientation. *Experimental brain research*. 1997;115(2):375-80.
104. Stackman R, Taube J, editors. Temporary inactivation of the vestibular system disrupts hippocampal place cell activity. *Soc Neurosci Abstr*; 1996.
105. Stackman RW, Taube JS. Firing properties of head direction cells in the rat anterior thalamic nucleus: dependence on vestibular input. *Journal of Neuroscience*. 1997;17(11):4349-58.
106. Vitte E, Derosier C, Caritu Y, Berthoz A, Hasboun D, Soulie D. Activation of the hippocampal formation by vestibular stimulation: a functional magnetic resonance imaging study. *Experimental brain research*. 1996;112(3):523-6.
107. Horii A, Takeda N, Mochizuki T, Okakura-Mochizuki K, Yamamoto Y, Yamatodani A. Effects of vestibular stimulation on acetylcholine release from rat hippocampus: an in vivo microdialysis study. *Journal of neurophysiology*. 1994;72(2):605-11.
108. Bartlett AM, Ovaysikia S, Logothetis NK, Hoffman KL. Saccades during object viewing modulate oscillatory phase in the superior temporal sulcus. *Journal of Neuroscience*. 2011;31(50):18423-32.
109. Kanwisher N. Domain specificity in face perception. *Nature neuroscience*. 2000;3(8):759-63.
110. Kim S-H, Park YH, Kim S, Kim J-S. Impaired Smooth Pursuit During Transient Global Amnesia. *Journal of Clinical Neurology*. 2019;15(3):301-7.
111. Biazoli Jr CE, Goto M, Campos AMP, Canteras NS. The supragenual nucleus: a putative relay station for ascending vestibular signs to head direction cells. *Brain research*. 2006;1094(1):138-48.

112. Song P, Wang X-J. Angular path integration by moving “hill of activity”: a spiking neuron model without recurrent excitation of the head-direction system. *Journal of Neuroscience*. 2005;25(4):1002-14.
113. Bassett JP, Tullman ML, Taube JS. Lesions of the tegmentomammillary circuit in the head direction system disrupt the head direction signal in the anterior thalamus. *Journal of Neuroscience*. 2007;27(28):7564-77.
114. Sharp PE, Koester K. Lesions of the mammillary body region severely disrupt the cortical head direction, but not place cell signal. *Hippocampus*. 2008;18(8):766-84.
115. Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Frontiers in integrative neuroscience*. 2014;8:59.
116. Shinder ME, Taube JS. Differentiating ascending vestibular pathways to the cortex involved in spatial cognition. *Journal of Vestibular Research*. 2010;20(1, 2):3-23.
117. Nitz D. Parietal cortex, navigation, and the construction of arbitrary reference frames for spatial information. *Neurobiology of learning and memory*. 2009;91(2):179-85.
118. Zhang H, Ekstrom A. Human neural systems underlying rigid and flexible forms of allocentric spatial representation. *Human brain mapping*. 2013;34(5):1070-87.
119. Stackman RW, Herbert AM. Rats with lesions of the vestibular system require a visual landmark for spatial navigation. *Behavioural brain research*. 2002;128(1):27-40.
120. Knierim JJ, McNaughton BL, Poe GR. Three-dimensional spatial selectivity of hippocampal neurons during space flight. *Nature neuroscience*. 2000;3(3):209-10.
121. Chen G, King JA, Burgess N, O'Keefe J. How vision and movement combine in the hippocampal place code. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013;110(1):378-83.
122. Gibson B, Butler WN, Taube JS. The head-direction signal is critical for navigation requiring a cognitive map but not for learning a spatial habit. *Current Biology*. 2013;23(16):1536-40.
123. Yoder RM, Taube JS. Head direction cell activity in mice: robust directional signal depends on intact otolith organs. *Journal of Neuroscience*. 2009;29(4):1061-76.
124. Muir GM, Brown JE, Carey JP, Hirvonen TP, Della Santina CC, Minor LB, et al. Disruption of the head direction cell signal after occlusion of the semicircular canals in the freely moving chinchilla. *Journal of Neuroscience*. 2009;29(46):14521-33.
125. Saredakis D, Szpak A, Birckhead B, Keage HA, Rizzo A, Loetscher T. Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in human neuroscience*. 2020;14:96.

126. Breinbauer HA, Contreras MD, Lira JP, Guevara C, Castillo L, Ruëdlinger K, et al. Spatial Navigation Is Distinctively Impaired in Persistent Postural Perceptual Dizziness. *Frontiers in Neurology*. 2019;10.
127. Organisation WH. WHO classification for Body mass index (BMI) [cited 2022 15.01.2022]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index>.
128. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*. 1975;12(3):189-98.
129. Güngen C, Ertan T, Eker E, Yaşar R, Engin F. Standardize mini mental test'in Türk toplumunda hafif demans tan› s› nda geçerlik ve güvenilirliği. *Türk Psikiyatri Dergisi*. 2002;13(4):273-81.
130. Le Compte WA, Oner N. Development of the Turkish edition of the State-trait anxiety inventory. *Cross-cultural anxiety*. 1976;1:51-67.
131. Giulioli C, Meillon C, Gonzalez-Colaço Harmand M, Dartigues J-F, Amieva H. Normative scores for standard neuropsychological tests in the oldest old from the French population-based PAQUID Study. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2016;31(1):58-65.
132. Jaeger J. Digit symbol substitution test: the case for sensitivity over specificity in neuropsychological testing. *Journal of clinical psychopharmacology*. 2018;38(5):513.
133. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, Fischer JS. *Neuropsychological assessment*: Oxford University Press, USA; 2004.
134. Waldrop-Valverde D, Ownby RL, Jones DL, Sharma S, Nehra R, Kumar AM, et al. Neuropsychological test performance among healthy persons in northern India: development of normative data. *Journal of neurovirology*. 2015;21(4):433-8.
135. Ozakbas S, Yigit P, Cinar BP, Limoncu H, Kahraman T, Kösehasanoğulları G. The Turkish validation of the brief international cognitive assessment for multiple sclerosis (BICAMS) battery. *BMC neurology*. 2017;17(1):1-6.
136. Battery AIT. The new army individual test of general mental ability. *Psychological Bulletin*. 1944;41(8):532-8.
137. Schear JM, Sato SD. Effects of visual acuity and visual motor speed and dexterity on cognitive test performance. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 1989;4(1):25-32.

138. Arbuthnott K, Frank J. Trail making test, part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. 2000;22(4):518-28.
139. Corrigan JD, Hinkeldey NS. Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of clinical psychology*. 1987;43(4):402-9.
140. Goul WR, Brown M. Effects of age and intelligence on Trail Making Test performance and validity. *Perceptual and Motor Skills*. 1970;30(1):319-26.
141. Lamberty GJ, Putnam SH, Chatel DM, Bieliauskas LA. Derived Trail Making Test indices: A preliminary report. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, & Behavioral Neurology*. 1994.
142. Horton A. Some suggestions regarding the clinical interpretation of the Trail Making Test. *Clin Neuropsychol*. 1979;1(1):20-3.
143. Cangöz B, Karakoç E, Selekler K. İz Sürme Testi'nin 50 yaş üzeri Türk yetişkin ve yaşlı örneklemini için standardizasyon çalışması. *Türk Geriatri Derg*. 2007;10:73-82.
144. Cangoz B, Karakoc E, Selekler K. Trail Making Test: normative data for Turkish elderly population by age, sex and education. *Journal of the neurological sciences*. 2009;283(1-2):73-8.
145. Benton A, Van Allen M. Impairment in facial recognition in patients with cerebral disease. *Cortex*. 1968;4(4):344-IN1.
146. Benton AL. Differential behavioral effects in frontal lobe disease. *Neuropsychologia*. 1968;6(1):53-60.
147. KESKİNKILIÇ C. Benton yüz tanıma testi'nin "Türkiye toplumu normal yetişkin denekler üzerindeki standardizasyonu". *Türk Nöroloji Dergisi*. 2008;14(3):179-90.
148. Tranel D, Vianna E, Manzel K, Damasio H, Grabowski T. Neuroanatomical correlates of the Benton facial recognition test and judgment of line orientation test. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*. 2009;31(2):219-33.
149. Voelker CC, Lucisano A, Kallogjeri D, Sinks BC, Goebel JA. Comparison of the gaze stabilization test and the dynamic visual acuity test in unilateral vestibular loss patients and controls. *Otology & Neurotology*. 2015;36(4):746-53.
150. Ward BK, Mohammad MT, Whitney SL, Marchetti GF, Furman JM. The reliability, stability, and concurrent validity of a test of gaze stabilization. *Journal of Vestibular Research*. 2010;20(5):363-72.
151. Chessa M, Maiello G, Borsari A, Bex PJ. The perceptual quality of the oculus rift for immersive virtual reality. *Human-computer interaction*. 2019;34(1):51-82.



152. Desai PR, Desai PN, Ajmera KD, Mehta K. A review paper on oculus rift-a virtual reality headset. arXiv preprint arXiv:14081173. 2014.
153. [16.05.2021]. Available from: <https://conductscience.com/maze/portfolio/virtual-reality-morris-water-maze/>.
154. Newhouse P, Newhouse C, Astur RS. Sex differences in visual-spatial learning using a virtual water maze in pre-pubertal children. *Behavioural brain research*. 2007;183(1):1-7.
155. Skelton RW, Ross SP, Nerad L, Livingstone SA. Human spatial navigation deficits after traumatic brain injury shown in the arena maze, a virtual Morris water maze. *Brain Injury*. 2006;20(2):189-203.
156. Gonzalez CL, Kolb B, Whishaw IQ. A cautionary note regarding drug and brain lesion studies that use swimming pool tasks: partial reinforcement impairs acquisition of place learning in a swimming pool but not on dry land. *Behavioural brain research*. 2000;112(1-2):43-52.
157. Kim HK, Park J, Choi Y, Choe M. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied ergonomics*. 2018;69:66-73.
158. Carey VJ, Lumley T, Ripley B. gee: Generalized estimation equation solver. R package version. 2012;4:13-8.
159. Rieser JJ, Garing AE, Young MF. Imagery, action, and young children's spatial orientation: It's not being there that counts, it's what one has in mind. *Child Development*. 1994;65(5):1262-78.
160. Schautzer F, Hamilton D, Kalla R, Strupp M, Brandt T. Spatial memory deficits in patients with chronic bilateral vestibular failure. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2003;1004(1):316-24.
161. Kremmyda O, Hüfner K, Flanagin VL, Hamilton DA, Linn J, Strupp M, et al. Beyond dizziness: virtual navigation, spatial anxiety and hippocampal volume in bilateral vestibulopathy. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016:139.
162. Dobbels B, Mertens G, Gilles A, Moyaert J, Van de Berg R, Fransen E, et al. The virtual morris water task in 64 patients with bilateral vestibulopathy and the impact of hearing status. *Frontiers in Neurology*. 2020:710.
163. Dieterich M, Brandt T. The bilateral central vestibular system: its pathways, functions, and disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2015;1343(1):10-26.

164. Yakusheva TA, Shaikh AG, Green AM, Blazquez PM, Dickman JD, Angelaki DE. Purkinje cells in posterior cerebellar vermis encode motion in an inertial reference frame. *Neuron*. 2007;54(6):973-85.
165. Raudies F, Brandon MP, Chapman GW, Hasselmo ME. Head direction is coded more strongly than movement direction in a population of entorhinal neurons. *Brain research*. 2015;1621:355-67.
166. Hilber P, Jouen F, Delhayé-Bouchaud N, Mariani J, Caston J. Differential roles of cerebellar cortex and deep cerebellar nuclei in learning and retention of a spatial task: studies in intact and cerebellectomized lurcher mutant mice. *Behavior genetics*. 1998;28(4):299-308.
167. Rochefort C, Lefort JM, Rondi-Reig L. The cerebellum: a new key structure in the navigation system. *Frontiers in neural circuits*. 2013;7:35.
168. Baumann O, Mattingley JB. Medial parietal cortex encodes perceived heading direction in humans. *Journal of Neuroscience*. 2010;30(39):12897-901.
169. Bellmund JL, Deuker L, Schröder TN, Doeller CF. Grid-cell representations in mental simulation. *Elife*. 2016;5:e17089.
170. Chadwick MJ, Jolly AE, Amos DP, Hassabis D, Spiers HJ. A goal direction signal in the human entorhinal/subicular region. *Current Biology*. 2015;25(1):87-92.
171. Do T-TN, Lin C-T, Gramann K. Human brain dynamics in active spatial navigation. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1-12.
172. Shine JP, Valdés-Herrera JP, Hegarty M, Wolbers T. The human retrosplenial cortex and thalamus code head direction in a global reference frame. *Journal of Neuroscience*. 2016;36(24):6371-81.
173. Gavrillov VV, Wiener SI, Berthoz A. Enhanced hippocampal theta EEG during whole body rotations in awake restrained rats. *Neuroscience letters*. 1995;197(3):239-41.
174. Cuthbert PC, Gilchrist DP, Hicks SL, MacDougall HG, Curthoys IS. Electrophysiological evidence for vestibular activation of the guinea pig hippocampus. *Neuroreport*. 2000;11(7):1443-7.
175. Tregellas JR, Tanabe JL, Miller DE, Ross RG, Olincy A, Freedman R. Neurobiology of smooth pursuit eye movement deficits in schizophrenia: an fMRI study. *American Journal of Psychiatry*. 2004;161(2):315-21.
176. Hoffman KL, Dragan MC, Leonard TK, Micheli C, Montefusco-Siegmund R, Valiante TA. Saccades during visual exploration align hippocampal 3–8 Hz rhythms in human and non-human primates. *Frontiers in systems neuroscience*. 2013;7:43.


177. Jutras MJ, Fries P, Buffalo EA. Oscillatory activity in the monkey hippocampus during visual exploration and memory formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013;110(32):13144-9.
178. Grastyan E, Lissak K, Madarasz I, Donhoffer H. Hippocampal electrical activity during the development of conditioned reflexes. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. 1959;11(3):409-30.
179. Womelsdorf T, Lima B, Vinck M, Oostenveld R, Singer W, Neuenschwander S, et al. Orientation selectivity and noise correlation in awake monkey area V1 are modulated by the gamma cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012;109(11):4302-7.
180. Kaufman DR, Puckett MJ, Smith MJ, Wilson KS, Cheema R, Landers MR. Test–retest reliability and responsiveness of gaze stability and dynamic visual acuity in high school and college football players. *Physical Therapy in Sport*. 2014;15(3):181-8.
181. Goebel JA, Tungsiripat N, Sinks B, Carmody J. Gaze stabilization test: a new clinical test of unilateral vestibular dysfunction. *Otology & Neurotology*. 2007;28(1):68-73.
182. Drexler JM. Identification of system design features that affect sickness in virtual environments: University of Central Florida; 2006.
183. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual reality sickness: a review of causes and measurements. *International Journal of Human–Computer Interaction*. 2020;36(17):1658-82.
184. Liu C-L, Uang S-T, editors. A study of sickness induced within a 3D virtual store and combated with fuzzy control in the elderly. 2012 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery; 2012: IEEE.
185. Stanney KM, Hale KS, Nahmens I, Kennedy RS. What to expect from immersive virtual environment exposure: Influences of gender, body mass index, and past experience. *Human factors*. 2003;45(3):504-20.
186. Dennison MS, Wisti AZ, D’Zmura M. Use of physiological signals to predict cybersickness. *Displays*. 2016;44:42-52.
187. Chen Y-C, Dong X, Hagstrom J, Stoffregen TA, editors. Control of a virtual ambulation influences body movement and motion sickness. *BIO Web of Conferences*; 2011: EDP Sciences.
188. Dong X, Stoffregen TA. Postural Activity and Motion Sickness among Drivers and Passengers in a Console Video Game. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2010;54(18):1340-4.

189. Freitag S, Weyers B, Kuhlen TW. Examining Rotation Gain in CAVE-like Virtual Environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2016;22(4):1462-71.
190. Hakkinen J, Vuori T, Paakka M, editors. Postural stability and sickness symptoms after HMD use. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*; 2002: IEEE Yasmine Hammamet.
191. Park GD, Allen RW, Fiorentino D, Rosenthal TJ, Cook ML, editors. Simulator sickness scores according to symptom susceptibility, age, and gender for an older driver assessment study. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*; 2006: SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
192. Williams ME, Graves LV, DeJesus SY, Holden HM, DeFord NE, Gilbert PE. Spatial memory ability during middle age may depend on level of spatial similarity. *Learning & Memory*. 2019;26(1):20-3.
193. Aartsen MJ, Smits CH, Van Tilburg T, Knipscheer KC, Deeg DJ. Activity in older adults: cause or consequence of cognitive functioning? A longitudinal study on everyday activities and cognitive performance in older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. 2002;57(2):P153-P62.
194. Rönnlund M, Nyberg L, Bäckman L, Nilsson L-G. Stability, growth, and decline in adult life span development of declarative memory: cross-sectional and longitudinal data from a population-based study. *Psychology and aging*. 2005;20(1):3.
195. Plassman BL, Welsh K, Helms M, Brandt J, Page W, Breitner J. Intelligence and education as predictors of cognitive state in late life: a 50-year follow-up. *Neurology*. 1995;45(8):1446-50.
196. Schoenfeld R, Foreman N, Leplow B. Ageing and spatial reversal learning in humans: Findings from a virtual water maze. *Behavioural Brain Research*. 2014;270:47-55.
197. King J, Huang W, Chen W, Heffernan M, Shields J, Rane P, et al. A comparison of brain and behavioral effects of varenicline and nicotine in rats. *Behavioural brain research*. 2011;223(1):42-7.
198. Li Z, DiFranza JR, Wellman RJ, Kulkarni P, King JA. Imaging brain activation in nicotine-sensitized rats. *Brain research*. 2008;1199:91-9.
199. Sacco KA, Termine A, Seyal A, Dudas MM, Vessicchio JC, Krishnan-Sarin S, et al. Effects of cigarette smoking on spatial working memory and attentional deficits in schizophrenia: involvement of nicotinic receptor mechanisms. *Archives of general psychiatry*. 2005;62(6):649-59.

200. Aleman A, Muller M, De Haan EH, Van Der Schouw YT. Vascular risk factors and cognitive function in a sample of independently living men. *Neurobiology of aging*. 2005;26(4):485-90.
201. Koschack J, Irle E. Small hippocampal size in cognitively normal subjects with coronary artery disease. *Neurobiology of aging*. 2005;26(6):865-71.
202. Newman AB, Fitzpatrick AL, Lopez O, Jackson S, Lyketsos C, Jagust W, et al. Dementia and Alzheimer's disease incidence in relationship to cardiovascular disease in the Cardiovascular Health Study cohort. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2005;53(7):1101-7.

## 8. EKLER

## Ek-1. Tez çalışması ile ilgili etik kurul izni



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-1338  
Konu :

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 06 EKİM 2020 SALI  
**Toplantı No** : 2020/16  
**Proje No** : GO 20/752(Değerlendirme Tarihi: 01.09.2020)  
**Karar No** : 2020/16-50

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Songül AKSOY'un sorumlu araştırmacı olduğu, Doç. Dr. Ayşe İlksen Çolpak IŞIKAY ile birlikte çalışacakları ve Uzm. Ody. Burak KABİŞ'in doktora tezi olan, GO 20/752 kayıt numaralı "*Görsel Motor Becerilerin Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Üzerine Etkisinin Sağlıklı Yetişkinlerde Araştırılması*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 07 Ekim 2020-07 Ekim 2021 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

1. Prof. Dr. Ayşe Lale I	(Başkan)	7. Doç. Dr. Nüket Paksoy ERBA
2. Prof. Dr. G. Burça A	(Üye)	8. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTIR
3. Prof. Dr. M. Özgür U	(Üye)	9. Doç. Dr. Hande Güney DENİZ
4. Prof. Dr. Ayşe Kin IŞ	(Üye)	10. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR
5. Doç. Dr. H. Tuna Çak	(Üye)	11. Av. Serap MORALIOĞLU
6. Doç. Dr. Can Ebru K	(Üye)	

İZİNLİ

Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu  
06100 Sıhhiye-Ankara  
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580 • E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

Ayrıntılı Bilgi için:

## Ek-2. Aydınlatılmış onam formu

### ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

#### ODYOLOĞUN AÇIKLAMASI;

Araştırmanın ismi; *“Görsel Motor Becerilerin Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Üzerine Etkisinin Sağlıklı Yetişkinlerde Araştırılması”* dır.

Bu araştırmaya katılmanızı öneriyoruz. Ancak bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayanır. Kararınızdan önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Bu bilgileri okuyup anladıktan sonra araştırmaya katılmak isterseniz formu imzalayınız.

Değerlendirmenizde uluslararası düzeyde kullanılan testler ile yapılacaktır. Eğer araştırmaya katılmayı kabul ederseniz ilk aşamada sizden bazı bilgilerinizi (yaş, cinsiyet, meslek gibi) edinebileceğimiz bir formu ve anksiyete durumunuzu ölçmek için anksiyete anketi doldurmanız istenecektir. İkinci aşamada, algısal fonksiyonlarınızı değerlendirmek için araştırmacı tarafından (Uzm. Ody. Burak KABİŞ) değerlendirme anketleri uygulanacaktır (*Mini Mental Durum Anketi, Digit Symbol Substitution Test, Yüz Tanıma Testi ve İz sürme Testi*). 3. aşamada görme fonksiyonlarınızı değerlendirmek için Dinamik Görsel Keskinlik Testi uygulanacaktır. Bu testte, bir bilgisayar ekranı önünde, baş hareketi ile ve baş hareketi olmadan ekranda gördüğünüz harfinin yönünü bilmeniz istenecektir. Size, yön işaretlemeleri yapabilmeniz için üzerinde “sağ, sol, yukarı ve aşağı” imleçleri olan bir kumanda verilecektir. Son olarak oyun kolu yardımıyla sanal gerçeklik ortamında oluşturulmuş bir havuzdan çıkış noktasını bulmanızı isteyerek yön tayin etme becerilerinizi test edeceğiz. Daha sonrasında bu sonuçların değerlendirilmesi ..... tarafından yapılacaktır. Bu değerlendirmeler kimliğiniz belirtilmeden sağlık alanında öğrenim gören öğrencilerin eğitiminde veya bilimsel nitelikte yayınlarda kullanılabilir. Bu amaçların dışında bu kayıtlar kullanılmayacak ve başkalarına verilmeyecektir. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Çalışmaya kuruma özel olarak davet edilerek katılırsanız ulaşım ücretleriniz araştırmacılar tarafından karşılanacaktır. Tüm değerlendirmelerimiz yaklaşık 50 dakikada tamamlanacaktır.

#### **Değerlendirmeler sırasında oluşabilecek riskler:**

Çalışmamızda yapılacak olan değerlendirmelerde herhangi bir risk bulunmamaktadır.

#### **Yapılacak çalışmanın getireceği olası yararlar:**

- Çalışmamızda yer alan değerlendirme yöntemleri ile görme keskinliği ve yön tayinini, öğrenme ve hafıza hakkında bilgilendirme yapılacaktır.

**İmzalı bu form kağıdının bir kopyası size verilecektir.**

**KATILIMCI BEYANI;**

Sayın Songül AKSOY, İlksen Çolpak IŞIKAY ve Burak KABİŞ tarafından yetişkin bireyler için tasarlanmış “*Görsel Motor Becerilerin Uzamsal Öğrenme ve Hafıza Üzerine Etkisinin Sağlıklı Yetişkinlerde Araştırılması*” adlı çalışmada tıbbi bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya “gönüllü” olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam odyolog ile aramda kalması gereken bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırası ve sonrasında da büyük bir özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi.

Çalışmanın yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim (ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemin uygun olacağını bilincindeyim). Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Kuruma özel olarak davet edilsem ulaşım ücretlerimin araştırmacılar tarafından karşılanacağını biliyorum.

İster doğrudan, ister dolaylı olsun araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi (Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim).

Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaşıldığında; herhangi bir saatte .....’e ..... ..... numaralı telefonundan ve H.Ü. Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Bilim Dalı’nı ..... numaralı telefonda arayabileceğimi biliyorum.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumumun odyolog ile olan ilişkiye herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırmada “gönüllü” olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

İmzalı bu formun bir kopyası bana verilecektir.

**Adı soyadı:** Katılımcı Görüşme tanığı Odyolog  
**Adres:**  
**Tel:**  
**İmza:**



## Ek-3. Demografik Form

#DEMOGRAFİK BİLGİ FORMU#			
1. Katılımcı No	(.....)	2. Uyruğunuz	.....
3. Doğum Tarihi	...../...../.....	4. Boy/Kilo	...../.....
5. Cinsiyet	<input type="checkbox"/> ERKEK <input type="checkbox"/> KADIN	6. Baskın Kullandığınız El	<input type="checkbox"/> SAĞ <input type="checkbox"/> SOL
7. Göz Renginiz	<input type="checkbox"/> Siyah <input type="checkbox"/> Kahverengi <input type="checkbox"/> Mavi <input type="checkbox"/> Yeşil <input type="checkbox"/> Ela <input type="checkbox"/> DİĞER ise nedir? (.....)		
8. Eğitim Durumu	<input type="checkbox"/> Eğitim almadı <input type="checkbox"/> İlkokul <input type="checkbox"/> Lise <input type="checkbox"/> Lisans <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora		
9. Meslek	.....	10. Ne kadar Süredir bu meslekte çalışıyorsunuz?	.....
11. İşitme kaybınız var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET	12. Tansiyon ve/veya Şeker Gibi Sistemik bir Hastalığınız var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET
13. Görme probleminiz var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise nedir? .....	14. Denge şikayetiniz var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET
15. Gözlük/Lens Kullanımı var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise	<u>DERECE:</u>	SAĞ..... SOL.....
16. Astigmat Problemi var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise	<u>DERECE:</u>	SAĞ..... SOL.....
17. Cerrahi bir operasyon geçirdiniz mi?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise nedir?	18. Sanal Gerçeklik Tecrübeniz Oldu mu?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET
19. Son bir ay içinde ilaç kullanımı var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET	20. Düzenli Kullandığınız bir ilaç var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise nedir? .....
21. Günlük ortalama telefon/tablet/bilgisayar kullanma süreniz nedir?	<input type="checkbox"/> Hiç Kullanmıyorum <input type="checkbox"/> 0-30 dk <input type="checkbox"/> 31- 60 dk <input type="checkbox"/> 61-120 dk <input type="checkbox"/> 121-180 dk <input type="checkbox"/> 181-240 dk <input type="checkbox"/> 241-300 dk <input type="checkbox"/> 301 dk ve üzeri		
22. Günlük ortalama uyku süreniz nedir?	<input type="checkbox"/> Hiç uyumuyorum <input type="checkbox"/> 0-60 dk <input type="checkbox"/> 61-120 dk <input type="checkbox"/> 121-240 dk <input type="checkbox"/> 241-300 dk <input type="checkbox"/> 301-360 dk <input type="checkbox"/> 361-420 dk <input type="checkbox"/> 421dk ve üzeri		
23. Sigara kullanıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET ise ne sıklıkla .....	24. Alkol kullanıyor musunuz?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> NADİREN <input type="checkbox"/> ARA SIRA <input type="checkbox"/> SIK SIK <input type="checkbox"/> ÇOK SIK
25. Bir spor branşı ile ilgilinme durumunuz nedir? *Hangi Spor Dah:??	<input type="checkbox"/> İlgilenmiyorum <input type="checkbox"/> Aktif yapmıyorum takip ediyorum <input type="checkbox"/> Amaötör şekilde yapıyorum <input type="checkbox"/> Profesyonel şekilde yapıyorum	26. Spor yapma sıklığınız ?	<input type="checkbox"/> Hiç spor yapmıyorum <input type="checkbox"/> Günde ..... saat <input type="checkbox"/> Haftada ..... saat <input type="checkbox"/> Ayda ..... saat <input type="checkbox"/> Diğer .....
27. Navigasyon cihazı kullanma sıklığınız nedir?	<input type="checkbox"/> Hiç <input type="checkbox"/> Nadiren <input type="checkbox"/> Ara Sıra <input type="checkbox"/> Sık Sık <input type="checkbox"/> Çok Sık	28. Günde ortalama kaç saat araba kullanıyorsunuz	..... saat
29. Bilgisayar/tablet/oyun konsolu/telefon üzerinden oyunlar oynuyor musunuz?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> Günde ..... saat <input type="checkbox"/> Haftada ..... saat <input type="checkbox"/> Ayda ..... saat <input type="checkbox"/> Diğer .....	30. İlk defa gittiğiniz bir lokasyonu/adresi, daha sonra gittiğinizde bulmakta zorluk çekiyor musunuz?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> EVET <input type="checkbox"/> BAZEN
31. Taşıt tutması şikayetiniz var mı?	<input type="checkbox"/> HAYIR <input type="checkbox"/> NADİREN <input type="checkbox"/> ARA SIRA <input type="checkbox"/> SIK SIK <input type="checkbox"/> ÇOK SIK	32. Hangi Araçlarda şikayetiniz artıyor?	<input type="checkbox"/> Araba <input type="checkbox"/> Otobüs <input type="checkbox"/> Tren <input type="checkbox"/> Uçak <input type="checkbox"/> Gemi/Bot

#### Ek-4. COVID-19 Kontrol Listesi

**1- Son 14 gün içerisinde, siz ve/veya birlikte yaşadığımız aile bireylerinde aşağıdaki belirtilerden hangisi veya hangileri varsa işareleyiniz.**

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Ateş         | <input type="checkbox"/> Tat/koku kaybı |
| <input type="checkbox"/> Kusma/ishal  | <input type="checkbox"/> Baş ağrısı     |
| <input type="checkbox"/> Öksürük      | <input type="checkbox"/> Nefes darlığı  |
| <input type="checkbox"/> Boğaz ağrısı | <input type="checkbox"/> Kas ağrısı     |

**2- Son 14 gün içerisinde yurt dışında bulundunuz mu?**

- Evet       Hayır

**3- Son 14 gün içerisinde aile bireylerinden yurt dışından gelen oldu mu?**

- Evet       Hayır

**4- Son 14 gün içerisinde siz ve/veya aile bireylerinden solunum yolu hastalığı ile hastaneye tetkik/tedavi veya yatış için başvurunuz oldu mu?**

- Evet       Hayır

**5- Son 14 gün içerisinde aile bireylerinde COVID-19 tanısı alan oldu mu?**

- Evet       Hayır

## Ek-5. Mini Mental Durum Testi

## Mini Mental Durum Testi

### Mini-Mental State Examination (MMSE)

Hastanın Adı Soyadı: \_\_\_\_\_

Tarih: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Puanı

Oryantasyon (Her soru 1 puan, toplam 10 puan)		Puanı
Hangi yıl içindeyiz?	-----	
Hangi mevsimdeyiz?	-----	
Hangi aydayız?	-----	
Bu gün ayın kaçı?	-----	
Hangi gündeyiz?	-----	
Hangi ülkede yaşıyoruz?	-----	
Şu an hangi şehirde bulunmaktasınız?	-----	
Şu an bulunduğunuz semt neresidir?	-----	
Şu an bulunduğunuz bina neresidir?	-----	
Şu an bu binada kaçınca kattasınız?	-----	
<b>Kayıt Hafızası (Toplam puan 3)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Size birazdan söyleyeceğim üç ismi dikkatlice dinleyip ben bitirdikten sonra tekrarlayın (Masa, Bayrak, Elbise) (20 sn. süre tanınır). Her doğru isim 1 puan. -----</li> </ul>		
<b>Dikkat ve Hesap Yapma (Toplam puan 5)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>100'den geriye doğru 7 çıkartarak gidin. Dur deyinceye kadar devam edin. (Her doğru işlem 1 puan: 100, 93, 86, 79, 72, 65 ) -----</li> </ul>		
<b>Hatırlama (Toplam puan 3)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Yukarıda tekrar ettiğiniz kelimeleri tekrar söyleyin (Masa, Bayrak, Elbise) (Her kelime 1 puan) -----</li> </ul>		
<b>Lisan (Toplam puan 9)</b>		
a. Bu gördüğünüz nesnelere isimleri nedir? (saat, kalem) 1'er puan toplam 2 puan (20 saniye süre ver)	-----	
b. Şimdi size söyleyeceğim cümleyi dikkatle dinleyin ve ben bitirdikten sonra tekrar edin. "Eğer ve fakat istemiyorum" (10 saniye süre ver) 1 puan	-----	
c. Şimdi sizden bir şey yapmanızı isteyeceğim, beni dikkatle dinleyin ve söylediğimi yapın. "Masada duran kâğıdı elinizle alın, iki elinizle ikiye katlayın ve yere bırakın lütfen" Toplam puan: 3, süre: 30 sn. her bir doğru işlem: 1 puan	-----	
d. Şimdi size bir cümle vereceğim. Okuyun ve yazıda söylenen şeyi yapın. (1 puan) -Bir kâğıda 'GÖZLERİNİZİ KAPATIN' yazıp hastaya gösterin-	-----	
e. Şimdi vereceğim kâğıda aklınıza gelen anlamlı bir cümleyi yazın (1 puan)	-----	
f. Size göstereceğim şeklin aynısını çizin; aşağıdaki şekli arka sayfaya (1 puan)	-----	

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) J Psychiatr Res. 12(12):129-38.



Toplam Puan (0-30): \_\_\_\_\_

## Ek-6. Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği

### DURUMLUK VE SÜREKLİ KAYGI ÖLÇEĞİ

İsim:..... Cinsiyet:.....

Yaş:..... Meslek:..... Tarih:...../...../.....

YÖNERGE:Aşağıda kişilerin kendilerine ait duygularını anlatmada kullandıkları bir takım ifadeler verilmiştir. Her ifadeyi okuyun, sonra da o anda nasıl hissettiğinizi ifadelerin sağ tarafındaki parantezlerden uygun olanını işaretlemek suretiyle belirtin. Doğru ya da yanlış cevap yoktur. Herhangi bir ifadenin üzerinde fazla zaman sarfetmeksizin **anında** nasıl hissettiğinizi gösteren cevabı işaretleyin.

		HİÇ	BİRAZ	ÇOK	TAMAMIYLA
1.	Şu anda sakinim	(1)	(2)	(3)	(4)
2.	Kendimi emniyette hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
3.	Su anda sinirlerim gergin	(1)	(2)	(3)	(4)
4.	Pişmanlık duygusu içindeyim	(1)	(2)	(3)	(4)
5.	Şu anda huzur içindeyim	(1)	(2)	(3)	(4)
6.	Şu anda hiç keyfim yok	(1)	(2)	(3)	(4)
7.	Başıma geleceklerden endişe ediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
8.	Kendimi dinlenmiş hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
9.	Şu anda kaygılıyım	(1)	(2)	(3)	(4)
10.	Kendimi rahat hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
11.	Kendime güvenim var	(1)	(2)	(3)	(4)
12.	Şu anda asabım bozuk	(1)	(2)	(3)	(4)
13.	Çok sinirliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
14.	Sinirlerimin çok gergin olduğunu hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
15.	Kendimi rahatlamış hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
16.	Şu anda halimden memnunum	(1)	(2)	(3)	(4)
17.	Şu anda endişeliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
18.	Heyecandan kendimi şaşkına dönmüş hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
19.	Şu anda sevinçliyim	(1)	(2)	(3)	(4)
20.	Şu anda keyfim yerinde.	(1)	(2)	(3)	(4)

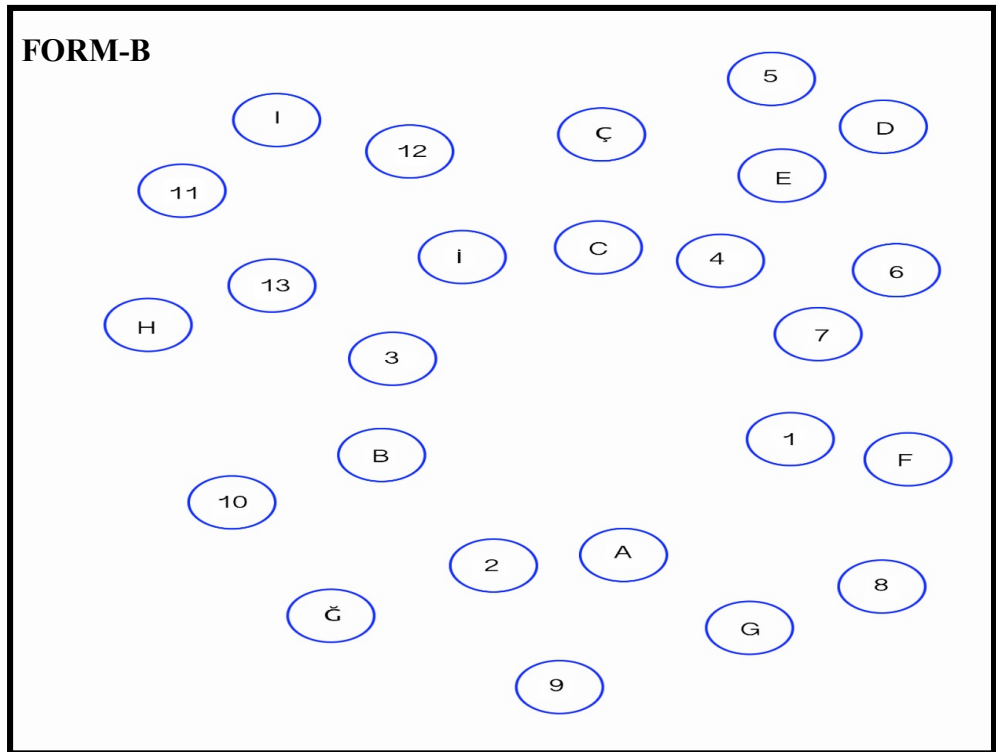
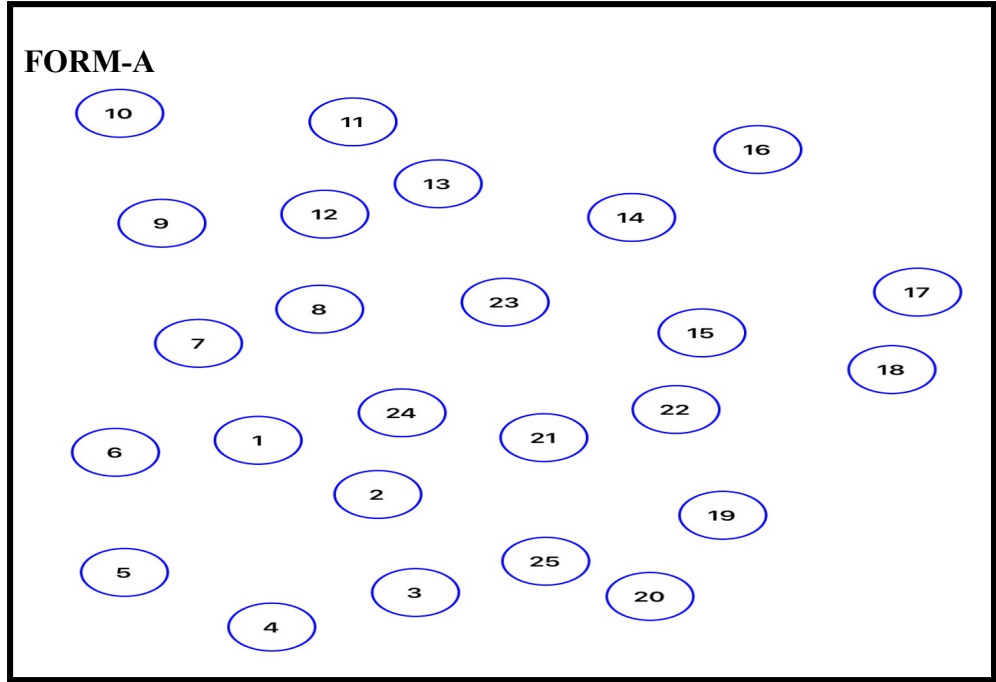
## Ek-6. Durumluluk ve Sürekli Kaygı Ölçeği (devamı)

**DURUMLUK VE SÜREKLİ KAYGI ÖLÇEĞİ - Devamı**

		Hemen hemen hiçbir zaman	Bazen	Çok zaman	Hemen her zaman
21.	Genellikle keyfim yerindedir	(1)	(2)	(3)	(4)
22.	Genellikle çabuk yorulurum	(1)	(2)	(3)	(4)
23.	Genellikle kolay ağlarım	(1)	(2)	(3)	(4)
24.	Başkaları kadar mutlu olmak isterim	(1)	(2)	(3)	(4)
25.	Çabuk karar veremediğim için fırsatları kaçıırım	(1)	(2)	(3)	(4)
26.	Kendimi dinlenmiş hissediyorum	(1)	(2)	(3)	(4)
27.	Genellikle sakin, kendine hakim ve soğukkanlıyım	(1)	(2)	(3)	(4)
28.	Güçlüklerin yenemeyeceğim kadar biriktiğini hissedirim	(1)	(2)	(3)	(4)
29.	Önemsiz şeyler hakkında endişelenirim	(1)	(2)	(3)	(4)
30.	Genellikle mutluyum	(1)	(2)	(3)	(4)
31.	Herşeyi ciddiye alır ve endişelenirim	(1)	(2)	(3)	(4)
32.	Genellikle kendime güvenim yoktur	(1)	(2)	(3)	(4)
33.	Genellikle kendimi emniyette hissedirim	(1)	(2)	(3)	(4)
34.	Sıkıntılı ve güç durumlarla karşılaşmaktan kaçınırım	(1)	(2)	(3)	(4)
35.	Genellikle kendimi hüzünlü hissedirim	(1)	(2)	(3)	(4)
36.	Genellikle hayatımdan memnunum	(1)	(2)	(3)	(4)
37.	Olur olmaz düşünceler beni rahatsız eder	(1)	(2)	(3)	(4)
38.	Hayal kırıklıklarını öylesine ciddiye alırım ki hiç unutamam	(1)	(2)	(3)	(4)
39.	Aklı başında ve kararlı bir insanım	(1)	(2)	(3)	(4)
40.	Son zamanlarda kafama takılan konular beni tedirgin ediyor	(1)	(2)	(3)	(4)



**Ek-8. İz Sürme Testi (Form-A ve Form-B)**



## Ek-9. Benton Yüz Tanıma Testi Kayıt Formu

*Benton Facial Recognition Test*

**BENTON YÜZ TANIMA TESTİ KAYIT FORMU**

Adı Soyadı \_\_\_\_\_ Hasta No \_\_\_\_\_ Tarih \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Yaş \_\_\_\_\_ Cinsiyet \_\_\_\_\_ Eğitim \_\_\_\_\_ Baskın El \_\_\_\_\_

Düzeltilmiş Skor		Sayfa No.	Kısa Form (KF)	
Uzun Form	Kısa Form		Doğru Cevaplar	Hatalar
27	54	1	(5) ___	1 2 3 4 6
26	52	2	(1) ___	2 3 4 5 6
25	50	3	(2) ___	1 3 4 5 6
24	49	4	(3) ___	1 2 4 5 6
23	47	5	(6) ___	1 2 3 4 5
22	45	6	(2) ___	1 3 4 5 6
21	43			
20	41	7	(2) ___ (5) ___ (6) ___	1 3 4
19	39	8	(1) ___ (3) ___ (4) ___	2 5 6
18	37	9	(2) ___ (4) ___ (6) ___	1 3 5
17	36	10	(2) ___ (5) ___ (6) ___	1 3 4
16	34	11	(1) ___ (4) ___ (6) ___	2 3 5
15	32	12	(2) ___ (3) ___ (6) ___	1 4 5
14	30	13	(1) ___ (3) ___ (5) ___	2 4 6
13	28			
12	27			
11	25			
10	23			
			Uzun Form İtemleri (UF)	
		14	(1) ___ (3) ___ (5) ___	2 4 6
		15	(2) ___ (3) ___ (4) ___	1 5 6
		16	(2) ___ (4) ___ (5) ___	1 3 6
		17	(1) ___ (4) ___ (6) ___	2 3 5
		18	(3) ___ (4) ___ (6) ___	1 2 5
		19	(2) ___ (3) ___ (4) ___	1 5 6
		20	(1) ___ (2) ___ (3) ___	4 5 6
		21	(1) ___ (5) ___ (6) ___	2 3 4
		22	(2) ___ (4) ___ (5) ___	1 3 6

Kısa Form Puanı:-----  
Uzun Form Puanı:-----

NORMAL: 41-54    SINIRDA: 39-40    ORTA BOZUKLUK: 37-38    İLERİ BOZUKLUK: < 37

Gözlemler: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Ek-10. Tez Orjinallik Raporu Ekran Görüntüsü

Dr'a Tez

ORJİNALLİK RAPORU

%**8**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**8**

İNTERNET KAYNAKLARI

%**2**

YAYINLAR

%**1**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

TÜM KAYNAKLARI EŞLEŞTİR ( SADECE SEÇİLİ OLAN KAYNAĞI YAZDIR)

%4

★ acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

Alıntılarını çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

< 3 words

Bibliyografyayı Çıkart

Kapat

## Ek-11. Tez Orjinallik Raporu Dijital Makbuzu



### Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Burak Kabiş  
 Ödev başlığı: GÖRSEL MOTOR BECERİLERİN UZAMSAL ÖĞRENME VE HAFIZ...  
 Gönderi Başlığı: Dr'a Tez  
 Dosya adı: Burak\_Kabi\_-Doktora\_tez\_-Turnitin.docx  
 Dosya boyutu: 9.97M  
 Sayfa sayısı: 99  
 Kelime sayısı: 21,891  
 Karakter sayısı: 150,597  
 Gönderim Tarihi: 12-Eyl-2022 01:51 ÖS (UTC+0300)  
 Gönderim Numarası: 1897866121



## 9. ÖZGEÇMİŞ