

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**FONKSİYONEL BAŞ SAVURMA TESTİNİN
YAŞ İLE KORELASYONU**

HAZIRLAYAN

Tuğba EMEKCI

DOKTORA TEZİ

ANKARA-2021

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**FONKSİYONEL BAŞ SAVURMA TESTİNİN
YAŞ İLE KORELASYONU**

HAZIRLAYAN

Tuğba EMEKCİ

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Hatice Seyra ERBEK

ANKARA-2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı çerçevesinde Tuğba Emekci tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 19/01/2021

Tez Adı: Fonksiyonel Baş Savurma Testinin Yaş ile Korelasyonu

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

.....
.....
.....
.....
.....

ONAY

Enstitü Müdürü

Tarih: 19 / 01 / 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 21 / 12 / 2020

Öğrencinin Adı, Soyadı: Tuğba Emekci

Öğrencinin Numarası: 21620156

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı

Programı: Odyoloji Doktora Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı:

Tez Başlığı: Fonksiyonel Baş Savurma Testinin Yaş ile Korelasyonu

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 59 sayfalık kısmına ilişkin, 17/12/2020 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8'dir.

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

ONAY

Tarihi: / /

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad,

İTHAF

Dünyada binlerce kız çocuğu okuyabilmek için babalarının gözlerinin içine bakıyorlar.
Benim babam okumam için benim gözlerimin içine baktı.

Kendi babam Emir Emekci başta olmak üzere kızlarını okutan tüm babalara ithafen

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim başlangıcından itibaren sürecin her aşamasında değerli bilgi ve deneyimlerini her fırsatta bizlerle paylaşan, akademik alanda farklı bakış açıları olan ve odyolojiye çok yönlü bakmayı ondan öğrendiğim, odasına her girdiğimde kendisine hayranlık duyup örnek aldığım kıymetli tez danışmanım Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. H. Seyra Erbek'e

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve birikimleriyle akademik donanımını bizlerle paylaşan, akademik disiplin edinmemde büyük katkısı olan Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. H. Levent N. Özlüoğlu'na

Tez izleme komitemde yer alıp her zaman beni motive eden, kongrelerde kendisini dinlemekten büyük keyif aldığım hocam Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Esra Yücel'e

Doktora eğitimim boyunca değerli bilgi ve birikimleriyle üzerimde büyük katkıları olan Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Selim S. Erbek'e ve diğer hocalarıma,

Tez çalışmam süresince tezimde kullandığım fHIT cihazının teminini sağlayan ERİŞÇİ Elektronik'e

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen klinik çalışanları ve Fatoş KAYA'ya

Akademik çalışma hayatım ve tezim süresince bana desteğini esirgemeyen ve daima her türlü ilgi, özveri, yardım ve manevi katkılarıyla yanımda olan, değerli arkadaşlarım Fatma Men Kılınç ve Deniz Uğur Cengiz'e

Lisans eğitimimden bu yana her zaman yanımda olan hem akademik hem de daha birçok alanda birlikte yer aldığımız ve alacağımız arkadaşım Emine Baran'a

Her başarımla gözlerinin içi parlayan manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim dedem Celal Emekci ve babaannem Meryem Emekci'ye, hayatımın her aşamasında olduğu gibi doktora sürecinde de bana destek olan, maddi ve manevi katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, başarımların en önemli nedeni olan canım annem, babam ve kardeşlerime teşekkür ederim.

ÖZET

Tuğba Emekci, Fonksiyonel Baş Savurma Testinin Yaş ile Korelasyonu, Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Doktora Programı, 2021

Bu çalışmada, sağlıklı bireylerde fonksiyonel head impulse test (fHIT) ile elde edilen doğru cevap yüzdesi (DCY)'nin yaş değişkeni ile korelasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmaya 18 – 70 yaş aralığında 50 erkek ve 55 kadın olmak üzere toplam 105 gönüllü birey katılmıştır. Yapılan kulak burun boğaz hastalıkları muayenesiyle odyolojik ve vestibüler değerlendirme sonucu sağlıklı olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada Beon Solution, Zero Branco (TV), İtalya marka fHIT sistemi kullanılmıştır. Çalışmamızda tüm semisirküler kanallarda (SSK) yaş artışıyla beraber ortalama DCY'de azalma gözlemlendi. Yaş değişkeni ile ortalama DCY arasında lateral semisirküler (SSK)'da istatistiksel olarak negatif yönde orta düzeyde (-0,311), posterior SSK'da negatif yönde düşük düzeyde (-0,257) anlamlı bir ilişki gözlemlendi ($p < 0,05$). Anterior SSK'da yaş ile ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmedi ($p > 0,05$). Yaş grupları arasında inceleme yapıldığında ise üç SSK'da da 36-54 yaş grubu ortalama DCY'nin, 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$). 18-35 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması lateral ve posterior SSK'da istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), anterior SSK'da 18-35 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$). 18-35 yaş grubu ortalama DCY ile 36-54 yaş grubu ortalama DCY arasındaki fark ise üç SSK'da da istatistiksel olarak anlamlı elde edilmedi ($p > 0,05$). Lateral, anterior ve posterior SSK'larda $1000 \text{ } \%/sn^2$ 'den $7000 \text{ } \%/sn^2$ 'ye akselerasyon artmasıyla beraber tüm SSK'larda DCY'de düşüş gözlemlendi. fHIT fonksiyonel açıdan vestibülo-oküler refleksi (VOR) dolaylı yoldan değerlendiren, kolay uygulanabilir bir test bataryasıdır. Mekanizması VOR fonksiyonelliğinin DCY üzerinden dolaylı ölçümüne dayanan fHIT cihazı, diğer test bataryaları ile birleştirildiğinde tanı ve rehabilitasyon süreçlerinde hızlı ve daha güvenli sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmaktadır. fHIT değerlerinin yaş ile ilişkisini incelediğimiz çalışmamızda, tüm SSK'larda yaş artışıyla VOR'u fonksiyonel açıdan yansıtan ortalama DCY'de azalma gözlemlenmiştir. Yaptığımız bu çalışma çeşitli hasta gruplarında yapılacak çalışmalarda karşılaştırma yapmak açısından ve patolojik sonuçları fonksiyonel açıdan belirleme adına da önemli bir yol gösterici olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yaş; fonksiyonel head impulse test (fHIT); semisirküler kanal; VOR

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 11/12/2019 tarih ve 19/26 sayılı kararı (Proje No: KA19/384) ile onaylandı (Ek 1).

ABSTRACT

Tuğba Emekci, Correlation of Functional Head Impulse Test with Age, Başkent University, Institute of Health Sciences, Audiology PhD Program, 2021

In this study, it was aimed to determine the correlation of the percentage of correct answers (PCA) obtained by functional head impulse test (fHIT) with age variable in healthy individuals. A total of 105 volunteer individuals, including 50 men and 55 women the ages of 18 - 70, participated in this study. Individuals who were healthy as a result of audiological and vestibular evaluation were included in the study. Beon Solution, Zero Branco (TV), Italian fHIT system were used in the study. In our study, a decrease in the total average PCA was observed with the age increase in all semicircular canals (SCCs). Statistically significant negative and moderate (-0.311) and negative and low correlations (-0.257) were obtained in lateral SCC and posterior SCC, respectively ($p < 0.05$). No statistically significant relationship was observed between age and average PCA in anterior SCC ($p > 0.05$). When examined between age groups, it was statistically significant that the average PCA of the 36-54 age group was higher than the average PCA of the 55-70 age group in all three SCCs ($p < 0.05$). The average PCA in the 18-35 age group was significantly higher than the average PCA in the 55-70 age group in the lateral and posterior SCCs ($p < 0.05$). On the other hand, the average PCA in the 18-35 age group in the anterior SCC was significantly higher than the average PCA in the 55-70 age ($p > 0.05$). The difference between the average PCA in the 18-35 age group and the average PCA in the 36-54 age group was not statistically significant in all three SCCs ($p > 0.05$). In the lateral, anterior and posterior SCCs, head acceleration increased from $1000 \text{ }^\circ/\text{s}^2$ to $7000 \text{ }^\circ/\text{s}^2$ and a decrease in PCA was observed in all SCCs. fHIT is an easily applicable test battery that indirectly evaluates the vestibulo-ocular reflex (VOR) from a functional perspective. The fHIT device, whose mechanism is based on indirect measurement of VOR functionality over PCA, helps to obtain faster and safer results in diagnosis and rehabilitation processes when it is combined with other test batteries. In our study, where we examined the relationship of fHIT values with age, a decrease in average PCA was observed in all SCCs, reflecting VOR from a functional point of view with an increase in age. This study will also be an important guide for comparing studies in various patient groups and determining pathological results from a functional point of view.

Key words: Age; functional head impulse test (fHIT); semi-circular canal; VOR

This study was approved by Başkent University Medical and Health Sciences Research Board and non-interventional clinical research ethics board with Resolution No. 19/26 dated 11/12/2019 (project no: KA19/384) and supported by Başkent University Research Fund.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Vestibulo-Okuler Refleks.....	3
2.2. Baş Savurma Testi (Head Impulse Test- HIT) Fizyolojik Temeli	5
2.3. Vestibülo-Okuler Refleksi Değerlendiren Test Bataryaları	8
2.3.1. Kalorik test.....	9
2.3.2. Rotasyonel sandalye testi	10
2.3.3. Dinamik görme keskinliği testi.....	10
2.3.4. Baş sallama testi.....	11
2.3.5. Baş savurma testi (Head Impulse Test- HIT)	12
2.3.6. Scleral search coil	12
2.3.7. Video head impulse test (vHIT)	12
2.4. Fonksiyonel Head Impulse Test (fHIT)	13
2.5. Vestibüler Sistem ve Yaş.....	16
2.5.1. Baş dönmesi ve yaş ilişkisi	17
2.5.2. Vestibüler organ yaşlanması	17
2.5.3. Periferik vestibüler sistemin fonksiyonel yaşlanması	20
2.5.4. Vestibulo-oküler reflekste yaşlanma ve supresyon	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Çalışma İzni Ve Etik Kurul Onayı.....	22
3.2. Katılımcılar	22
3.3. Fonksiyonel Head Impulse Test Uygulaması	23
3.4. İstatistiksel Analiz	30

4. BULGULAR	32
4.1. Demografik Veriler.....	32
4.2. Yaş Grupları ve Cinsiyet ile SSK'larda Ortalama Doğru Cevap Yüzdesi (DCY) Arasındaki İlişkiler	33
4.3. Yaş Göre Korelasyon	34
4.4. Yaş Gruplarına Göre SSK'larda Ortalama DCY Karşılaştırılması	35
4.5. Baş Akselerasyonlarına Göre DCY.....	37
4.6. Yaş Grupları ve Baş Akselerasyonlarına (1000 %/sn²-7000 %/sn²) Göre DCY'nin Karşılaştırılması	39
4.7. SSK'larda Sağ ve Sol Kulak Ortalama DCY	45
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ	57
KAYNAKLAR.....	60
EKLER	

EK-1. Araştırma Projesi Etik Kurul Onayı

EK-2. Aydınlatılmış Onam Formu

EK-3. Standardize Mini-Mental Durum Testi (SMMTD)

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. VOR'u değerlendiren test bataryalarının özellikleri.....	13
Tablo 4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bilgiler.....	32
Tablo 4.2. Yaş grupları ve Cinsiyet ile SSK'larda Ortalama DCY Arasındaki İlişkiler.....	34
Tablo 4.3. Yaş Değişkenine Göre Kanallardaki Korelasyon Katsayıları.....	35
Tablo 4.4. Yaş Gruplarına Göre SSK'larda Ortalama DCY Karşılaştırılması	35
Tablo 4.5. Kanallarda Yaşlara Göre Grup İçi İkili Karşılaştırma Sonuçları.....	36
Tablo 4.6. Baş Akselerasyonuna Göre Ortalama DCY.....	38
Tablo 4.7. Lateral SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 °/sn ²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması.....	39
Tablo 4.8. Anterior SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 °/sn ²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması.....	41
Tablo 4.9. Posterior SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 °/sn ²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması.....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Vestibulo-oküler refleksin oluşum mekanizması.....	5
Şekil 2.2. Vestibüler test bataryalarının değerlendirdikleri frekans aralıkları	9
Şekil 2.3. Landolt C optotipi	15
Şekil 2.4. Snellen grafiği	16
Şekil 3.1. Landolt C karakteri	23
Şekil 3.2. Jiroskopun elastik bant ile başa tutturulması.....	24
Şekil 3.3. Lateral SSK'lar değerlendirme pozisyonu	26
Şekil 3.4. Sol anterior-sağ posterior SSK'ların değerlendirme pozisyonu.....	27
Şekil 3.5. Sağ anterior-sol posterior SSK'ların değerlendirme pozisyonu.....	28
Şekil 3.6. fHIT lateral SSK analiz çıktısı	29
Şekil 3.7. fHIT LARP SSK analiz çıktısı.....	29
Şekil 3.8. fHIT RALP SSK analiz çıktısı.....	30
Şekil 4.1. Katılımcıların Cinsiyetlere Göre Dağılımları	33
Şekil 4.2. Katılımcıların Yaş Gruplarına Göre Dağılımları	33
Şekil 4.3. Kanallarda Baş Akselerasyonuna Göre Ortalama DCY Dağılımları	38
Şekil 4.4. Sağ ve sol kulak lateral, anterior ve posterior SSK ortalama DCY	45

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°	derece
°/s	derece/saniye
°/s ²	derece/saniye kare
covid-19	koronavirüs
DCY	doğru cevap yüzdesi
DVA	dinamik görme keskinliği
DVAT	dinamik görme keskinliği testi
fHIT	fonksiyonel head impulse test
GST	bakış stabilizasyon testi
HIT	baş savurma testi
HITD	head impulse test device
Hz	Hertz
LARP	sol anterior sağ posterior
LogMAR	minimum ayırt edilebilen en küçük açının (MAR) logaritması
ms	milisaniye
RALP	sağ anterior sol posterior
SMMDT	standardize mini-mental durum testi
SPSS	sosyal bilimler için istatistik programı
SSK	semisirküler kanal
SVA	statik görme keskinliği
vHIT	video head impulse test
VOR	vestibülo-oküler refleks

1. GİRİŞ

Denge, hem vücudun bölümleri arasında hem de vücut ile çevre arasında meydana gelen doğru ilişkinin statik ve dinamik olarak uyum içinde sürdürülebilme yeteneğidir. Denge; konum/pozisyon değişikliğine dair bilginin elde edilmesi (bilgilendirme), bilgilerin denge merkezinde algılanması ve hazırlanması (yorumlama) ve yorumlanan bilgilere uygun motor cevapların verilmesi (uygulama) olmak üzere üç aşamada sağlanır. Bu karmaşık mekanizmayı devam ettirebilmek için çoklu duyu referansı kullanılır. Vestibüler sistem ile semisirküler kanallardan (SSK), somatosensör sistem ile destek yüzeyinden, vizüel sistemle ise çevrede yer alan nesnelere gelen uyarılar devreye girer (1, 2).

Yüksek omurgalılarda denge, çevremizdeki objelerin sabit olması (uzay/meکان oryantasyonu) esasına dayanır. Hareketsiz nesnelere referans noktaları olarak kullanılır. Çevredeki nesnelere görüntüleri retina üzerinde sabitlenmelidir. Hareket ettiğimizi referans noktalarına olan konum değişikliğini sürekli değerlendirerek anlarız. Hareket halinde de çevredeki referans noktalarının görüntülerinin retina üzerinde sabit tutulması gerekir. Baş hareketleri sırasında çevredeki nesnelere retinadaki görüntülerinin sabit kalması için gözlerimizin bir hareket yapması zorunludur. Bu hareket baş hareketinin aksi yönünde fakat aynı hızda olmalıdır. Baş ve göz arasındaki bu uyum vestibulo-oküler refleks (VOR) ile sağlanır (1, 2).

Çevremizdeki cisimlerin sabit kalmaması, meکان oryantasyonunu bozar. Konum bilgilerini toplayan reseptörlerdeki bozukluklar da çevredeki cisimlerin hareket ettiğini hissetmemize neden olabilir. Vestibüler sistem yerçekimini, başın boşluktaki konumunu, vücudun her türlü hareketini ve konum değişikliğini hisseden özelleşmiş yapılardan oluşur. Konuma ve harekete ait bilgiler, her iki kulakta yer alan vestibüler uç organlar tarafından sağlanır. Vestibüler uç organlarla birlikte göz, deri, tendon, kas ve eklemlerden gelen bilgiler toplanır. Bu bilgiler, merkezi sinir sisteminde işlendikten sonra, bütünleştirilir ve vücudun konumuna ve her türlü hareketine uyumlu olacak şekilde duruşu sağlayan kaslara iletilir. Sonuçta gözlerin bakılan noktada sabitlenmesi, çeşitli vücut kaslarının tonusunun ayarlanması gibi refleksif mekanizmalarla vücut pozisyonu korunarak, denge sağlanır (1-3).

Yaş artışıyla birlikte vestibüler reseptör hücrelerinin ve primer afferentlerin kaybının gösterilmiş olduğu birçok çalışma mevcuttur. Sağlıklı yetişkin bireylerde SSK'da çok sayıda reseptör yer almaktadır. Reseptör sayısı yaş artışıyla birlikte azalmaktadır. Yaş artışıyla

görülen reseptör kaybıyla VOR'un azalması öngörülmektedir. Aslında reseptörlerin kaybı ve nöral iletimin azalmasıyla ciddi fonksiyonel açıklarla karşılaşılması beklenirken, fonksiyonel olarak vücut kompensasyon mekanizmaları geliştirerek mevcut duruma adapte olmaya çalışmaktadır (4, 5) .

Vestibüler testlere baktığımızda her ne kadar bize VOR kazancı ve SSK'nın normal çalışıp çalışmadığı konusunda bilgi veriyor olsa dahi, hareketin fonksiyonel olarak görevini yerine getirip getirmediğini tam olarak gösteremeyebilir. Bakış stabilizasyonunun sağlanmış olması her zaman net görüşü sağlamak için bize yeterli bilgiyi vermeyebilir. Bazen normal VOR kazancı elde edilmiş olsa bile, baş hareketiyle beraber bulanık görme durumuyla karşılaşabilmektedir. Bu nedenle VOR'un baş impulsları için fonksiyonel etkinliğinin test edilmesinde mevcut test yöntemleri yetersiz kalabilmektedir. Bu durum VOR'un net görmedeki etkinliğini değerlendirmeye yönelik alternatif ölçüm teknikliklerini araştırmaya zemin hazırlamıştır. Hızlı, basit uygulama tekniğiyle fonksiyonel head impulse test (fHIT); rotasyonel VOR'u bakış stabilizasyon yeteneğine odaklanarak, yüksek hız ve ivmede fonksiyonel performans açısından değerlendirebilmek için geliştirilmiştir. fHIT bu özellikleriyle algısal bir test olup, göz hareketlerini ölçen bir test değildir (6-8).

Fonksiyonel head impulse test cihazının yaş ile ilişkisini inceleyen sağlıklı popülasyonda yapılmış çalışma henüz bulunmamaktadır. Çalışmamızda sağlıklı bireylerde fHIT değerlerinin yaş ile ilişkisini belirlemeyi amaçladık. Yaptığımız bu çalışma sağlıklı popülasyonda çeşitli hasta gruplarında yapılacak çalışmalarda karşılaştırma yapmak açısından ve patolojik sonuçları belirleme adına da önemli bir yol gösterici olacaktır. Çalışmamızdaki hipotezlerimiz;

Hipotez 1;

H₀: Yaş ile fHIT doğru cevap yüzdesi arasında etkilenim vardır.

H₁: Yaş ile fHIT doğru cevap yüzdesi arasında etkilenim yoktur.

Hipotez 2;

H₀: Yaş arttıkça, VOR fonksiyonelliği etkilenmez.

H₁: Yaş arttıkça, VOR fonksiyonelliği etkilenir.

Hipotez 3;

H₀: Baş akselerasyonu ve yaş arttıkça, VOR fonksiyonelliği etkilenmez.

H₁: Baş akselerasyonu ve yaş arttıkça, VOR fonksiyonelliği etkilenir.

2. GENEL BİLGİLER

Denge hem vücudun bölümleri arasında hem de vücut ile çevre arasında meydana gelen doğru ilişkinin statik ve dinamik olarak uyum içinde sürdürülebilme yeteneğidir. Denge; konum/pozisyon değişikliğine dair bilginin elde edilmesi(bilgilendirme), bilgilerin denge merkezinde algılanması ve hazırlanması (yorumlama) ve yorumlanan bilgilere uygun motor cevapların verilmesi (uygulama) olmak üzere üç aşamada sağlanır. Bu karmaşık mekanizmayı devam ettirebilmek için çoklu duyu referansı kullanılır. Vestibüler sistem ile yerçekiminden, somatosensör sistem ile destek yüzeyinden, vizüel sistemle ise çevrede yer alan nesnelere gelen uyarılar devreye girer. Yüksek omurgalılarda denge çevremizdeki objelerin sabit olması (uzay/mezkan oryantasyonu) esasına dayanır. Hareketsiz nesnelere referans noktaları olarak kullanılır. Çevredeki nesnelere görüntüleri retina üzerinde sabitlenmelidir. Hareket ettiğimizi referans noktalarına olan konum değişikliğini sürekli değerlendirerek anlarız. Hareket halinde de çevredeki referans noktalarının görüntülerinin retina üzerinde sabit tutulması gerekir. Baş hareketleri sırasında çevredeki nesnelere retina üzerindeki görüntülerinin sabit kalması için gözlerimizin bir hareket yapması zorunludur. Bu hareket baş hareketinin aksi yönünde fakat aynı hızda olmalıdır. Baş ve göz arasındaki bu uyum VOR ile sağlanır(1-3).

2.1. Vestibulo-Okuler Refleks

Vestibulo-okuler refleks, baş hareketi sırasında retina görüntüsünü sabitlemek için göz hareketini koordine ederek, baş ve göz hareket hızını eşleştirir. Gözlerin bakılan nesne üzerinde kısa bir süre odaklanması ve kısa bir süre sabitlenmesiyle net görüş sağlanır. SSK'lar baş hareketiyle uyarılırlar. Gözler ise baş hareketi ve şiddetine göre dengeyi sağlayacak şekilde hareketin tam tersi yönünde stabilizasyonu sağlamak üzere hareket eder. SSK'larda oluşan uyarımların ekstraoküler kaslara ulaşmasıyla VOR devreye girer. Bu sistem, vestibüler çekirdekler, medial longitudinal fasciculus, III, IV, VI. kranial sinir çekirdekleri yoluyla uyarıların gözleri hareket ettiren kaslardan oluşur. Eğer bu iletme bağı olarak gözün ve başın hareket hızı uyuşmazsa, uyuşmazlığı düzeltmek, ateşleme oranını değiştirmek için serebellumdan vestibüler çekirdeğe uzanan uyarı gönderilir (1).

Vestibulo-okuler refleks vestibüler yapıların köken aldığı yere göre kanal-okuler ve otolit-okuler olarak iki çeşit refleks sistemi içerir. Kanal-okuler refleks; SSK'lardan

herhangi biri uyarıldığında uyarılan SSK hangisi ise gözler o SSK'nın düzleminde hareket eder. Otolit-oküler refleksi; otolit organlardan alınan uyarılar sonucu oluştuğu ve vertikal-rotatuar göz hareketlerine yol açtığı düşünülmektedir.

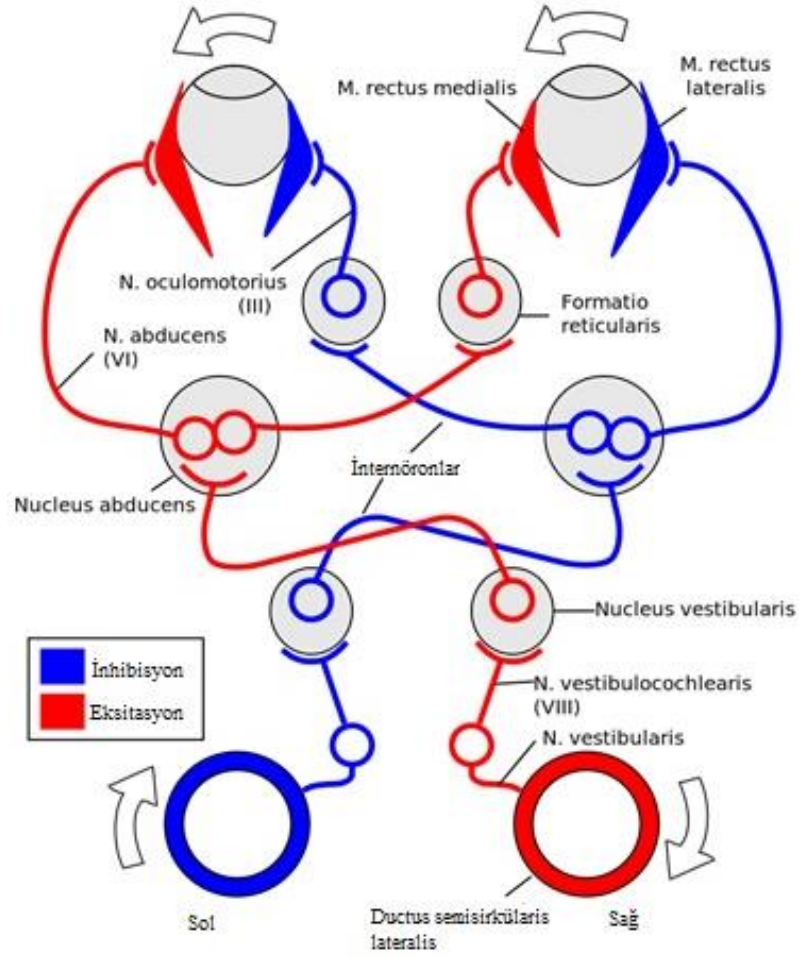
Kanal oküler refleksin mekanizmasını anlatan SSK'ların düzlemi, endolenf akımının yönü ve bu etkenlerin göz hareket yönüyle ilişkisini gösteren Ewald Kanunu olarak bilinen üç kural vardır.

1. "SSK'nın uyarılmasıyla oluşan göz hareketleri uyarılan SSK düzleminde ve endolenf akımı yöndedir." (Flouren kanunu)
2. "Lateral SSK'da ampulopedal endolenf akımı, ampulofugal endolenf akımına oranla daha büyük cevap doğurur."
3. "Anterior ve posterior SSK'larda ampulofugal endolenf akımı, ampulopedal endolenf akımına göre daha büyük cevap doğurur."

Anterior SSK uyarıldığında oluşan sinyaller ilk olarak ipsilateral superior vestibüler nükleusa, daha sonra kontralateral okülomotor nükleusa gider. Bu uyarım sonucu kontralateral inferior oblik kasları ile ipsilateral superior oblik kasları kasılır ve gözler karşı ve yukarı doğru torsiyonel olarak döner (2, 3).

Posterior SSK uyarıldığında ilk olarak sinyaller ipsilateral medial vestibüler nükleusa daha sonra kontralateral trochlear nükleus ve okülomotor nükleusa ulaşır. Kontralateral inferior rektus kası ile ipsilateral superior oblik kası kasılır ve bunun sonucunda gözler karşı ve aşağıya doğru torsiyonel olarak döner (3).

Lateral SSK uyarıldığında, uyarılar ipsilateral vestibüler nükleusa daha sonra abducens nükleusa ve ipsilateral okülomotor nükleusa ulaşır. Kontralateral lateral rektus ve ipsilateral medial rektus kasları kasılır ve gözler zıt yöne doğru hareket eder (3) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Vestibulo-oküler refleksin oluşum mekanizması (9)

2.2. Baş Savurma Testi (Head Impulse Test- HIT) Fizyolojik Temeli

Baş rotasyonu SSK'lardaki endolenf sıvısının yer değiştirmesiyle kupula hareketine neden olur. Bu hareketle tüylü hücrelerde uyarılma gerçekleşir. SSK afferentlerinde aksiyon potansiyeli tetiklenir. Sinirlerden çıkan uyarı vestibüler çekirdeklere yansır. Her iki gözün göz-kas motor nöronlarına uyarı gider. Sonuçta baş rotasyonunun aksi yönünde konjuge göz hareketi ile bakışlar sabit kalır (10). Uyarılmayla beraber meydana gelen göz hareketinin nasıl yönlendirildiğini anlamak önemlidir. Bu göz hareketinin bazı özellikleri vardır:

- Göz hareketinin başlangıç cevabı hızlıdır. Baş rotasyon uyarısının başlangıcından göz hareket cevabının başlangıcına kadar geçen süre yaklaşık 8 ms'dir.
- Uyarı, konjuge göz hareketine neden olur. Fakat yapılan detaylı ölçümlerde iki gözün aslında tam olarak konjuge olmadığı gösterilmiştir (11).
- Bu yanıtı düzenleyen doğrudan direkt sinir yolları bilinmektedir.

Semisirküler kanal fonksiyonunun değerlendirme yöntemlerinin büyük bir dezavantajı, baş rotasyonu ile başın her iki tarafındaki SSK'larda birbirini tamamlayan bir uyarıya neden olmasıdır (12). Kanal-oküler yolların fizyolojisi, bireyin düşük hızlı ($\sim 15^\circ$, $100^\circ/\text{sn}$, $1.000^\circ/\text{sn}^2$) baş hareketlerinde sağlıklı kulaktan gelen inputun horizontal rotasyonun her iki tarafında ölçülen sonuçları etkileyeceğini göstermektedir. Fakat bu durum yüksek ivmeli ($4.000^\circ/\text{sn}^2$ ve üzeri) baş uyarıları için geçerli değildir. Yüksek ivmeli uyarı kullanıldığında karşı taraftan gelen uyarı inhibe edilerek sağlıklı kulak ölçümü yapılabilir. Düşük hızda yani düşük ivmelenme şeklinde uyarı kullanılırsa, sağlıklı kulak tarafının göz hareketlerinin cevabını yönlendirebildiği görülebilir. HIT'te yüksek hız uyarılarının zorunlu olması buradan kaynaklanmaktadır. Yani temel neden, baş savurmasıyla başın döndürüldüğü taraftan baskın bir uyarılma meydana gelirken, karşı kulakta daha zayıf ve indirekt uyarı meydana getirmesidir (12).

Günlük yaşam aktiviteleri sırasında daha çok kullandığımız baş hareketleri $4.000^\circ/\text{sn}^2$ ve üzeri olan yüksek ivmeli hareketlerdir (13, 14). Bu nedenle göz hareketlerinin cevabının çok kısa latanslı olması gerekir. Bu süre baş hareketinin başlangıcından göz hareketinin cevabının başlangıcına kadar yaklaşık olarak 8 ms'dir. Başlangıç cevabının çok hızlı tip I reseptörleri ile kristanın merkezi bölgesindeki düzensiz afferentlerin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (12).

Semisirküler kanallarda 2 tip tüylü hücre yer alır. Bunlardan tip I; kısa, sert tüy demetleri olan amfora şekilli reseptörlerdir. Kaliks şeklinde afferent sonlanmaları vardır (15, 16). Tip I reseptörleri, kristanın tepe kısmında yer alır ve intrasellüler kayıtlarla bu reseptörlerin çok hızlı dinamik cevaplarının olduğu gösterilmiştir (17, 18). Tip II reseptörleri silindirik şekillidir ve buton tipi afferent terminalleri üzerinde sonlanmaları vardır. İnce, az myelinli ve düzenli ateşlemeli sinir lifleri ile inerve edilirler. Uzamış uyarılara cevap verirler. Vestibüler tüy hücrelerinin alt tiplerini moleküler düzeyde neyin ayırdığı hakkında literatürde az şey bilinmektedir (19, 20). Afferent liflerin düzenli ateşleme özelliğinin iyon kanalı dağılımındaki farklılığından kaynaklandığına dair yayınlar mevcuttur (21, 22). Büyüyen bir elektrofizyolojik farklılık listesi de Tip I ve Tip II tüy hücrelerini birbirinden ayırmaktadır (20, 23). Fizyolojik kayıtlardaki bölgesel farklılıklar Tip I ve Tip II tüy hücrelerinin merkezi ve periferel bölgeye göre ayrılmasının yanında daha fazla alt gruplara ayrılabilceğini işaret etmektedir (20, 24, 25).

Günlük yaşam aktiviteleri sırasında deneyimlediğimiz frekans aralığında (0-20 Hz), SSK'lardan çıkan afferentler baş hızını kodlarken, otolit afferentler doğrusal ivmeyi kodlar (26). Sinüzoidal hareketin uyarılarına karşı afferent yanıtların nicelendirilmesi, düzenli ve düzensiz afferent aktivitenin dinamiklerinde önemli farklılıkları ortaya çıkarır. Özellikle, düzensiz afferentlerin kazanç ve fazları, fizyolojik frekans aralığı üzerindeki baş hareketlerinde düzenli afferentlerden daha büyüktür (27-32). Örnek verirse düzensiz afferentler 15 Hz'de baş hareketine düzenli afferentlerden iki kat daha fazla duyarlıdır (27-32). Düzenli afferentler düzensiz afferentlerle karşılaştırıldığında, fizyolojik frekans aralığından daha yüksek şekilde uyarılarak, oluşan baş hareketi hakkında iki kat fazla bilgiyi iletir (31, 33). Bu bulgu ile tutarlı olarak düzenli afferentler düzensiz afferentlere göre baş hareketini tespit etmede iki kat daha duyarlıdır. Bu nedenle düzenli ve düzensiz afferentler iki paralel bilgi kanalını etkili bir şekilde tamamlarlar. Düzensiz afferentler daha yüksek kazançlı yüksek frekanslı uyarıyı kodlarken, düzenli afferentler davranışsal olarak önemli frekans aralığı üzerinden uyarının ayrıntılı zaman süreci hakkında bilgi iletir (31, 33).

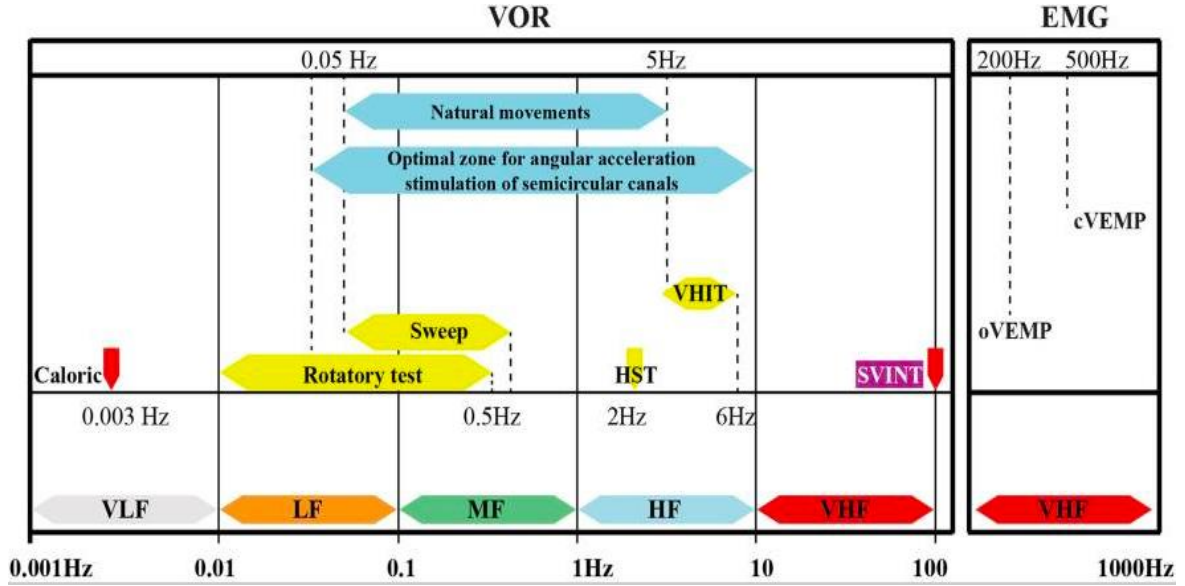
Her bir labirentin, primer afferentlerinin uyarılması sonucu ileti vestibüler çekirdeklere yansır. Lateral SSK uyarıldığında, uyarılar ipsilateral vestibüler nükleusa daha sonra abducens nükleusa ve ipsilateral okulomotor nükleusa ulaşır. Kontralateral lateral rektus ve ipsilateral medial rektus kasları kasılır ve gözler zıt yöne doğru hareket eder. Baş hareket etmezken, her iki vestibüler çekirdek aktivitesi denge halindedir (3).

Sağlıklı bir bireyde ani sola doğru horizontal baş rotasyonu sol lateral SSK'da yer alan reseptör ve afferentler aktive olurken, aynı anda sağ lateral SSK afferent ve reseptörleri baskılanır (3). Sol lateral SSK afferentlerinin uyarılmasıyla, sol vestibüler nükleus aktive olur. Bu nükleustaki nöronlar karşı tarafta yer alan abducens nükleusunda uyarılma meydana getirir. Abducens nükleusundaki bazı nöronlar, medial longitudinal fasikülüs ile karşı okulomotor nükleusu uyarır. Böylece sol gözün medial rektus kası aktive olur (34, 35). Başın rotasyonu sağ SSK'dan primer afferentleri baskılayarak sağ vestibüler nükleusa daha az uyarı yansıtacaktır. Bu durum sol abducens uyarılmasında ve sağ medial rektus aktivasyonunda azalma ile sonuçlanacaktır. Böylece her vestibüler nükleus, karşı taraftaki vestibüler nükleustaki bazı nöronları baskılayarak bazılarını inhibe eder (36, 37).

2.3. Vestibülo-Okuler Refleksi Değerlendiren Test Bataryaları

Vestibulo-okuler refleks, baş hareketleri sırasında SSK'lar aracılığı ile bakışları stabilize ederek net görüşü sağlar. HIT, hızlı, pasif, hasta tarafından beklenmeyen baş hareketlerinin kullanıldığı VOR kazancının değerlendirildiği bir test yöntemidir (38). VOR kazancı uyarının frekansına bağlıdır. Kişinin yürüyüşü ve başını çevirdiği sıradaki uyarı frekansıyla uyumlu olan 0,5-5 kHz frekansları arasındaki $4.000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ ivmeli uyarımlar optimal uyarımlardır. Normal günlük yaşam aktiviteleri sırasında baş velositesi $550 \text{ }^\circ/\text{sn}$ iken baş hızı arttığı zaman $6000 \text{ }^\circ/\text{sn}$ 'ye kadar çıkar. Frekans sınırları 0-20 Hz'tir (26). VOR 7-15 ms olan kısa latanslı çok hızlı hareket eden bir reflekstir. Bu nedenle yüksek frekanslarda oluşan göz hareketlerinde iyi bir kompensasyon sağlanır. İnsan vizüel sisteminde göz hareketlerinin latansı (75 ms) ise daha uzun sürelidir. Açısal VOR'un buradaki fonksiyonel işlevi baş rotasyonu sırasında retinada görüntüleri sabitlemek ve algılamaya izin vermektir (39).

Vestibulo-okuler refleks ölçümlerinde hız, ivmelenme ve frekans önemli parametrelerdendir. Başın birim zamanda SSK'nın horizontal düzleminde birim rotasyonel yer değiştirmesi ile biz hızı ölçüyoruz. VOR için bu değer 0-550 $^\circ/\text{sn}$ arasında değişmektedir. Birim zamandaki hız dediğimiz ivmelenme ise 0-6000 $^\circ/\text{sn}^2$ aralığındadır (26). Cihazlar değerlendirme yaparken işlemleri daha da detaylarına ayırıştırırken ivmelenme bakarlar. Anatomik pozisyonda iken bireyin başını SSK ekseninde rotasyon yapıp tekrar anatomik pozisyona dönmesiyle 1 tam tur tamamlanmış olmaktadır. Bir saniyeyi tam turu gerçekleştirmek için geçen süreye böldüğümüz zaman Hz cinsinden frekansa ulaşırız. Vücudun sabit olduğu durumlarda ise bakış stabilitesi için VOR yerine smooth pursuit yeterlidir. Bireyin yavaş yürüken baş hareket hızı lateral düzlemde 20-78 $^\circ/\text{sn}$, frekansı 0.7-1.2 Hz iken; vertikal düzlemde baş hareket hızı 20-39 $^\circ/\text{sn}$, frekansı 0.9-5.1 Hz'e kadar çıkar. Yürüme hızının artmasıyla ve koşarken baş hareket hızı lateral düzlemde 390 $^\circ/\text{sn}$ 'ye çıkarken, vertikal düzlemde 163 $^\circ/\text{sn}$ 'ye yükselir ve frekansları da artar (40).



Şekil 2.2. Vestibüler test bataryalarının değerlendirdikleri frekans aralıkları (41)

VLF: Çok düşük frekans; LF: Düşük frekans; MF: Orta frekans; HF: Yüksek frekans; VHF: Çok yüksek frekans; Caloric: Kalorik test; Rotatory test: Rotasyonel test; DVAP: Dinamik görme keskinliği testi; HIT: Baş savurma testi; HST: Baş sallama testi; VAT: Vestibüler otorotasyon testi; SVINT: Kafatası vibrasyonuna bağlı nistagmus testi; oVEMP: Oküler vestibüler uyarılmış miyojenik potansiyel; cVEMP: Servikal uyarılmış miyojenik potansiyel (41)

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi her bir test bataryası kendi içinde farklı VOR frekansını değerlendirmektedir. Değerlendirdikleri frekansa, SSK’ya, avantaj ve dezavantajlara göre her bir test bataryası tanıda ayrı bir öneme sahiptir. Vestibüler sistemde VOR’u fonksiyonel değerlendiren ve çok yeni olan fHIT, dinamik görme keskinliği testi (Dynamic Visual Acuity Test-DVAT) ve statik görme keskinliği (Static Visual Acuity-SVA) testi ile birlikte var olan problemin hastayı günlük yaşamında nasıl etkilediğinin, hastaya neler hissettirdiğinin kantitatif ölçümünü yapmaktadır (40, 42). Bu da günlük yaşam aktiviteleri sırasında farklı baş akselerasyonlarında VOR değerlendirmesini yapabildiğimiz fHIT ile mümkün olabilmektedir (6-8).

2.3.1. Kalorik test

Kalorik test ilk olarak Robert Bárány tarafından tanımlanmıştır (43). Bárány, bir seferde tek bir vestibüler uç organın işlevini değerlendirmek için kullanılabilecek bir testin tanımının yanı sıra, kalorik test ile elde edilen reaksiyonun arkasındaki fiziyojyiyi de açıklamıştır. Robert Bárány 1914’te vestibüler sistemin fiziyojyisi konusundaki çalışmalarıyla Nobel Ödülü almıştır. Kalorik test, periferik vestibüler sistemin klinik değerlendirmesinin temel dayanağı haline gelen bir test olmasına rağmen, yıllar içinde, protokolleri iyileştirmek, en hassas sonuç parametrelerini belirlemek ve testin faydasını daha

kesin bir şekilde tanımlamak için çok fazla çalışma yapılmıştır. Kalorik test VOR mekaniğine dayanarak vestibüler sistemi değerlendirir. Kalorik test lateral SSK'ları ve bunların afferentlerini test etmek için VOR'u stimüle eder (44, 45). Endolenf ısındığında (hava veya su ile), lateral SSK'da tüylü hücrelerin hareketiyle sağ ve sol VOR arasında bir dengesizliğe neden olan yapay akım, nistagmusla sonuçlanır. Kalorik uyaran fizyolojik olmayan (0,001-0,003 Hz) bir uyarandır. Frekansının düşük olmasının sebebi ise termal değişiklik ile konvektif akım oluşturarak meydana getirdiğimiz pasif uyarıdır. Burada baş hareketi olmadan pasif olarak meydana gelen endolenf sıvısının hareketi çok yavaş olduğu için eksitasyon ve inhibisyonda yavaş olur (46, 47). Fizyolojik olmayan bir uyaran kullanılıp düşük frekansları değerlendirmesine rağmen günümüzde tanıda hala büyük öneme sahiptir. Ayrıca kalorik testin HIT, vHIT (video Head Impulse Test) ve fHIT'e göre avantajı servikal mobilitesi sınırlı olan bireylerde baş hareketinin yapılmasını gerektirmemesidir (46, 48).

2.3.2. Rotasyonel sandalye testi

Rotasyonel sandalye testi lateral SSK'ların doğal eksitasyon ve inhibisyonu sağlanarak VOR fonksiyonlarıyla vestibüler sistemin değerlendirilmesidir. En önemli özelliği günlük yaşam aktivitelerine yakın fizyolojik bir uyaran kullanılmasıdır. Sadece horizontal SSK'lar değerlendirilir (49). Rotasyonel sandalye testi bilateral vestibüler hipofonksiyonundan şüphelenildiğinde horizontal SSK fonksiyonu için altın standart test olarak kabul edilir (50). Periferik vestibülopatinin saptanmasında yüksek sensitivite (0.747) ve spesiviteye (0.634) sahiptir (51). Son yapılan çalışmalarda çocukları test ederken güvenilir olduğu gösterilmiştir. Ayrıca baş savurma yapılmadığı için HIT, vHIT, fHIT uygulanmadığı durumlarda başvurulan bir test bataryasıdır. Ototoksik ilaç kullanım öyksünde özellikle tercih edilir. Unilateral periferik vestibüler patolojilerde ise bu test ile tanıya gitmek mümkün değildir (52).

2.3.3. Dinamik görme keskinliği testi

Vestibulo-oküler refleksi, baş hareketi esnasında sabit bir bakış sağlamaktadır. Vestibüler hipofonksiyonu olan bireyler genellikle baş hareketleri sırasında artmış retina kayması nedeniyle ossilopsi tarif ederler. Retina kaymasıyla görsel bilgi retinadaki foveadan kayar (hareket eder) ve baş hareketi sırasında görme keskinliği bozulur. DVAT testi VOR'un fonksiyonel bir ölçüsüdür. Bu test ile baş hareketi sırasında bakış stabilitesi değerlendirilir (40, 42). Vestibüler hipofonksiyonu olan bireylerde tipik olarak düşük DVAT skorları görülür. Test uygulanırken, baş hareketsiz ve hareket halindeyken görme keskinliği

tablosunda yer alan giderek küçülen boyutlarda harf ve şekilleri tanıyabilme kabiliyeti ölçülür. Bu harf ve şekillerin adına optotip denilmektedir. DVAT testinde görme keskinliği tablosu olarak Snellen (53-55) ve LogMAR (logarithm of the minimal angle of resolution-minimum çözünürlük açısının logaritması) kullanılır. Snellen tablosu ilk Herman Snellen tarafından görme keskinliğini ölçmek için geliştirilmiştir. Snellen tablosu 11 satırdan oluşan her bir satırda giderek boyutu azalan harflerden oluşur. Bireyden altı metre uzaklıktaki ilk satırdan başlanarak her bir satırı okuyabildiği yere kadar sırasıyla harfleri okuması istenir. Doğru okuyabildiği en son satırdaki harf büyüklüğüne göre, o gözdeki görme keskinliği saptanır. Bu keskinlik tablosundaki sembollerin her birine optotip denir. 1976'da Snellen tablosunu alternatif olarak LogMAR çizelgesi geliştirilmiştir. Logaritmik hesaplama ile optotip boyutu belirlenir. Görme keskinliğinin minimum çözünürlük açısına göre puanlama yapılır. Örnek verirken; 1 dakikalık görsel açı puanları kadar küçük ayrıntıları çözebilen birey, 1'in 10 tabanlı logaritması 0 olduğundan, LogMAR 0 olarak belirlenir. 2 dakikalık görme açısında küçük ayrıntıları çözebilen bir birey LogMAR 0.3 puan alır. Çünkü 2'nin 10 tabanlı logaritması yaklaşık 0.3'tür. LogMAR grafiğini kullanmanın iki avantajı vardır: (1) optotipin boyutu, optotipler arasındaki boşluk ve sıralama etkisi olmadan görsel keskinliği tanımlayan tek faktördür ve (2) değişen logaritmik ölçek nedeniyle optotip boyutunun değişmesi standart olmayan görüntüleme mesafeleri kullanılsa bile ölçeklendirme faktörü LogMAR grafiğinde kullanılan optotipler arasında sabit kalır (54).

Baş rotasyon hızı DVAT ekipmanları arasında farklılık gösterebilir. Fakat bu hız optotipi tanımlayabilecek kadar olmalıdır. Ortalama bu hız 120 °/sn 'nin üstündedir. Yani 2 Hz'lik bir frekansı tanımlar (56). DVAT testinin bilgisayarlı versiyonu daha kullanışlıdır (40). Bilgisayarlı versiyonu baş hızını kontrol etmek için bir hız sensörü ve optotipin ne zaman sunulduğunu kontrol eden bir yazılım içerir (57).

2.3.4. Baş sallama testi

Baş sallama testi dinamik vestibüler fonksiyonda sol-sağ asimetrisinde yol gösterici bir yöntemdir. Frenzel gözlüğü takılır. Hastanın başı lateral SSK'lar yere paralel hale gelecek şekilde 20 saniye süreyle her iki yöne doğru 2 Hz'lik bir frekansta sağa sola sallanır. Tek taraflı bir vestibüler lezyon varsa, baş sallama hareketi sonrasında hızlı fazı sağlam tarafa vuran horizontal nistagmus gözlenir (58). Subjektif bir test yöntemidir. Test yöntemi yalnızca lateral SSK'lar için uygulanır.

2.3.5. Baş savurma testi (Head Impulse Test- HIT)

Baş savurma testi, hızlı, pasif, hasta tarafından beklenmeyen baş hareketlerinin kullanıldığı VOR kazancının değerlendirildiği bir test yöntemidir (38). VOR kazancı uyarının frekansına bağlıdır. Kişinin yürüyüşü ve başını çevirdiği sıradaki baş akselerasyonu ile uyumlu olan 2000-4000 $^{\circ}/sn^2$ arasındaki uyarımlar optimal uyarımlardır. Baş pasif hızlı ve küçük amplitüdü (10-20 $^{\circ}$) hareketlerle hareket ettirilir. Sağlıklı bir bireyde HIT sonrası beklediğimiz stabil bir bakıştır. Eğer VOR azalır ya da tamamen yok olursa baş hareketi ardından kompensasyonu sağlamak için düzeltici göz hareketleri dediğimiz sakkadlar başlar. Subjektif bir test yöntemidir (38).

2.3.6. Scleral search coil

Baş savurma testi vestibüler patolojiyi tespit etmede kullanışlı olsa da özellikle düzeltici göz hareketi olan sakkadların çıplak gözle gözlemlenme zorluğu nedeniyle VOR ile ilgili sorunların tespitinde yetersiz olabilmektedir. Açık sakkadlar scleral search coil tekniği HIT ölçümleri için altın standarttır (59, 60). Altı SSK'da değerlendirir. Göz lensine benzer şekilde yerleştirilir. En dış kenarı ince bir bakır tel ile çevrili silikon bir halkadan oluşur. Test elektromanyetik bir alan içerisinde gerçekleşir. Bobin (coil) hareketinin bu alan içindeki hareketinin neden olduğu voltaj değişimleriyle gözün hareketlerini üç boyutlu tespit eder. Skleral search coil, çok hızlı (>300 $^{\circ}/s$) göz hareketlerini tam olarak yakalayabilmektedir. Bu da HIT sırasında hem overt sakkadları (baş savurma hareketi bittikten sonra meydana gelen düzeltici göz hareketi) hem de covert sakkadları (baş savurma hareketi bitmeden meydana gelen düzeltici göz hareketi) gözlemlemeyi sağlar (61). Açık sakkadlar scleral search coil tekniği HIT ölçümleri için altın standart olsada, göze takılan ve rahatsız edebilen lens nedeniyle pratik olmayan bir yöntemdir.

2.3.7. Video head impulse test (vHIT)

Baş savurma testi vestibüler patolojiyi tespit etmede kullanışlı olsa da özellikle düzeltici göz hareketi olan sakkadların çıplak gözle gözlemlenme zorluğu nedeniyle VOR ile ilgili sorunların tespitinde yetersiz olabilmektedir. Bu sorunu çözmek için MacDougall, Weber (62) yüksek yakalama hızı, yüksek çözünürlüğü ve hızlı kayıt yapılabilme özellikleri olan vHIT'i geliştirmişlerdir. Böylece vHIT çıplak gözle gözden kaçabilen, yakalanamayan düzeltici göz hareketi olan sakkadların tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. Görüntüler elastik bir askı ile başa bağlanmış bir gözlükle beraber video kamera ile alınmaktadır. Başın

hareket hızı ise üç boyutlu bir ivmeölçer ve iki adet jiroskoptan oluşan bir ünite ile hesaplanmaktadır. vHIT baş hareketleriyle beraber meydana gelen günlük yaşam aktiviteleri sırasında kullandığımız doğal frekans aralığındaki (1-5Hz) (63) baş hızlanmalarına ait VOR yanıtlarını ölçmektedir. Test uygulanırken aynı eksen üzerindeki SSK çiftine rastgele savurmalar uygulanarak hastadan sabit bir noktaya gözü sabitlemesi istenir. Bu şekilde altı SSK'nın işleyişi değerlendirilir. Test sonucunda göz hızının baş hızına oranı hesaplanarak VOR kazancı kantitatif olarak belirlenir [59].

Tablo 2.1. VOR'u değerlendiren test bataryalarının özellikleri

VOR değerlendiren test bataryaları	Değerlendirdiği SSK'lar	Değerlendirdiği frekans aralığı	Test karakteri	VOR uyarılma biçimi
HIT	Horizontal	2000-4000 %/sn ²	Subjektif	Fizyolojik
Baş sallama testi	Horizontal	1,5-2 Hz	Subjektif	Fizyolojik
Kalorik test	Horizontal	0,001-0,003 Hz	Objektif	Nonfizyolojik
Rotasyonel sandalye	Horizontal	0,01-1,28 Hz	Objektif	Fizyolojik
vHIT	Horizontal ve vertikaller	1000-4000 %/sn ²	Objektif	Fizyolojik
Magnetic Skleral search coil	Horizontal ve vertikaller	3000-4000 %/sn ²	Objektif	Fizyolojik
DVAT	Horizontal ve vertikaller	2 Hz ve üzeri	Objektif	Fizyolojik
fHIT	Horizontal ve vertikaller	1000-7000 %/sn ²	Objektif	Fizyolojik

2.4. Fonksiyonel Head Impulse Test (fHIT)

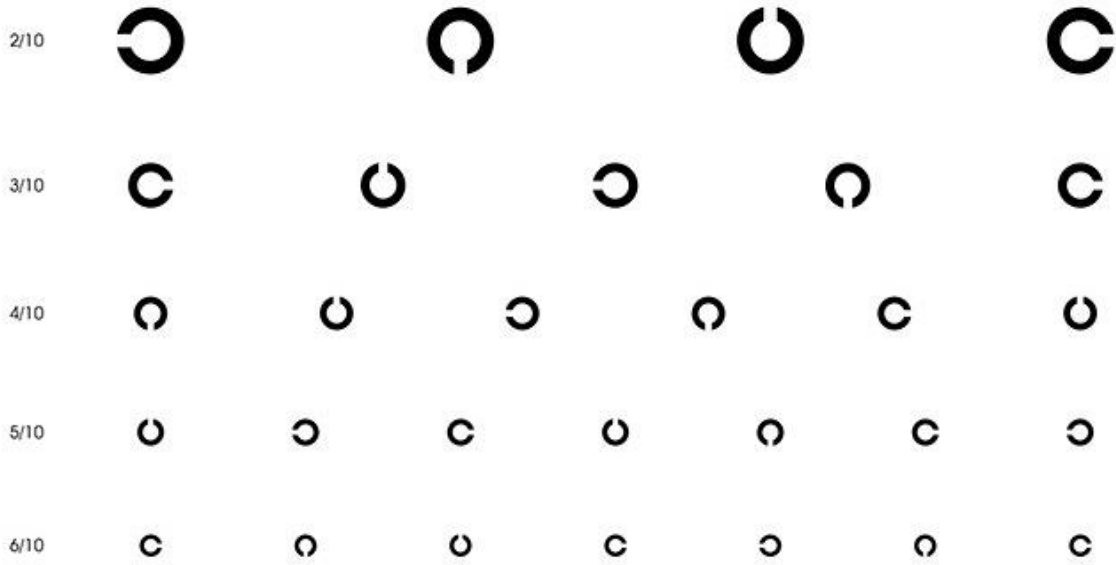
Tüm bu testlere baktığımızda her ne kadar bize VOR kazancı ve SSK'ların normal çalışıp çalışmadığı konusunda bilgi veriyor olsa dahi, hareketin fonksiyonel olarak görevini yerine getirip getirmediğini tam olarak göstermeyebilir. Bakış stabilizasyonunun sağlanmış olması net görüşü sağlamak için bize yeterli bilgiyi vermez. Bazen normal VOR kazancı elde edilmiş olsa dahi, baş hareketiyle beraber bulanık görme durumuyla karşılaşılabilir. Bu, yetersiz görsel işlem (daha yavaş görsel işlem hızı veya azalmış retinal kayma), baş impulsu sırasında yeterince uzun bir optimum görsel stabilite

süresine kadar değişen farklı bozukluklardan kaynaklanabilmektedir (64, 65). Aslında görsel stabilizasyon, baş hareketinin herhangi bir anında baş pozisyonu ile baş hızı kompensasyonu arasında optimal bir dengeden oluşan karmaşık bir göz hareket kombinasyonları ile elde edilir (66). Bu nedenle VOR'un baş impulsları için fonksiyonel etkinliğinin test edilmesinde vHIT yetersiz kalmaktadır. vHIT, VOR kazancıyla bize göz hareketi hakkında kantitatif bilgi verirken, meydana gelen göz hareketinin görme fonksiyonunu ne kadar sağladığı konusunda bilgi vermez. Bu durum VOR'un net görmedeki etkinliğini (verimliliğini) değerlendirmeye yönelik alternatif ölçüm teknikliklerini araştırmaya zemin hazırlamıştır. VOR'un fonksiyonel performansını değerlendiren 2 test yöntemi mevcuttur. Bu testler DVAT ve fHIT'tir.

Aktif baş rotasyonları sırasında görme keskinliğini ölçen DVAT testi ilk fonksiyonel testlerdendir (67, 68). Bu testte bireyden baş hızı 120-180 °/sn olduğunda ekranda beliren "E" harfinin yönünün tanınması istenir. Ekrandaki harf boyutu, bireyin normal görme keskinliğine karşılık gelen boyuta ulaşılan kadar aşamalı şekilde azaltılır. Testin vestibüler disfonksiyonu tespitinde klinik olarak güvenilirliği kanıtlanmıştır (67, 69). Fakat kompensasyon geliştiren bireylerde etkinliği sınırlıdır. Bunun nedeninin ise aktif baş hareketleri sırasında vestibulokokolik refleks gibi mekanizmaların devreye girerek bakışları sabitlemeye daha çok yardımcı olmasına bağlanabileceğine atfedilmiştir (kompansasyon mekanizmaları daha fazla devreye girmiş olabilir) (67, 70). İleriki dönemlerde pasif baş rotasyonlarının kullanıldığı DVAT'ın yeni versiyonu kullanılmaya başlanmıştır (71, 72). DVAT'ta vestibüler problemin teşhisi, statik görme keskinliği (static visual acuity- SVA) ölçümü ile DVAT ölçümünün karşılaştırılması esasına dayanır ve DVAT SVA'dan en az 0.3 logMAR daha düşük olduğunda patolojik kabul edilir (73). Vital ve ark. DVAT'ı iyileştirmek için sekiz yönde Landolt C halkaları kullanarak şans eseri doğru cevap alma olasılığını azaltma yoluna giderek testin yeni bir versiyonunu tasarlamışlardır (74). Böhler ve ark. 2010 yılında farklı baş açısal ivmelerinde vestibüler fonksiyonun değerlendirilmesi için yeni bir teknik olan Head Impulse Test Device (HITD) yazılımını tanıtmışlardır. Yazılım görsel uyarının değil, baş hareketinin hangi parametrelerinin bakışları stabilize etme yeteneğini etkilediği hakkında bilgi vermektedir (6).

Fonksiyonel head impulse test; VOR fonksiyonunu amaç edinerek ve diğer testlerin sınırlılıklarını ele alarak yeni bir test yöntemi olarak geliştirilmiştir (6-8). Hızlı, basit uygulama tekniğiyle fHIT; rotasyonel VOR'u bakış stabilizasyon yeteneğine odaklanarak, yüksek hız ve ivmede fonksiyonel performans açısından değerlendirir. Test alna yerleştirilen

jiroskopun baş çevresine lastik bantla tutturulduğu bir sistemden oluşur. Jiroskopun 3 düzlemde ivme ölçme özelliği vardır. Bu nedenle altı SSK'da VOR fonksiyonu değerlendirilebilmektedir. Başın rotasyonel hareketi sırasında bilgisayar ekranında kısa süreli gösterilen optotipi okuma kabiliyeti ölçülür. Landolt C optotipinin yönünün rastgele değiştirildiği veya Snellen grafiğinin alfabe harflerinin kullanıldığı bir sistemdir (Şekil 2.3, 2.4). Önce SVA ölçülüp görsel uyaran boyutu 0,6 logMAR artırılarak test yapılır. Ekranda gösterilen optotipleri doğru cevaplama miktarı % olarak belirlenerek doğru cevap yüzdesi (DCY) hesaplanır. Her SSK düzleminde gerçekleştirilen baş savurmaları $1000-7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ baş akselerasyonu aralığında farklı hızlanmalar içerir. fHIT algısal bir testtir, göz hareketlerini ölçen bir test değildir (6-8).



Şekil 2.3. Landolt C optotipi



Şekil 2.4. Snellen grafiği

Fonksiyonel head impulse test, SVA değerlendirdikten sonra, farklı açısız ivmelerde sabit boyutlu bir optotip (SVA’da ölçülen görsel uyaran boyutu 0,6 logMAR artırılır) kullanarak doğru şekilde tanınan optotiplerin yüzdesini ölçer. DVAT ise fonksiyonel bir parametrenin azalmasını ölçerek, yüksek hızlanma ve yüksek frekansla ne kadar baş hareketinin görme keskinliğini bozduğu bilgisini verir (42, 72). Fakat bu bozulmanın günlük yaşam aktiviteleri sırasında bir bozukluğa yol açıp açmadığını değerlendirmez. İki sistem bu nedenle iki farklı değerlendirme sağlar. Kısacası, DVA, baş hareketi sırasında kaybedilen görme keskinliği miktarını ölçerken, fHIT fonksiyonel rezidüel performans miktarını ölçer (6-8).

2.5. Vestibüler Sistem ve Yaş

İç kulak temporal kemik içerisinde koklea ve vestibüler organdan oluşur. Bu yapılar farklı olmalarıyla birlikte bazı özellikleri benzerdir. Her ikisinde de aynı tip reseptörler olan tüylü hücreler ile aynı endolenf sıvısı yer alır. Fakat yaptıkları görev olarak birbirlerinden tamamen farklıdırlar. Kokleada ses algılanırken, vestibüler organlar baş hareketlerini algırlar. Kokleada yaşla beraber meydana gelen değişiklikler daha kapsamlı bir şekilde incelenmişken, vestibüler sistemdeki yaşa bağlı etkiler hakkında kokleaya göre az şey bilmekteyiz (75, 76).

2.5.1. Baş dönmesi ve yaş ilişkisi

Baş dönmesi, yaşlı bireylerde en fazla bildirilen sağlık problemidir (77). Bu prevalans yaşla birlikte artarken yapılan çalışmalardaki bulgular farklılık göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde nüfusa dayalı yapılan bir çalışmada 72 yaş üzerindeki bireylerde %24'ünün baş dönmesi yaşadığı bildirilmiştir (78). Hobeika ve ark. yaptıkları çalışmada 60 yaşın üzerindeki bireylerin %65'inde baş dönmesi veya denge kaybı yaşandığını bildirmişlerdir (79). Birleşik Krallık'ta nüfusa dayalı yapılan bir çalışmada, 65 yaş üzeri bireylerin %30'unda baş dönmesi bildirilmiştir (80). Ulusal Sağlık İstatistikleri Merkezi, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki denge bozukluğuna dair prevalansın 70 yaş üzerinde %75,3 olduğunu bildirmişlerdir (81). ABD'de vestibüler disfonksiyonun, 40-49 yaş aralığındaki bireylerin %18'ini, 60-69 yaş aralığındaki bireylerin %49'unu ve 80 yaş ve üzerindeki bireylerin %80'ninden fazlasını etkilediğini bildirmişlerdir (82). Baş dönmesinin etyolojisindeki karmaşıklık, tanı kriterleri ve değerlendirme yöntemlerindeki farklılıklar nedeniyle yapılan çalışmalarda tutarsızlıklar mevcuttur. Bu sonuçlar bize vestibüler disfonksiyon prevalansının yaş ile birlikte arttığını göstermektedir. Ayrıca vestibüler disfonksiyonu olan bazı yaşlı bireylerin baş dönmesi bildirmeyebileceğini düşündürmektedir. Tinetti ve ark. (2000) yaşlı bireylerde baş dönmesinin, birçok farklı semptomu barındıran ve kardiyovasküler, nörolojik, duyuşal, psikolojik ve ilaçlarla ilgili problemleri de içine alan birçok farklı nedenden kaynaklanabilecek çok faktörlü bir geriatrik sendrom olarak düşünülmesi gerektiğini önermektedir (78).

2.5.2. Vestibüler organ yaşlanması

Vestibüler sistemin histolojik olarak incelendiği birçok çalışmayla vestibüler hücre dejenerasyonu doğrulanmıştır. Otokonyalar, duyu nöroepitelleri, Skarpa ganglionu, vestibüler sinir, vestibüler çekirdekler ve beyincikte Purkinje hücreleri incelenen bölgeler arasındadır (5, 83-91). Geniş bir yaş aralığı olan 0-97 yaş aralığında 150 bireyde yapılan temporal kemik anatomik incelemesinde vestibüler sistemde histolojik olarak dejenerasyon belirtileri olduğu bildirilmiştir (92). Vestibüler yapıların farklı anatomik düzlemlerde olmasından dolayı karakterize etme zorluğu ve vücuttaki temporal kemiğin en sert kemik olup vestibülün çok korunaklı bir bölgede yer alması nedeniyle histolojik çalışmalarda zorlanılmıştır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda tek bir vestibüler organ incelenmiştir. Ayrıca destek hücreleri ile tip I, tip II hücreleri ayırt etme zorluğundan dolayı nöroepitelyumdaki değişikliklerin ortaya konması çalışmaları sınırlandırmıştır.

İnsan vestibüler nöroepiteliyle ilgili birçok histopatolojik çalışmada, vestibüler tüylü hücrelerin yaşa bağlı olarak dejenerasyonu gösterilmiştir (85, 86, 93). Yapılan bir çalışmada 65-70 yaş aralığında belirgin tüylü hücre kaybındaki düşüş başlangıcını bildirmişlerdir (4). Vestibüler disfonksiyonu olmayan 0-100 yaş aralığında 67 bireyin vestibüler histopatolojik incelemesi yapılmıştır. Araştırma sonucunda doğumda 0.01 mm^2 başına kristada 76-79, utrikülde 68 ve sakkül içinde 61 tüylü hücre olduğunu bildirmişlerdir. Tip II hücrelerinin tip I'e oranı kristada 2.4: 1 ve makulada 1.3: 1 olduğu bildirilmiştir. Tip I saç hücrelerinin kristada, utrikül ve sakküle göre daha büyük oranda azaldığını; tip II saç hücrelerinin ise tüm vestibüler uç organlarda eşit oranda azaldığını göstermişlerdir (4, 85). 67 temporal kemik üzerinde yapılan bir çalışmada da, tip I tüylü hücrelerin tip II tüylü hücrelerine oranla daha hızlı bir dejenerasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (85). Genel olarak bulgular tip I hücrelerinde daha fazla dejenerasyon olduğu yönündedir. Kristalarda makulaya oranla daha fazla tip I tüylü hücre kaybı gözlenirken, tip II tüy hücreleri aynı oranda dejenerere olmuştur. Bunun, tip I tüylü hücrelerinin filogenetik olarak daha genç olmasından ve bu nedenle daha spesifik ve farklılaşmış olmasından kaynaklanabileceğini söylemişlerdir (84).

Merchant ve ark. tüylü hücre kaybının 20'li yaşlarda başladığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada 70 yaş ve üzeri bireylerde ortalama saç hücre sayısının ampullalarda %40 kadar azaldığını bulmuşlardır (4). Bu çalışmayı destekler nitelikte olan Anniko (1983) tarafından yapılan çalışmada 70-95 yaş aralığında kristada %40 tüylü hücre kaybı bildirilmiştir (84). 70 yaş üzerindeki bireylerde ortalama tüylü hücre sayısının utrikülde %21, sakkülde %24 ve kristalarda %40 azaldığını göstermişlerdir. Tip I tüylü hücre miktarındaki düşüş kristada, utrikül ve sakkülden daha fazla iken, tip II tüylü hücre sayısı aynı oranda azalış göstermiştir. Fakat özellikle dekalsifikasyon sırasında meydana gelen şekil değişikliği, fiksasyon ve kesme işlemi sırasındaki farklılığa bağlı olarak dejenerere hücre sayısını saptamada hatalar görülebileceğini söylemişlerdir (75). Bu çalışmanın aksine, Gopen ve ark. 42- 96 yaş aralığında (ort yaş 82) 10 bireyin yer aldığı çalışmada utrikülde yaşa bağlı tüylü hücre kaybı görülmediğini göstermişlerdir (94). Aynı grupta SSK'larda tüylü hücre sayısının 80'li yaşlarda %12 azalırken 90'lı yaşlarda %25 azaldığını belirtmişlerdir (93). Bu çalışmalara göre tüylü hücre dejenerasyonunun derecesi, normal yaşlanma sürecinde düşük görünmekle birlikte bu sonuçların fonksiyonel cevapları ne kadar etkilediği sorusunu gündeme getirmektedir. Klinik fonksiyon ve saç hücresi dejenerasyonunun derecesinin korelasyonuna bir örnek, Tsuji ve arkadaşlarının aminoglikozid ototoksisite çalışmasında görülmektedir

(4). Kalorik yanıtı olmayan hastalarda lateral SSK kristasında %80'den fazla tüylü hücre kaybı görülmüştür. Ayrıca tüylü hücreler morfolojik olarak ışık mikroskobu ile incelendiğinde fizyolojik olarak bozukluklar olmasına rağmen normal görünebileceğini, yaşa bağlı değişiklikler arasında silya kaybı, lipofusin pigmentlerinin toplanması, kütüküler plağın parçalanması gibi patolojilerinde yer alabileceğini belirtmişlerdir (86, 95). Dengesizlik ve ossilopsi bulguları olan postmortem bir incelemede, lipofusin granüllerinin birikimine ek olarak, hücrelerde mitokondriyal değişiklikler görülmüştür (96). Genel olarak mitokondri sayısındaki artışın, metabolik olarak aktif dokulardaki mitokondriyal disfonksiyon kompensasyon mekanizmalarını yansıttığı düşünülmüştür. Mitokondri sayısındaki artış mitokondriyal şekildeki anormallikleri ve kristanın parçalanma belirtileri, organellerin uyum fonksiyonuna işaret ederek tarif edilmiştir. Bu nedenle, nöronal fonksiyonun hücre ölüm mekanizmaları başlatılmadan ve tüylü hücrelerde fibrotik skar doku oluşmadan çok önce bozulmuş olabileceğine vurgu yapmışlardır (96).

Vestibüler sinirlerin bipolar nöronlarının hücre gövdeleri, bilateral vestibüler sinir gangliyonlarında, yani Skarpa ganglionu'nde bulunur. Ganglionun üst bölümü, lateral ve anterior ampullar sinir fibrillerinin yanı sıra utriküler sinir fibrillerinden oluşurken, alt kısım posterior SSK ve sakkülden sinir liflerini alır. Yapılan çalışmalarla Skarpa ganglionu nöron sayısında ve yoğunluğunda yaşa bağlı bir düşüş bulunmuştur (4, 86, 97). Skarpa ganglionu nöronları 75-85 yaş aralığındaki bireylerde incelenmiş olup nöronlarının çevresinde miyelinli vestibüler sinir fibril sayısında yaklaşık olarak % 37'lik bir azalma bildirilmiştir (98). Vile Velázquez-Villasen etor ve ark. (2000), Skarpa ganglionu'nde 30 yaş sonrasında her yıl 57 hücre azaldığını göstermişlerdir (4). Richter yaptığı çalışmayla yaklaşık 60 yaştan sonra oldukça ani bir düşüş olduğuna işaret etmiştir (86). Park ve ark. (2001a) yaptıkları çalışmada Skarpa ganglionu nöronlarının sayısı, gençlerde yaklaşık 28.952 hücre iken yaşlı bireylerde 30-60 yaşları arasında yaklaşık 23.349'a kadar azaldığını ve doğrusal olmayan bir düşüş olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca ganglionun üst kısmının, alt kısmına göre önemli ölçüde daha fazla etkilendiği göstermişlerdir (4, 97). Richter ise çalışmasında ganglionun her iki kısmı arasında yaşa bağlı düşüşte bir fark bulmamıştır (Richter, 1980). Vile Velázquez-Villasen etor ve ark. (2000) kadınlarda erkeklere göre daha büyük bir düşüş gözlemlendiğini bildirmişlerdir (4).

Vestibüler çekirdeklerde yaşa bağlı olarak nöron kaybıyla ilgili olarak farklı çalışmalar mevcuttur. 40-93 yaş aralığında medial nükleusta her dekatta yaklaşık %5'lik bir nöron kaybı olduğu bildirilmiştir (99). Alvarez ve ark. çalışmalarında vestibüler çekirdeklerde 89

yaşa kadar vestibüler nöron hücrelerinde esas olarak medial çekirdeğin etkilendiği ve yaklaşık %40 kadar kayıp olduğunu bildirmişlerdir (100). Lopez ve ark.'larının çalışmasında dört çekirdekdeki nöron sayısı, nükleer hacmi, nöron yoğunluğu ve nükleer uzunluğu belirlemek için 40-93 yaş aralığında 15 sağlıklı bireyin vestibüler çekirdeğini bilgisayar tabanlı mikroskop kullanılarak analiz etmişlerdir. 40 yaşından başlayarak her on yılda nöron miktarında %3 kadar düşüş gözlemlenmiştir. En büyük nöron kaybı superior çekirdekte gözlenirken, en az nöronal dejenerasyon miktarı medial çekirdekte gözlenmiştir (93). Ayrıca, nöronların sitoplazmasında yaşa bağlı lipofusin birikiminin özellikle lateral çekirdekte daha belirgin olduğu gözlenmiştir (101). Fakat tüm türlerde vestibüler çekirdeklerde nöron kaybı olmadığı yapılan bir çalışmayla da gösterilmiştir. Golden hamsterlarda, dört ana vestibüler çekirdekte yer alan nöron sayısı ve morfolojisi yaş ile birlikte önemli ölçüde değişmediğini yapılan bir çalışmayla göstermişlerdir (102).

Bildiğimiz gibi, vestibüler tüylü hücrelerin sinaps alanlarından baş hareketlerine cevap olarak postsinaptik afferent alana nörotransmitter salgılanır. Kokleadaki tüylü hücrelerin sinaps alanları vestibüle göre gürültü ve yaşlanmadan daha fazla etkilenirler (103, 104). Bu durumun vestibüler tüy hücrelerindeki sinapsları için geçerli olup olmadığı henüz araştırılmamıştır.

Vestibüler sistemdeki nöron kaybı baş dönmesinin tek nedeni değil yalnızca bir faktördür. Genel fiziksel durum, diğer duyuların fonksiyonel durumu, merkezi sinir sistemi bütünlüğü, hafıza, motor koordinasyon ve bilişsel yetenek yaşla beraber düşüşe geçen işlev sonucudur (105, 106).

2.5.3. Periferik vestibüler sistemin fonksiyonel yaşlanması

Ayakta durma ve yürüme esnasında postür ve bakış stabilitesi, merkezi sinir sistemindeki vestibüler, görsel ve somatosensoryel girdilerin birlikte işlenmesi, devamında kas-iskelet ve vizüel sisteme gönderilen cevaplar ile sağlanır. Bu sistemde yer alan her faktör yaşlanma sırasında etkilenir.

Periferik vestibüler sistemin fonksiyonunu yansıtan VOR'un, vestibüler test bataryalarıyla değerlendirilmesi sonucu yaş ile ilişkisi yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (91, 107-110). Kalorik test kullanılarak yapılan çalışmalarda kalorik test sonuçlarında yaşa bağlı herhangi bir değişiklik elde edilmemiştir (Mallinson ve Longridge, 2004; Zapala et al., 2008). 75 yaşın üzerindeki sağlıklı bireylerde genç bireylere göre sinüsoidal rotasyon testi sonuçlarında özellikle yüksek hız stimülasyonu ile VOR kazancında ve VOR zaman

sabitinde bir azalma görülmüştür (91). Sinüzoidal rotasyon testi ve kalorik test ile 7-81 yaş aralığındaki sağlıklı bireylerde performansı değerlendiren bir başka çalışmada, artan yaşla birlikte sinüsoidal test sonuçlarında cevap amplitüdünde düşüş ve cevap fazının kompensasyonunda daha az bir azalma bildirilirken, kalorik test sonuçlarında yaş ile birlikte değişim gözlenmemiştir (108). vHIT ile yapılan bir çalışmada baş savurma hızı arttıkça genç bireylerde kademeli olarak VOR kazancında düşüş gözlenmiştir. Özellikle 70 yaş üzeri bireylerde VOR kazancındaki düşüş miktarının daha fazla olduğu bulunmuştur (109). Bu sonuçlar bize vestibüler sistemdeki yaşa bağlı değişikliklerin VOR'un yüksek frekans bileşenini etkilediğini; kalorik testin ise VOR'un düşük frekans bileşenini yansıttığı için cevaplarda yaşa bağlı bir değişiklik gözlenmediğini göstermişlerdir. Yapılan başka çalışmalarla da dinamik görme keskinliğinde (dynamic visual acuity- DVA) yaşa bağlı ilerleyici düşüşleri belgelenmiştir. Bu çalışmalar DVAT skorlarının, yaş artışının açısız VOR kazancı ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir (74, 110).

2.5.4. Vestibulo-oküler reflekte yaşlanma ve supresyon

Yaşın VOR performansı ve supresyon işlevini etkilediğine dair çalışmalar mevcuttur. Yaşlı bireylerin genç bireylere oranla VOR'u geliştirme ve supresyon kabiliyetlerinde azalma olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (91, 111, 112). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda Parkinson hastalığı (113-115) ve progresif supranükleer palsi gibi yaşa bağlı nörodejeneratif hastalıklarla ilişkili olarak bozulmuş VOR supresyonunu gösterilmiştir (116). Progresif supranükleer palsi, okülomotor fonksiyonda nispeten hızlı düşüş ve nadiren erken hastalık evrelerinde düzenli düşüşlerin meydana geldiği nadir bir nörodejeneratif durumdur (116).

Bakış ve postürel koordinasyon analizinin postürel değişimi sırasında yaşa bağlı olarak sakkadik doğrulukta bozulma bulunmuştur (117). Yapılan başka bir çalışmalarda düşme riski ile sevk edilen bireylerin yaklaşık %40'ında VOR'da bozulmalar olduğunu göstermişlerdir (118). Ayrıca göz ve vücut hareketlerinin zamanlamasının analizi ile farklı ilişkiler bulunmuştur. Yüksek düşme riski taşıyan yaşlı bireylerde topuk kalkışı ve salınım fazlarının uzamasının sadece sakkad bozukluğuna bağlanamayacağını, bu sorunun topuk temasını planlamak için gerekli daha uzun işleme süresine bağlanabileceğini belirtmişlerdir (119).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma İzni Ve Etik Kurul Onayı

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 11/12/2019 tarih ve 19/26 sayılı kararı (Proje No: KA19/384) ile onaylandı (Ek 1). Çalışmaya katılan her bir bireye çalışma hakkında bilgi verildi ve aydınlatılmış onam formu imzalatıldı (Ek 2). Çalışma, Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Bölümü'nde yürütüldü.

3.2. Katılımcılar

Bu çalışmanın örnekleme power analiz ile belirlendi. G*power 3.1 programı kullanılarak yapılan hesaplama göre; 0,40 etki büyüklüğünde, 0,05 yanılma payında, 0,95 güven düzeyinde, 0,90 evreni temsil gücüyle örneklem büyüklüğü 96 olarak belirlendi.

Katılımcıları belirlemede olasılıksız örnekleme yöntemlerinden gönüllülük esasına dayalı örnekleme yöntemi kullanıldı. Katılımcı sayısının yeterliliği power analiz ile sınınanmıştır. Çalışmaya toplamda 105 katılımcı alındı.

Çalışmamıza 18-70 yaş aralığında 53 erkek, 57 kadın olmak üzere toplam 110 sağlıklı birey katıldı. Katılımcılardan 3 erkek, 2 kadın birey fHIT'e adaptasyon sağlayamadığı için çalışma dışı bırakılmıştır. Toplamda çalışmaya 50 erkek, 55 kadın olmak üzere 105 birey dahil edilmiştir. Katılımcıları çalışmaya dahil edilebilmesi için bazı kriterler belirlendi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri;

- 18- 70 yaş aralığında olmak
- Saf ses hava ve kemik yolu odyometri ve timpanometrik değerlendirmede normal değerlere sahip olması,
- Bilişsel problemleri dışlamak için Standardize Mini-Mental Durum Testinde (SMMTD) normal bilişsel fonksiyon gözlenmesi (Ek 3).

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri;

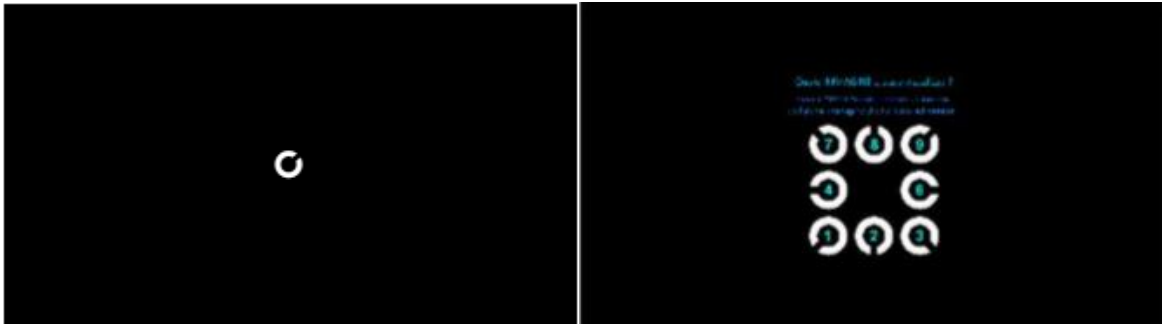
- Bireyin çalışmaya katılımına engel oluşturacak herhangi bir psikolojik, nörolojik durumunun olmaması
- Baş dönmesi hikâyesi olması
- Taşıt tutması hikayesi olması

- Kafa travması veya kulak cerrahisi geçirmiş olması
- Bireyde servikal bir patoloji olması
- Görme bozukluğu olmaması
- Belirtilen kriterlerden herhangi birisine uymayan, çalışmaya katılmaya gönüllü olmayan ve çalışma için yapılan testleri tamamlayamayan bireyler çalışma dışında bırakıldı.

Katılımcılara test randevusu verilirken test gününden 48 saat öncesine kadar alkol almamaları, yine testten 48 saat önce hayati ilaçlar hariç herhangi bir ilaç kullanılmamış olması yönünde bilgi verildi. Çalışmaya katılan bireylere çalışma amacı anlatıldı. Sözel olarak çalışmaya katılmaya gönüllü olup olmadıkları soruldu. Gönüllü olan bireylere çalışma hakkında daha detaylı bilgi verildi. Kulak burun boğaz hastalıkları muayenesi yapılan bireylerin onamları alınarak randevu planlanması yapıldı. Vestibüler sistem patolojisini ekarte etmek için bireylerden alınan detaylı anamnez sonrasında serebellar testler, pozisyonel testler ve yürüme testleri yapıldı. Çalışmaya dahil olma kriterlerini sağlayan bireylere fHIT uygulandı.

3.3. Fonksiyonel Head Impulse Test Uygulaması

Çalışmamızda Beon Solution, Zero Branco (TV), İtalya fHIT sistemi kullanıldı. Birey bilgisayar monitöründen 1,5 m uzaklıkta bir sandalyeye oturur. Teste SVA belirlenerek başlanır. SVA öncelikle monitörde gözlenen bir göz çizelgesi kullanılarak değerlendirilir. Bireyin görüş mesafesine göre ölçeklendirilmiş harf boyutlarıyla değerlendirilme yapılır. Test bireyin ekranın ortasında yer alan beyaz bir nokta görmesiyle başlar. Daha sonra ekranda yer alan beyaz noktanın olduğu yerde Landolt C karakteri görüntülenmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Landolt C karakteri

Bu aşamada bireyden beyaz noktayı Landolt C karakterini görebileceği büyüklüğe gelinceye kadar ayarlaması istenir. Ardından Landolt C karakteri ekranda 8 farklı oryantasyonda görüntülenir (Şekil 3.1). Birey her 5 farklı oryantasyondaki Landolt C karakterine verdiği 3 doğru yanıtının ardından Landolt C harfi küçülmektedir. Bireyden numerik klavyede yer alan tuşlara basarak karakterin yönünü bildirmesi istenir. SVA testi, bireyin ekranda yer alan Landolt C karakterlerinin 5'te 3'ünün yönünü belirleyemediğinde veya tüm karakterlere doğru cevap verdiğinde sonlandırılır. Bu testin sonunda bireyin görme keskinliği belirlenerek kaydedilir. Katılımcılara bu aşamanın ve test aşamasının başında, birkaç kez optotipi tanıma deneme pratiği yaptırıldıktan sonra değerlendirilmeye geçilir. Sonraki aşamada bireyin başına elastik bantla tutturulmuş olan sensör yerleştirilir (Şekil 3.2).

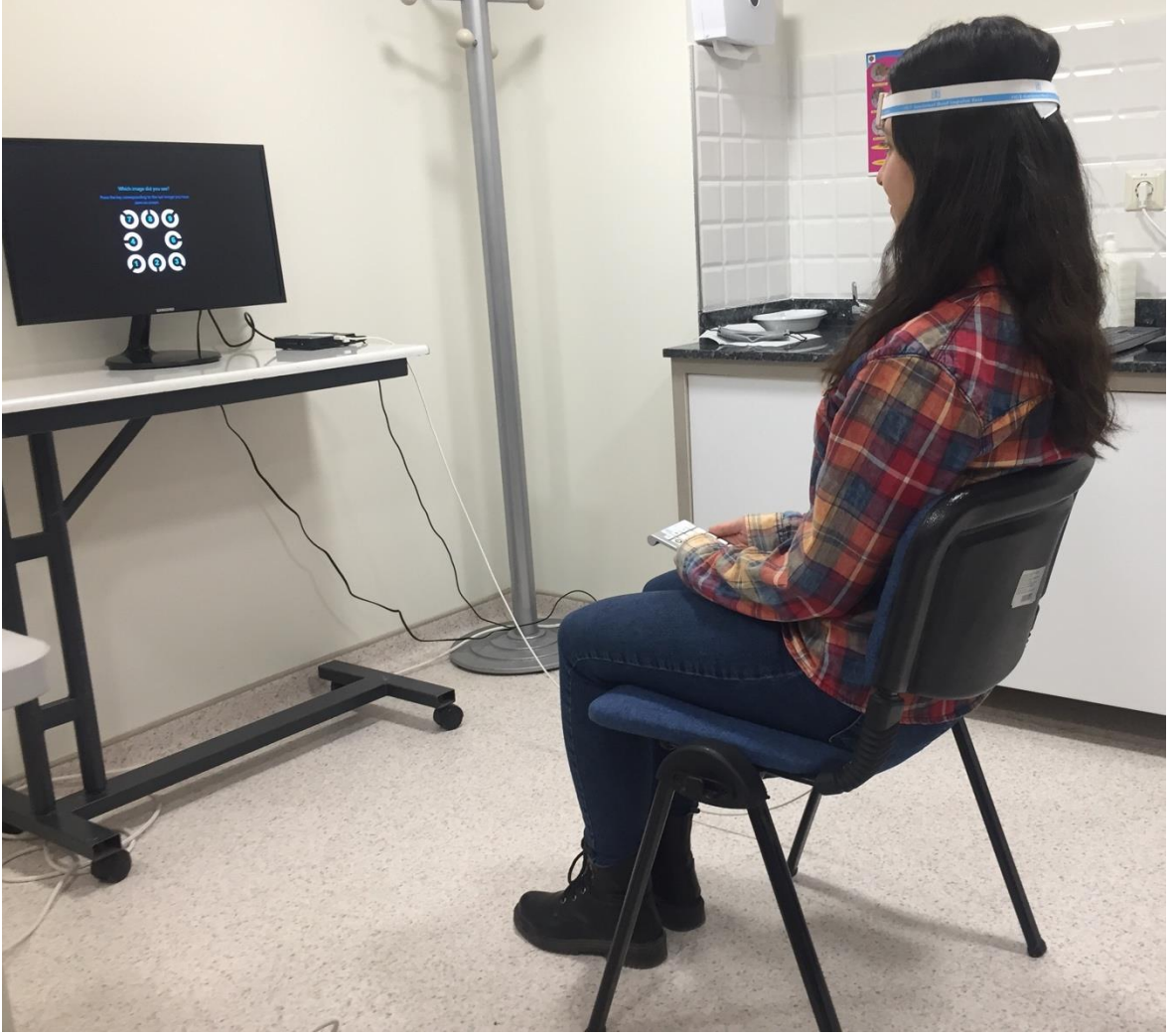


Şekil 3.2. Jiroskopun elastik bant ile başa tutturulması

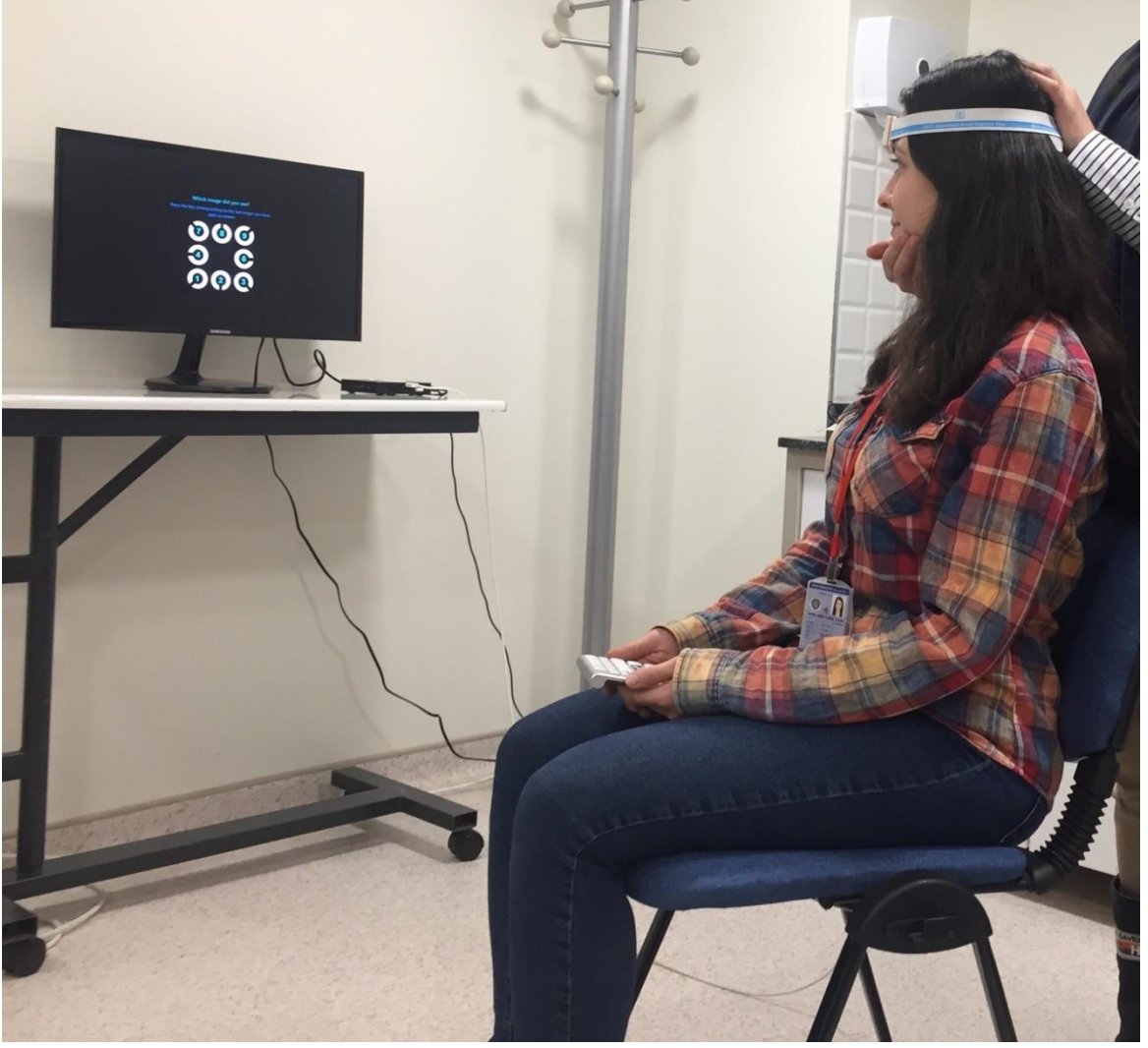
Testi uygularken hastanın arkasında durup özellikle hastanın çenesinden tutuldu. Sensöre dokunmamaya özellikle özen gösterildi. Sensörün doğru ayarlanmasıyla beraber jiroskopun hızı ve açısal akselasyonu içeren grafikler ekranda görüntülenir. Bu aşamanın ardından değerlendirilecek SSK çifti belirlenir. Belirlenen SSK için kalibrasyon yapıldıktan sonra hastanın başı değerlendirilen SSK çifti pozisyonuna uygun konumlandırılır (Şekil 3.3,

Şekil 3.4, Şekil 3.5). Test öncesinde bireyin boynunu ve başını serbest bırakması söylenir. Yapılacak olan savurmalar sırasında bakışlarını hedeften ayırmaması istenir. Lateral SSK'lar için bireyin başı 30° fleksiyon pozisyonunda konumlandırılarak 1000-7000 %/sn² baş akselerasyon aralığına uygun olarak (10-20°) savurmalar yapılır.

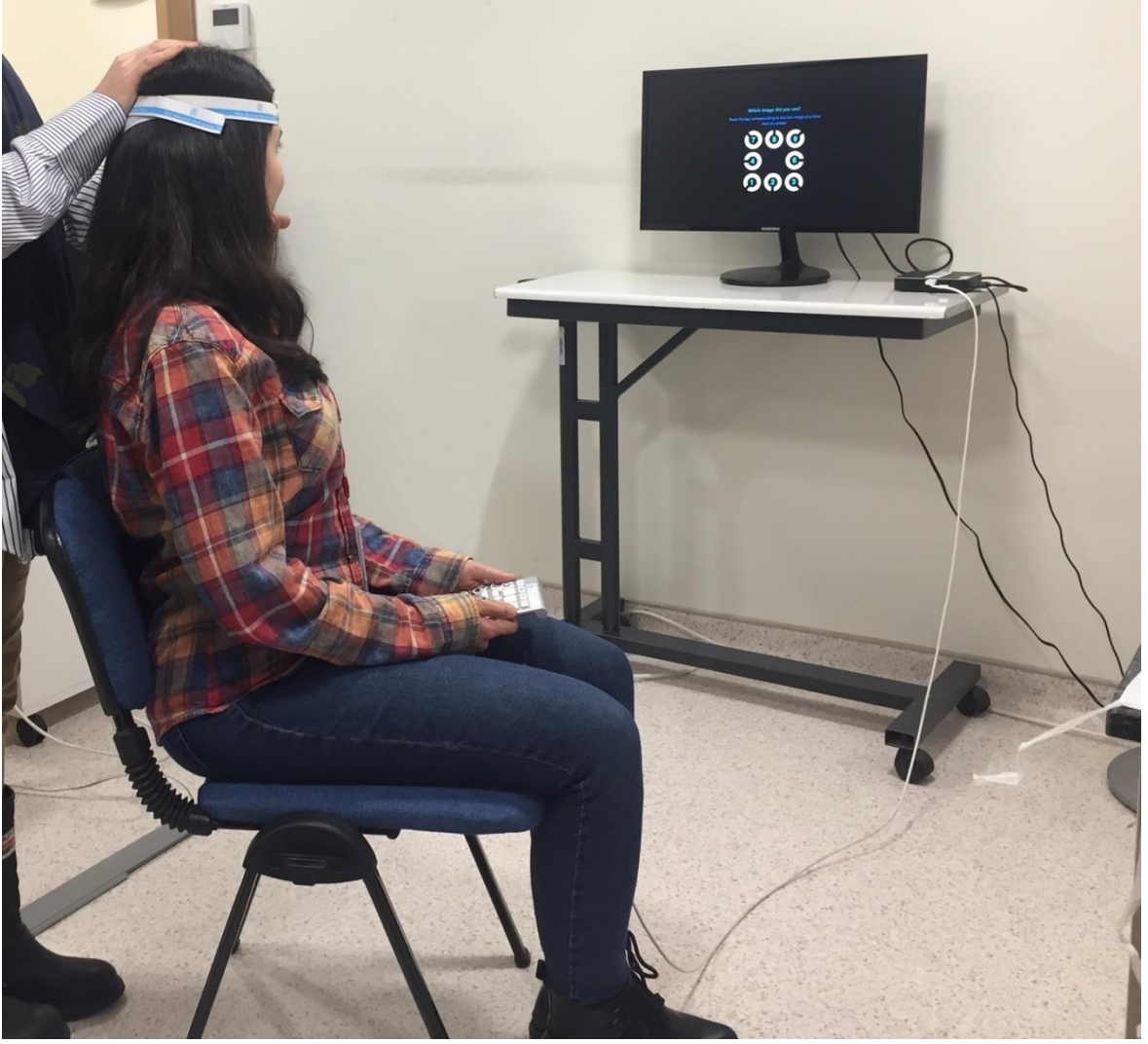
Lateral SSK'ların değerlendirilmesinden sonra, RALP (right anterior - left posterior) ve LARP (left anterior - right posterior) testlerine geçilir. Burada önemli olan SSK'yı anatomik olarak uygun pozisyona getirip savurmaları yapmaktır. Bu nedenle farklı pozisyonlar denenebilir. Biz çalışmamızda RALP testi için sandalyeyi sağa doğru ekrana 45° açı ile konumlandırdık. Sonra başını sola (ekrana doğru) 45° çevirip başın açısal pozisyonunu korunarak (RALP düzleminde) savurmalarımız gerçekleştirildi. LARP testi için sandalyeyi sola doğru ekrana 45° açı ile konumlandırıldı. Sonra başını sağa (ekrana doğru) 45° çevirip başın açısal pozisyonu korunarak (LARP düzleminde) savurmalarımız yapıldı. Bu test, SVA testinde kullandığımız test metodu ile aynıdır. Bireyin başına savurma hareketi yapılırken bireyin gözlerini beyaz nokta üzerinde tutması istenir. SVA testinde olduğu gibi hastanın numerik klavye kullanarak ekranda çıkan Landolt C karakterinin oryantasyonunu ilgili rakamlara basarak yanıtlaması istenir. Bireyin başı hareket ettikçe Landolt C karakteri görüntülenir. Çalışmamızda tüm baş akselerasyonlardaki değerleri görmek istediğimiz için her bir baş akselerasyonunda (1000-2000-3000-4000-5000-6000-7000 %/sn²) en az 2 savurma yapıldı (Şekil 3.6, şekil 3.7, şekil 3.8). fHIT cihazı lateral SSK'lar için 4000-6000 %/sn², vertikal SSK'lar için 3000-6000 %/sn² akselerasyon aralığında ortalama DCY'yi hesaplar.



Şekil 3.3. Lateral SSK'lar değerlendirme pozisyonu

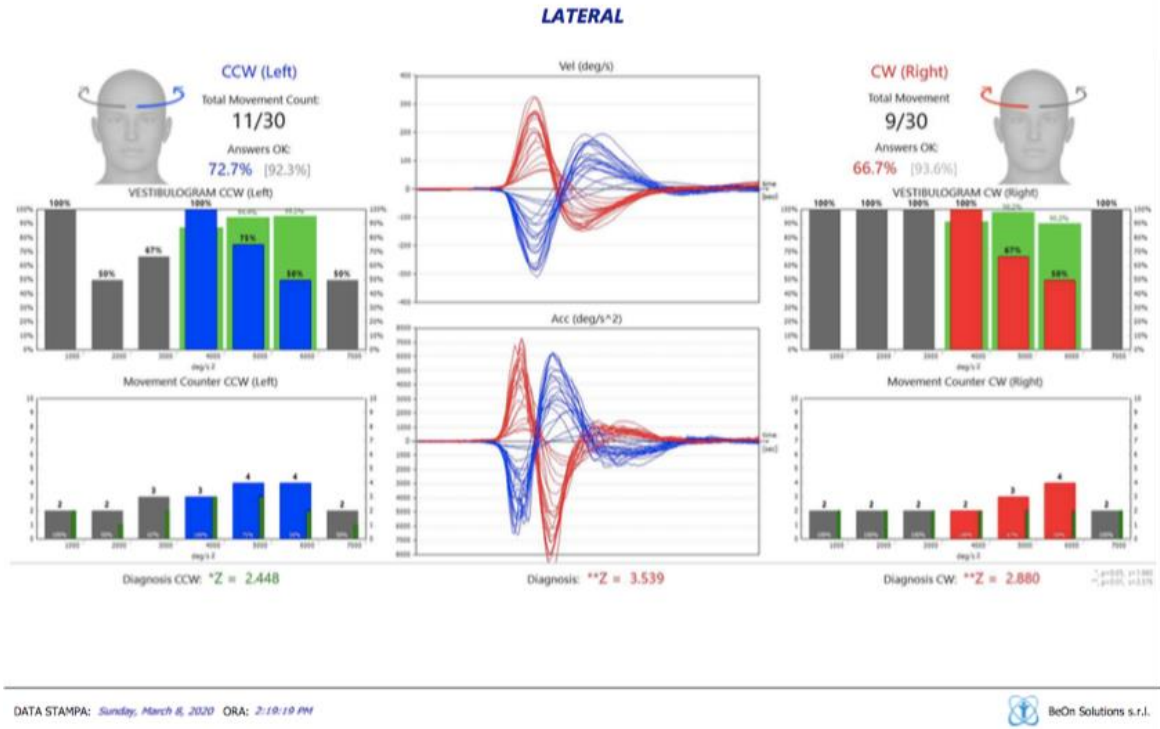


Şekil 3.4. Sol anterior-sağ posterior SSK'ların değerlendirme pozisyonu

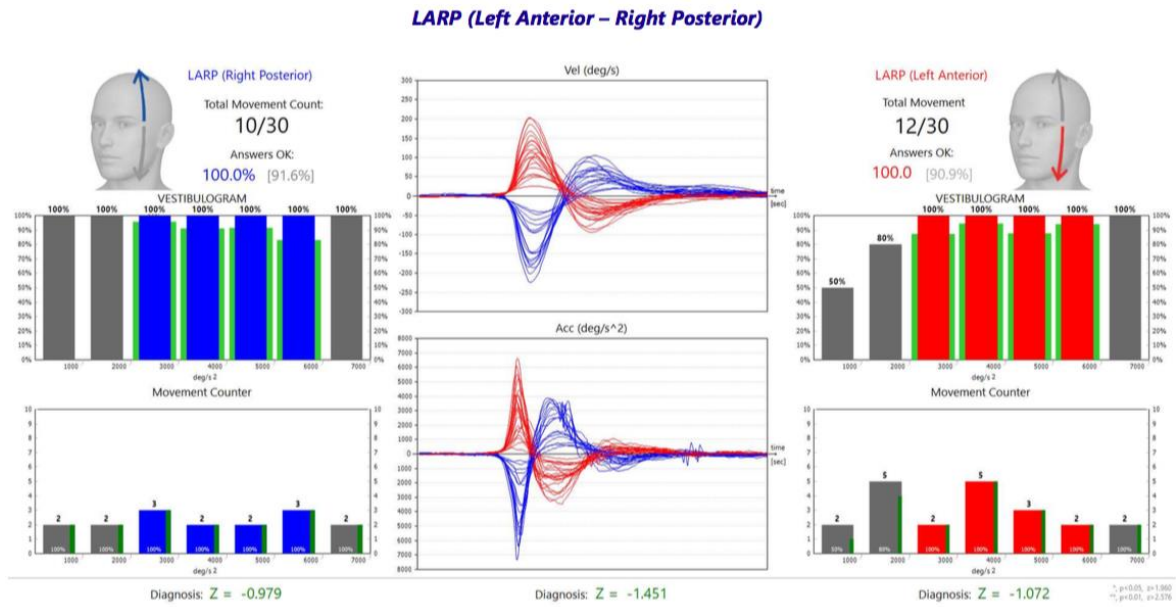


Şekil 3.5. Sağ anterior-sol posterior SSK'ların değerlendirme pozisyonu

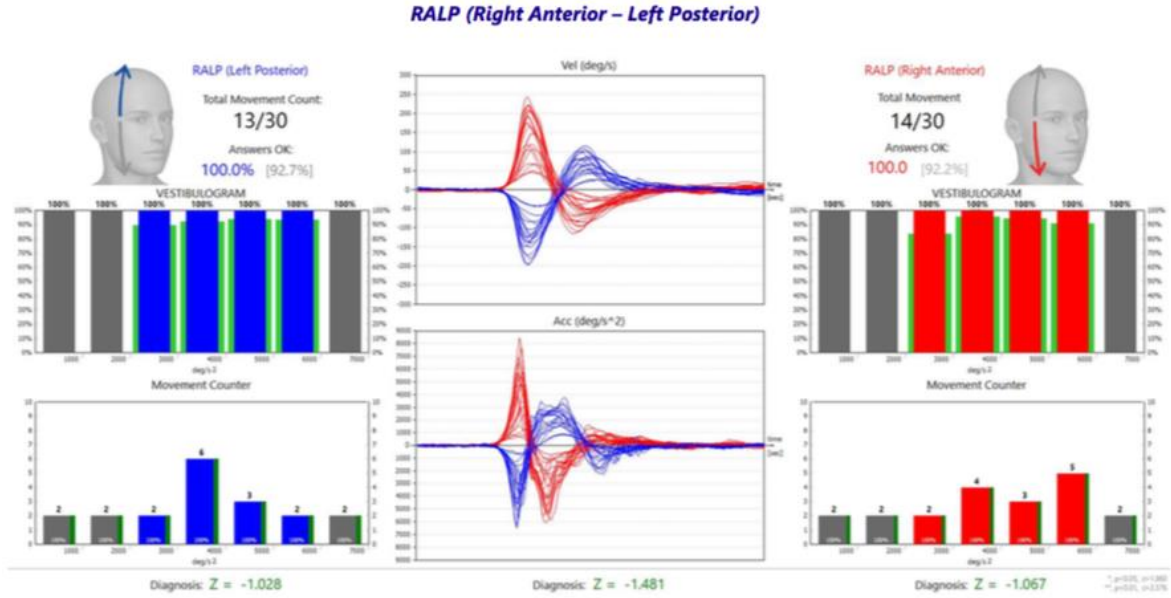
- Patient: - Data Analysis: **Sunday, March 8, 2020** - Age: **57** - Sex: **M** - AV: **0.7**



Şekil 3.6. fHIT lateral SSK analiz çıktısı



Şekil 3.7. fHIT LARP SSK analiz çıktısı



Şekil 3.8. fHIT RALP SSK analiz çıktısı

3.4. İstatistiksel Analiz

Araştırmaya alınan verilerin analizleri SPSS (Statistical Program in Social Sciences) 25 programı ile gerçekleştirildi.

Verilerin analizi için ilk olarak dağılımların normal olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Normal dağılan veriler parametrik test yöntemleriyle; normal dağılmayan veriler ise non-parametrik test yöntemleriyle analiz edilmektedir. Elde edilen veri sayısı 35 olduğu için verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov Smirnov Testi ile kontrol edildi.

Karşılaştırma testleri için anlamlılık düzeyi (p) 0,05 olarak alınacaktır. Karşılaştırmada hangi test sonucuna bakılacağına karar vermede varyans homojenliği Levene testi ile kontrol edildi ($p > 0,05$).

Bağımsız ikili gruplarda karşılaştırmalar; normallik varsayımı sağlanan verilerde gruplar arasındaki karşılaştırmalar iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi (t testi) ile yapıldı. Normal dağılım sağlanmayan verilerde ise Mann Whitney Testi ile yapıldı.

Bağımsız çoklu gruplarda; normallik varsayımı sağlanan verilerde gruplar arasındaki karşılaştırmalar ANOVA ile yapıldı. Normal dağılım sağlanmayan verilerde Kruskal Wallis Testi ile yapılacak ve fark bulunan gruplarda istatistiksel farkın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için ikili karşılaştırmalar ($p < 0,05$) Mann Whitney Testi ile

yapıldı. Analizin bu aşamasında karşılaştırma sayısının artmasına bağlı olarak p değeri artacağından Bonferroni düzeltmeli p değeri kullanılmaktadır ve “(0,05/ikili karşılaştırma)” ile hesaplanmaktadır.

Bağımsız çoklu gruplarda aynı anda birden çok değişkendeki gruplar arası karşılaştırmayı yapabilmek ve hem her değişken için hem de ortak etki için incelenen değişken üzerindeki etkiyi hesaplamada 2 Yönlü ANOVA kullanılmaktadır. 2 Yönlü ANOVA analizini yapabilmek için varyansların homojenliği, her bir grubun normal dağılım göstermesi ve verilerin nicel olması gereklidir.

Ölçüm değerleri arasındaki ilişkiye bakmak için korelasyon analizi yapılacaktır. Değişkenlerden biri kategorik diğeri sürekli olduğu zaman “Nokta Çift Serili Korelasyon” değeri hesaplanmaktadır. Bu değerde η (Eta) istatistiği hesaplanmaktadır.

Korelasyon katsayıları değişkenler arasındaki ilişkinin kuvveti (derecesi) ve yönü hakkında bilgi veren ölçütlerdir. İlişki katsayıları -1 ile +1 arasında değişmektedir. İşaretler ilişkinin yönünü göstermektedir. -1'e ve +1'e yaklaşırken ilişkinin kuvveti artarken 0'a yaklaştıkça azalmaktadır. Bulguların değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan değerler;

- 0,00 – 0,19 ilişki yok (önemsenmeyecek düzeyde düşük ilişki)
- 0,20 – 0,39 zayıf ilişki
- 0,40 – 0,69 orta düzeyde ilişki
- 0,70 – 0,89 kuvvetli ilişki
- 0,90 – 1,00 çok kuvvetli ilişki şeklinde yorumlanır.

4. BULGULAR

Çalışma Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Bölümü'nde sağlıklı gönüllü bireylerde yapıldı.

4.1. Demografik Veriler

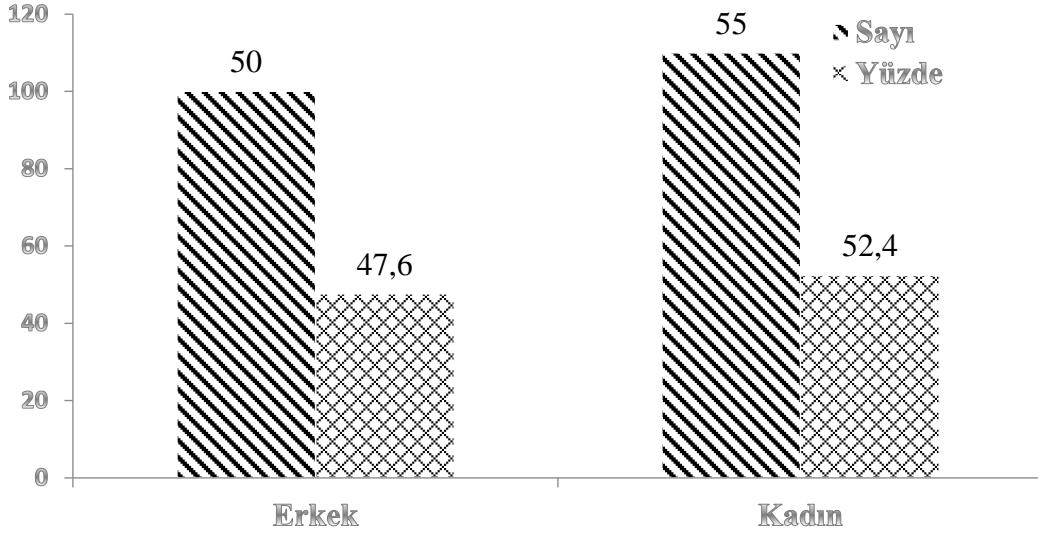
Çalışmaya alınan katılımcılara ait demografik bilgiler aşağıdaki tabloda verildi.

Tablo 4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bilgiler

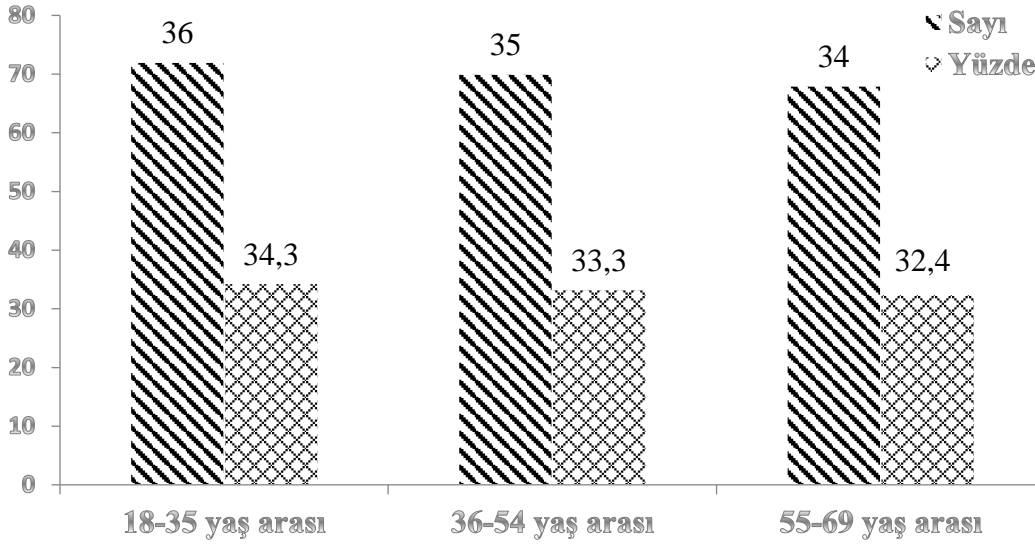
Değişken	Grup	Sayı	Yüzde (%)
Cinsiyet	Erkek	50	47,6
	Kadın	55	52,4
Yaş	18-35 yaş arası	36	34,3
	36-54 yaş arası	35	33,3
	55-70 yaş arası	34	32,4
Toplam		105	100,0

Tablo 4.1 incelendiğinde; çalışmaya alınan katılımcıların %47,6'sı (n=50) kadın, %52,4'ü (n=55) erkek olmak üzere toplam katılımcı sayısı 105'tir. Katılımcılar %34,3'ü (n=36) 18-35 yaş aralığında, %33,3'ü (n=35) 35-54 yaş aralığında ve %32,4'ü (n=34) 55-70 yaş aralığında olmak üzere 3 grupta incelendi (Tablo 4.1).

Katılımcıların cinsiyet ve yaş dağılımlarına ait grafikler aşağıda verildi (Şekil 4.1, şekil 4.2).



Şekil 4.1. Katılımcıların Cinsiyetlere Göre Dağılımları



Şekil 4.2. Katılımcıların Yaş Gruplarına Göre Dağılımları

4.2. Yaş Grupları ve Cinsiyet ile SSK'larda Ortalama Doğru Cevap Yüzdesi (DCY) Arasındaki İlişkiler

Yaş grupları ve cinsiyet ile anterior, posterior, lateral SSK'lardaki ortalama DCY arasındaki ilişkiye nokta çift serili korelasyon ile bakıldı. Her bir karşılaştırma için η^2 (Eta) değeri hesaplandı. Sonuçlar aşağıdaki tabloda sunuldu (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Yaş grupları ve Cinsiyet ile SSK'larda Ortalama DCY Arasındaki İlişkiler

SSK	Cinsiyet		Yaş	
	Eta(η) Değeri	p Değeri	Eta(η) Değeri	p Değeri
Lateral SSK Ortalama (4000-6000 %/sn ²) DCY	0,448	0,535	0,525	0,046*
Anterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²) DCY	0,528	0,760	0,592	0,187
Posterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²) DCY	0,608	0,327	0,660	0,035*

*p<0,05; istatistiksel olarak anlamlı ilişki vardır.

Cinsiyet ile SSK'larda ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmedi ($p>0,05$). Çalışmaya alınan katılımcıların kadın ya da erkek olması ile SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki görülmedi.

Yaş grupları ile lateral ve posterior SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Ancak yaş grupları ile anterior SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki görülmedi ($p>0,05$).

Yaş grupları ile lateral SSK'dan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Yaş değişkeninde meydana gelecek 1 birimlik değişim lateral SSK'larda ortalama DCY'de 0,525 birimlik artışa neden oldu.

Yaş grupları ile posterior SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Yaş değişkeninde meydana gelecek 1 birimlik değişim posterior SSK'larda ortalama DCY'de 0,660 birimlik artışa neden oldu.

4.3. Yaşa Göre Korelasyon

Çalışmaya alınan katılımcıların yaş değişkeni ile lateral ve posterior SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Ancak yaş değişkeni ile anterior SSK'lardan elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmedi ($p>0,05$)(Tablo 4.3).

Yaş değişkeni ile lateral SSK'larda elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak negatif yönde orta düzeyde (-0,311) anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Yaş arttıkça SSK'larda ortalama DCY değerinde azalma oldu (Tablo 4.3).

Yaş grupları ile posterior SSK'larda elde edilen ortalama DCY arasında istatistiksel olarak negatif yönde düşük düzeyde (-0,257) anlamlı bir ilişki görüldü ($p<0,05$). Yaş arttıkça posterior SSK'larda ortalama DCY değerinde azalma oldu (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Yaş Değişkenine Göre Kanallardaki Korelasyon Katsayıları

SSK	Yaş	
	r Değeri	p Değeri
Lateral SSK Ortalama (4000-6000 %/sn ²) DCY	-0,311	0,001*
Anterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²)DCY	-0,180	0,001*
Posterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²) DCY	-0,257	0,001*

r; Pearson korelasyon katsayısı, * $p<0,05$ değişkenler arasında ilişki vardır.

4.4. Yaş Gruplarına Göre SSK'larda Ortalama DCY Karşılaştırılması

Katılımcıların lateral, anterior, posterior SSK'larda aldıkları ortalama DCY'nin yaş gruplarına (18-35 yaş, 36-54 yaş ve 55-70 yaş) göre fark gösterip göstermediği verilerde normal dağılım sağlandığı için ANOVA testi ile yapıldı. ANOVA testi sonucunda varyans homojenliği LEVENE testi ile kontrol edildi. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verildi (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Yaş Gruplarına Göre SSK'larda Ortalama DCY Karşılaştırılması

Değişken	Grup	Ort ± ss	Levene Testi (p değeri)	Test Değeri (F Testi)	p Değeri
Lateral SSK Ortalama (4000-6000 %/sn ²) DCY	18-35 yaş	88,46 ± 12,07	0,001	16,666	0,001*
	36-54 yaş	90,28 ± 11,82			
	55-70 yaş	77,36 ± 18,05			
Anterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²) DCY	18-35 yaş	88,76 ± 11,37	0,005	5,107	0,007*
	36-54 yaş	89,82 ± 11,03			
	55-70 yaş	83,36 ± 15,45			
Posterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn ²) DCY	18-35 yaş	90,54 ± 12,19	0,001	7,564	0,001*
	36-54 yaş	89,9 ± 10,45			
	55-70 yaş	82,78 ± 15,91			

* $p<0,05$; ANOVA-Gruplar arasında fark var, Ort; ortalama, ss; standart sapma
Levene testi p değeri $<0,05$; varyanslar homojen değil-Tamhane T2 Testi

Lateral, anterior ve posterior SSK'larda elde edilen ortalama DCY ile yaş grupları (18-35 yaş, 36-54 yaş ve 55-70 yaş) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo1). Hangi yaş grupları arasında fark olduğunun belirlenmesinde Varyanslar homojen olmadığı için ($p<0,05$, Tablo 4.4) grup içi ikili karşılaştırmalarda Tamhane T2 Testi kullanıldı. Sonuçlar aşağıdaki tabloda verildi (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Kanallarda Yaşlara Göre Grup İçi İkili Karşılaştırma Sonuçları

Gruplar			Ortalama Farkları	p Değeri
Lateral SSK Ortalama (4000-6000 %/sn²) DCY	18-35 yaş	36-54 yaş	-1,81	0,745
		55-70 yaş	11,09	0,001*
	36-54 yaş	55-70 yaş	12,91	0,001*
Anterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn²) DCY	18-35 yaş	36-54 yaş	-1,06	0,921
		55-70 yaş	5,40	0,061
	36-54 yaş	55-70 yaş	6,46	0,017*
Posterior SSK Ortalama (3000-6000 %/sn²) DCY	18-35 yaş	36-54 yaş	0,64	0,981
		55-70 yaş	7,75	0,005*
	36-54 yaş	55-70 yaş	7,11	0,007*

* $p<0,05$, Tamhane T2 Testi, gruplar arası fark var.

Lateral SSK'larda ortalama DCY için;

- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %88,46 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %77,36 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 55 – 70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.5).
- 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %90,28 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %77,36 olarak hesaplandı. 36-54 yaş grubu ortalama DCY 55 – 70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.5).
- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %88,46 iken 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %90,28 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 36-54 yaş grubu ortalama DCY 'nden düşük olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 4.5).

Anterior SSK'larda ortalama DCY için;

- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %88,76 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %83,36 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 55 – 70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 4.5).
- 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %89,82 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %83,36 olarak hesaplandı. 36-54 yaş grubu ortalama DCY 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.5).
- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %88,76 iken 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %89,82 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 36-54 yaş grubu ortalama DCY'den düşük olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 4.5).

Posterior SSK'larda ortalama DCY için;

- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %90,54 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %82,78 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 55 – 70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.5).
- 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %89,90 iken 55-70 yaş grubundaki ortalama DCY %82,78 olarak hesaplandı. 36-54 yaş grubu ortalama DCY 55 – 70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.5).
- 18-35 yaş grubundaki ortalama DCY %90,54 iken 36-54 yaş grubundaki ortalama DCY %89,90 olarak hesaplandı. 18-35 yaş grubu ortalama DCY 36-54 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 4.5).

4.5. Baş Akselerasyonlarına Göre DCY

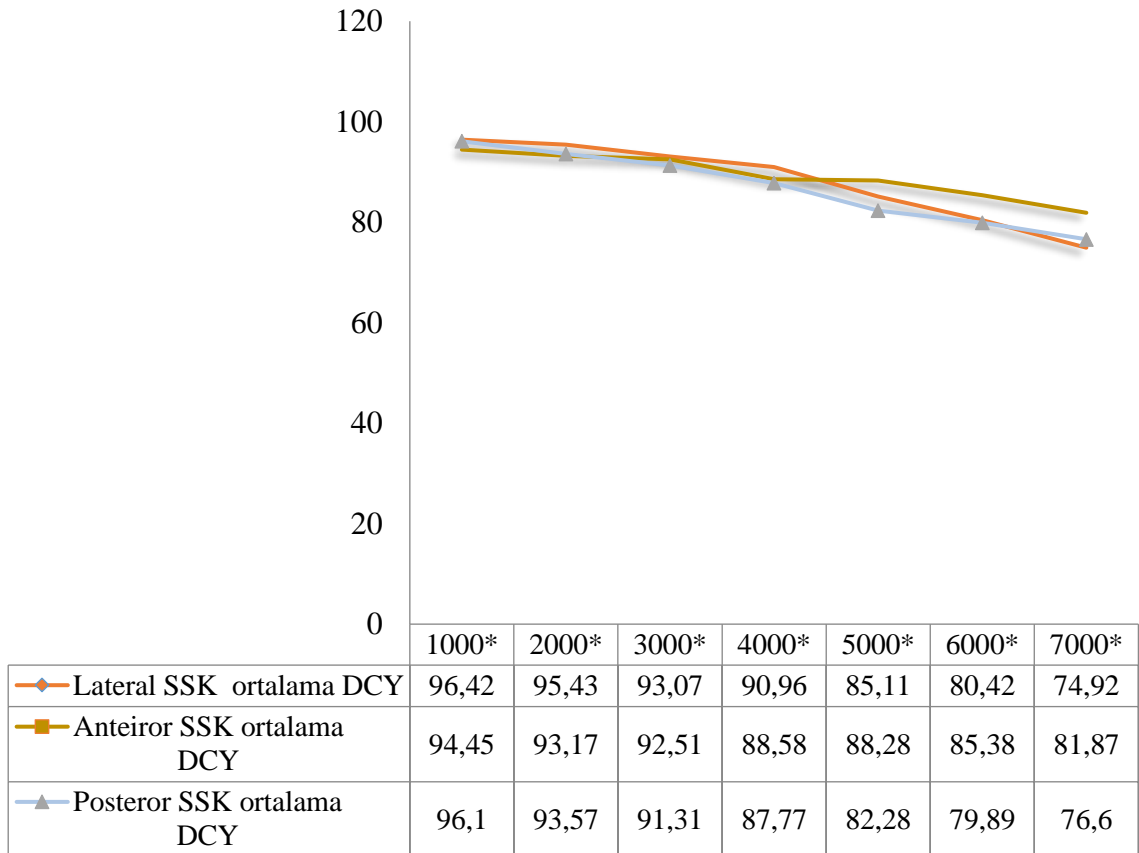
Lateral, anterior ve posterior SSK'larda 1000 %sn^2 , 2000 %sn^2 , 3000 %sn^2 , 4000 %sn^2 , 5000 %sn^2 , 6000 %sn^2 ve 7000 %sn^2 baş akselerasyonlarında katılımcıların verdikleri ortalama DCY dağılımları aşağıdaki tabloda verildi (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Baş Akselasyonuna Göre Ortalama DCY

Baş Akselasyonu	Lateral SSK	Anterior SSK	Posterior SSK
	Ort ± ss	Ort ± ss	Ort ± ss
1000 %/sn ²	96,42 ± 13,32	94,45 ± 15,28	96,10 ± 12,84
2000 %/sn ²	95,43 ± 13,16	93,17 ± 15,65	93,57 ± 16,95
3000 %/sn ²	93,07 ± 16,39	92,51 ± 17,43	91,31 ± 18,58
4000 %/sn ²	90,96 ± 16,63	88,58 ± 18,31	87,77 ± 19,61
5000 %/sn ²	85,11 ± 22,02	88,28 ± 19,66	82,28 ± 24,30
6000 %/sn ²	80,42 ± 25,64	85,38 ± 22,10	79,89 ± 26,92
7000 %/sn ²	74,92 ± 31,31	81,87 ± 30,53	76,60 ± 33,62

Ort; ortalama, ss; standart sapma

Lateral, anterior ve posterior SSK'larda 1000 %/sn², 2000 %/sn², 3000 %/sn², 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde katılımcıların verdikleri ortalama DCY dağılımları aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 4.3).



*ölçü birimi; %/sn²

Şekil 4.3. Kanallarda Baş Akselasyonuna Göre Ortalama DCY Dağılımları

4.6. Yaş Grupları ve Baş Akselerasyonlarına (1000 %/sn²-7000 %/sn²) Göre DCY'nin Karşılaştırılması

1000 %/sn², 2000 %/sn², 3000 %/sn², 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² baş akselerasyonlarında ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) açısından lateral, anterior ve posterior SSK'larda fark gösterip göstermediğine "ANOVA" testi ile bakıldı (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Lateral SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 %/sn²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması

Gruplar	Ort ± ss	Levene	Test Değeri	p Değeri	Fark Karşılaştırmaları (yaş grupları)		
1000 %/sn²	18-35	95,33 ± 13,79	0,032**	0,861	0,424	18-35 36-54	0,410
	36-54	98,1 ± 9,2				18-35 55-70	0,996
	55-70	95,84 ± 16,12				36-54 55-70	0,679
2000 %/sn²	18-35	94,39 ± 13,97	0,001**	2,049	0,131	18-35 36-54	0,145
	36-54	98 ± 6,62				18-35 55-70	0,996
	55-70	93,88 ± 16,68				36-54 55-70	0,173
3000 %/sn²	18-35	95,26 ± 12,62	0,001**	7,057	0,001*	18-35 36-54	0,895
	36-54	96,56 ± 11,72				18-35 55-70	0,026*
	55-70	87,15 ± 21,77				36-54 55-70	0,006*
4000 %/sn²	18-35	91,9 ± 14,9	0,001**	8,311	0,001*	18-35 36-54	0,223
	36-54	95,9 ± 12,06				18-35 55-70	0,064
	55-70	84,87 ± 20,33				36-54 55-70	0,001*
5000 %/sn²	18-35	88,14 ± 18,73	0,001**	8,710	0,001*	18-35 36-54	0,824
	36-54	90,49 ± 17,35				18-35 55-70	0,010*
	55-70	76,38 ± 26,7				36-54 55-70	0,001*
6000 %/sn²	18-35	85,88 ± 20,72	0,001**	10,309	0,001*	18-35 36-54	1,000
	36-54	85,61 ± 21,71				18-35 55-70	0,001*
	55-70	69,29 ± 30,41				36-54 55-70	0,001*
7000 %/sn²	18-35	80,99 ± 29,43	0,005**	13,700	0,001*	18-35 36-54	0,921
	36-54	83,59 ± 24,81				18-35 55-70	0,001*
	55-70	59,56 ± 33,9				36-54 55-70	0,001*

**Levene testi p değeri>0,05p; varyanslar homojen değil; Tamhane T2

*p<0,05 ANOVA testi sonucu, Ort; ortalama, ss; standart sapma

3000 %/sn², 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel

olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,05$, Tablo 4.7). Ancak 1000 %sn^2 ve 2000 %sn^2 değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p > 0,05$, Tablo 4.7). Varyans homojenliği sağlanmadığı için hangi gruplarda fark olduğuna Tamhane testi ile bakıldı. Tamhane testi sonucuna göre yapılan ikili karşılaştırmalarda;

- 3000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$, Tablo 4.14). Ancak 3000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0,05$, Tablo 4.7).
- 4000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$, Tablo 4.7). Ancak 4000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 59-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0,05$, Tablo 4.7).
- 5000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$, Tablo 4.14). Ancak 5000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0,05$, Tablo 4.7).
- 6000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$, Tablo 4.14). Ancak 6000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p > 0,05$, Tablo 4.7).
- 7000 %sn^2 değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p < 0,05$, Tablo

4.7). Ancak 7000 %/sn² değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05, Tablo 4.7).

Tablo 4.8. Anterior SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 %/sn²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması

Gruplar	Ort ± ss	Levene	Test Değeri	p Değeri	Fark Karşılaştırmaları (yaş grupları)
1000 %/sn²	18-35 94,58 ± 14,31	0,047**	0,260	0,772	18-35 36-54 0,969
	36-54 93,46 ± 18,54				18-35 55-70 0,983
	55-70 95,32 ± 12,49				36-54 55-70 0,866
2000 %/sn²	18-35 92,47 ± 15,86	0,002**	1,594	0,206	18-35 36-54 0,413
	36-54 95,79 ± 12,07				18-35 55-70 0,962
	55-70 91,21 ± 18,32				36-54 55-70 0,238
3000 %/sn²	18-35 92,9 ± 16,46	0,001**	3,516	0,032*	18-35 36-54 0,463
	36-54 96,13 ± 12,29				18-35 55-70 0,429
	55-70 88,38 ± 21,78				36-54 55-70 0,035*
4000 %/sn²	18-35 89,32 ± 17,81	0,001**	3,957	0,021*	18-35 36-54 0,594
	36-54 92,4 ± 14,47				18-35 55-70 0,279
	55-70 83,85 ± 21,34				36-54 55-70 0,021*
5000 %/sn²	18-35 93,6 ± 12,02	0,001**	6,007	0,003*	18-35 36-54 0,214
	36-54 88,56 ± 20,45				18-35 55-70 0,002*
	55-70 82,35 ± 23,57				36-54 55-70 0,274
6000 %/sn²	18-35 90,49 ± 16,95	0,001**	5,400	0,005*	18-35 36-54 0,498
	36-54 86,66 ± 18,81				18-35 55-70 0,010*
	55-70 78,66 ± 27,91				36-54 55-70 0,147
7000 %/sn²	18-35 85,87 ± 25,16	0,001**	7,104	0,001*	18-35 36-54 0,902
	36-54 88,49 ± 25,39				18-35 55-70 0,019*
	55-70 70,82 ± 37,24				36-54 55-70 0,005*

**Levene testi p değeri>0,05p; varyanslar homojen değil; Tamhane T2

*p<0,05 ANOVA testi sonucu, Ort; ortalama, ss; standart sapma

3000 %/sn², 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05, Tablo 4.8). Ancak 1000 %/sn² ve 2000 %/sn² değerlerinde

ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8). Varyans homojenliği sağlanmadığı için hangi gruplarda fark olduğuna Tamhane testi ile bakıldı. Tamhane testi sonucuna göre yapılan ikili karşılaştırmalarda;

- 3000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 59-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.8). Ancak 3000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8).
- 4000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.8). Ancak 4000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8).
- 5000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.8). Ancak 5000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8).
- 6000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.8). Ancak 5000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8).
- 7000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 18-35 yaş arasındaki katılımcılar hem de 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.8). Ancak 7000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş

arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.8).

Tablo 4.9. Posterior SSK'da Ölçülen Tüm Baş Akselerasyonlarında (1000- 7000 %/sn²) DCY'nin Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması

Gruplar	Ort ± ss	Levene	Test Değeri	p Değeri	Fark Karşılaştırmaları (yaş grupları)	
1000 %/sn ²	18-35	94,58 ± 14,7	0,045**	0,768	0,465	18-35 36-54 0,674
	36-54	96,86 ± 11,86				18-35 55-70 0,648
	55-70	96,94 ± 11,69				36-54 55-70 1,000
2000 %/sn ²	18-35	94,54 ± 15,18	0,017**	0,184	0,832	18-35 36-54 0,934
	36-54	93,19 ± 15,17				18-35 55-70 0,934
	55-70	92,93 ± 20,33				36-54 55-70 1,000
3000 %/sn ²	18-35	93,68 ± 15,56	0,012**	1,621	0,200	18-35 36-54 0,904
	36-54	91,94 ± 18,14				18-35 55-70 0,236
	55-70	88,15 ± 21,57				36-54 55-70 0,604
4000 %/sn ²	18-35	91,53 ± 15,73	0,007**	5,668	0,004*	18-35 36-54 0,946
	36-54	90,1 ± 18,55				18-35 55-70 0,009*
	55-70	81,38 ± 22,81				36-54 55-70 0,045*
5000 %/sn ²	18-35	85,93 ± 21,18	0,001**	6,852	0,001*	18-35 36-54 0,986
	36-54	86,99 ± 19,45				18-35 55-70 0,016*
	55-69	73,57 ± 29,37				36-54 55-70 0,006*
6000 %/sn ²	18-35	84,44 ± 22,3	0,001**	10,590	0,001*	18-35 36-54 0,903
	36-54	86,61 ± 19,82				18-35 55-70 0,003*
	55-70	68,13 ± 33,46				36-54 55-70 0,001*
7000 %/sn ²	18-35	82,32 ± 29,62	0,046**	4,182	0,017*	18-35 36-54 0,957
	36-54	79,9 ± 33,41				18-35 55-70 0,023*
	55-70	67,16 ± 36,19				36-54 55-70 0,097

**Levene testi p değeri<0,05p; varyanslar homojen değil; Tamhane T2

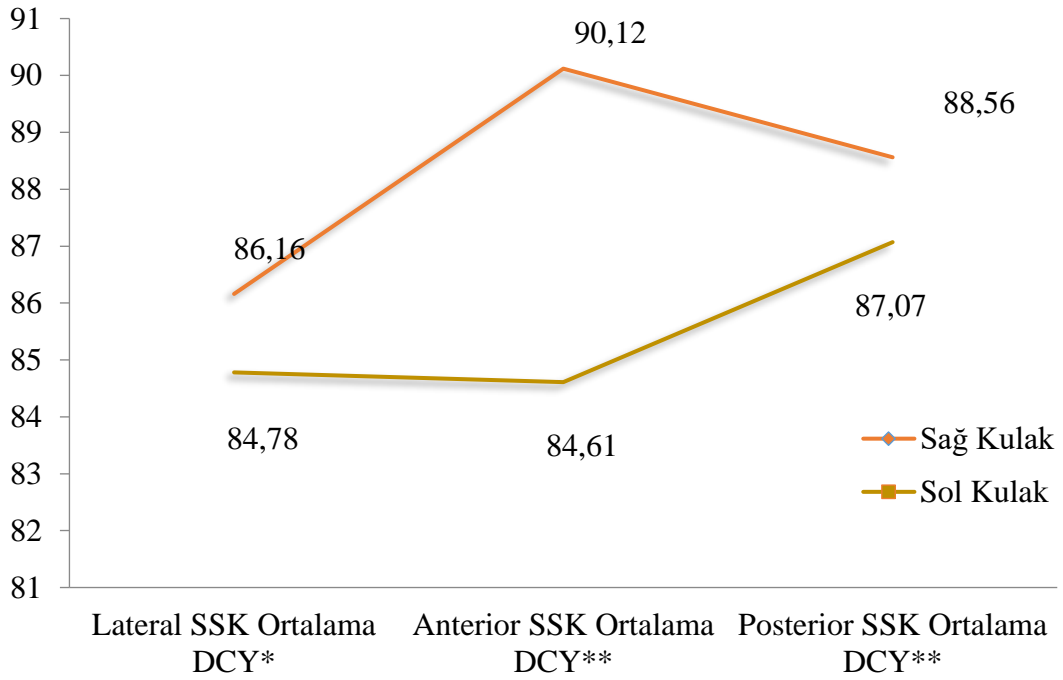
*p<0,05 ANOVA testi sonucu, Ort; ortalama, ss; standart sapma

4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.16). Ancak 1000 %/sn², 2000 %/sn² ve 3000 %/sn² değerlerinde ölçülen

ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.9). Varyans homojenliği sağlanmadığı için hangi gruplarda fark olduğuna Tamhane testi ile bakıldı. Tamhane testi sonucuna göre yapılan ikili karşılaştırmalarda;

- 4000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.16). Ancak 4000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.9).
- 5000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DC yüzdeleri açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.9). Ancak 5000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.9).
- 6000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.9). Ancak 6000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.9).
- 7000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 55-70 yaş arasındaki katılımcılar ile 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,05$, Tablo 4.9). Ancak 7000 $\%/\text{sn}^2$ değerinde ölçülen ortalama DCY açısından 18-35 yaş arasındaki katılımcılar ile hem 36-54 yaş arasındaki katılımcılar arasında hem de 55-70 yaş arasındaki katılımcılar istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.9).

4.7. SSK'larda Sağ ve Sol Kulak Ortalama DCY



*4000 %/sn²,5000 %/sn²,6000 %/sn²

**3000 %/sn²,4000 %/sn²,5000 %/sn²,6000 %/sn²

Şekil 4.4. Sağ ve sol kulak lateral, anterior ve posterior SSK ortalama DCY

Grafik incelendiğinde;

Sağ kulak için;

- Lateral SSK ortalama DCY (%86,16), anterior SSK DCY'den (%90,12) 3,96 daha az olduğu bulundu.
- Lateral SSK ortalama DCY (%86,16), posterior SSK DCY'den (%88,56) 2,4 daha az olduğu bulundu.
- Anterior SSK ortalama DCY (%90,12), posterior SSK DCY'den (%88,56) 1,56 fazla olduğu bulundu.
- Yapılan ölçümlerde en yüksek ortalama DCY farkının lateral SSK ile anterior SSK arasında (3,96), en düşük farkın ise anterior SSK ile posterior SSK arasında (1,56) olduğu bulundu.

Sol kulak için;

- Lateral SSK ortalama DCY (%84,78), anterior SSK DCY'den (%84,61) 0,17 fazla olduğu bulundu.
- Lateral SSK ortalama DC yüzdesinin (%84,78), posterior SSK DCY'den (%87,07) 2,29 daha az olduğu bulundu.
- Anterior SSK ortalama DC yüzdesinin (%84,61), posterior SSK DCY'den (%87,07) 2,46 daha az olduğu bulundu.
- Yapılan ölçümlerde en yüksek ortalama DC yüzde farkının anterior SSK ile posterior SSK arasında (2,46), en düşük farkın ise lateral SSK ile anterior SSK arasında (0,17) olduğu bulundu.

Her iki kulak için karşılaştırılırsa sağ kulak ortalama DCY en yüksek anterior SSK'da (%90,12) ve en düşük olarak ise lateral SSK'da (%86,16) olduğu bulundu. Sol kulak ortalama DCY en yüksek posterior SSK'da (%87,07) ve en düşük olarak ise anterior SSK'da (%84,61) olduğu bulundu (Şekil 4.4).

5. TARTIŞMA

Baş dönmesi ve/veya denge bozuklukları ilk kez tanımlanmalarından bu yana pek çok klinikte tanılanmaya ve rehabilite edilmeye çalışılmıştır. Baş dönmesi ve denge bozukluğunun kaynağı iç kulaktan ve santral sinir sistemi patolojilerinden kaynaklanabileceği gibi daha birçok durum bu semptomların nedeni olabilmektedir. Periferik vestibüler patolojiler, baş dönmesi ve denge bozukluğu semptomları gösteren hastalıkların tanısında önemli bir yer tutmaktadır (120). Periferik vestibüler sistemin değerlendirilmesinde ise kullanılan birçok yöntem yer almaktadır.

Vestibüler fonksiyonların değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi olan HIT 1988 yılında Halmagy ve Curthoys tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Sağlıklı bir birey belli bir hedefe doğru bakışlarını sabitlemek istediğinde başın aksi yönde ani ve beklenmedik bir şekilde hareketiyle beraber VOR sayesinde gözler hedefe bakmaya devam ederler (38). Başın itilmesiyle beraber başın çevrilme hız ve ivmesine uyumlu olarak aynı hız ve ivmede hedefi yakalaması VOR kazancının bir değerine yakın olduğunu gösterir. VOR kazancı bir değerinden küçük ise hedefi yakalamak düzeltici göz hareketi dediğimiz sakkadlarla sağlanacaktır (38).

Vestibüler testlere baktığımızda her ne kadar bize VOR kazancı ve SSK'ların normal çalışıp çalışmadığı konusunda bilgi veriyor olsa dahi, hareketin fonksiyonel olarak görevini yerine getirip getirmediğini tam olarak göstermez. Bakış stabilizasyonunun sağlanmış olması net görüşü sağlamak için bize yeterli bilgiyi vermez. Bazen normal VOR kazancı elde edilmiş olsa bile, baş hareketiyle beraber bulanık görme durumuyla karşılaşılabilir. Bu nedenle VOR'un baş impulsları için fonksiyonel etkinliğinin test edilmesinde mevcut test yöntemleri yetersiz kalabilmektedir. Bu durum VOR'un net görmedeki etkinliğini değerlendirmeye yönelik alternatif ölçüm teknikliklerini araştırmaya zemin hazırlamıştır. Hızlı, basit uygulama tekniğiyle fHIT; rotasyonel VOR'u bakış stabilizasyon yeteneğine odaklanarak, yüksek hız ve ivmede fonksiyonel performans açısından değerlendirebilmek için geliştirilmiştir. fHIT bu özellikleriyle algısal bir test olup, göz hareketlerini ölçen bir test değildir (6-8).

Fonksiyonel head impulse test cihazının yaş ile ilişkisini inceleyen sağlıklı popülasyonda yapılmış çalışma henüz bulunmamaktadır. Çalışmamızda sağlıklı bireylerde fHIT değerlerinin yaş ile ilişkisini belirlemeyi amaçladık. Yaptığımız bu çalışma sağlıklı

popülasyonda çeşitli hasta gruplarında yapılacak çalışmalarda karşılaştırma yapmak açısından ve patolojik sonuçları belirleme adına da önemli bir yol gösterici olacaktır.

Çalışmamızda tüm SSK'larda yaş artışıyla beraber ortalama DCY'de azalma gözlemlendi. Yaş değişkeni ile ortalama DCY arasında lateral SSK'da istatistiksel olarak negatif yönde orta düzeyde (-0,311), posterior SSK'da negatif yönde düşük düzeyde (-0,257) anlamlı bir ilişki gözlemlendi ($p < 0,05$). Yaş ile anterior SSK'da ortalama DCY arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmedi ($p > 0,05$) (Tablo 4.3).

Yaş grupları arasında inceleme yapıldığında ise 3 SSK'da da 36-54 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$) (Tablo 4.5). 18-35 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması lateral ve posterior SSK'da istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), anterior SSK'da 18-35 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$) (Tablo 4.5). 18-35 yaş grubu ortalama DCY ile 36-54 yaş grubu ortalama DCY arasındaki fark ise 3 SSK'da da istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$) (Tablo 4.5).

Lateral, anterior ve posterior SSK'larda $1000 \text{ } \%/sn^2$ 'den $7000 \text{ } \%/sn^2$ 'ye akselerasyon artmasıyla beraber tüm SSK'larda DCY'de düşüş gözlemlendi (Tablo 4.6, şekil 4.3)

Yaş artışıyla birlikte vestibüler reseptör hücrelerinin ve primer afferentlerin kaybının gösterilmiş olduğu birçok çalışma mevcuttur (5, 83-91). Sağlıklı yetişkin bireylerde SSK'da çok sayıda reseptör yer almaktadır. Reseptör sayısı yaş artışıyla birlikte azalmaktadır (4, 85). Yaş artışıyla görülen reseptör kaybıyla VOR'un azalması öngörülmektedir. Aslında reseptörlerin kaybı ve nöral düşüşlerin azalmasıyla ciddi fonksiyonel açıklarla karşılaşılması beklenirken, fonksiyonel olarak vücut kompensasyon mekanizmaları geliştirilerek mevcut duruma adapte olmaya çalışmaktadır (121). Serebellum burada büyük bir öneme sahiptir. Okulomotor cevaplar serebellum tarafından kontrol edilir (122, 123). VOR üzerine yapılmış birçok çalışmayla yaş ve görme problemleri gibi konularda serebellum kompensasyon mekanizmasını çalıştırarak ne kadar önemli bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir (122, 123). Bizim çalışmamızda da yaş artışıyla birlikte ortalama DCY'deki düşüş lateral SSK'da negatif yönde orta düzeyde, (-0,311) posterior SSK'da negatif yönde düşük düzeyde (-0,257) istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), anterior SSK'daki bu düşüş (-0,180) anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$).

Yüksek frekansta kısa süreli hızlı savurma hareketlerinin uygulandığı VOR'u gözden elde edilen bulgular ile değerlendiren HIT, uyarılan SSK'da periferik bir bozukluk nedeniyle meydana gelen açık sakkadların gözlenmesi esasına dayanmaktadır (38). HIT, VOR'u kalorik testen daha yüksek bir frekansta değerlendirmektedir. Ancak, açık sakkadlar uygulayıcının gözlemiyle belirlendiği için subjektif bir testtir (124). HIT ile kalorik test performansı birçok çalışmada karşılaştırılmıştır. Perez ve Rama-Lopez'in kalorik testi referans aldıkları çalışmalarında, klinik HIT' in özgüllüğünü %91, hassaslığını ise %45 bulmuşlardır. Ayrıca kalorik teste %42,5'ten büyük olarak tespit edilen patolojileri olan hastalarda HIT testi anormal olarak bulunmuştur (125). Schubert ve ark.'nın tanı koyulmuş 79 unilateral hipofonksiyonu olan ve 32 bilateral hipofonksiyonu olan bireyde yaptıkları çalışmada, klinik HIT'nin %82 özgüllükle vestibüler hipofonksiyonu tanımlamada, unilateral hipofonksiyonları %71 hassaslıkta ve bilateral hipofonksiyonları %84 hassaslıkta olduğunu belirtmişlerdir (126). Rohrmeier ve ark.'nın 151 periferik vestibüler bozukluğu olan bireyde yaptıkları çalışmalarında HIT'in özgüllüğünü %85, hassaslığını ise %64 bulmuşlardır. Bu bulgularınsa kalorik testi ile yakın sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (127). HIT'in vestibüler hipofonksiyonu tanımlamada önemli bir yerinin olduğu tespit edilmesiyle göz hareketlerinin matematiksel değerlendirmeler ile derecelendirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Fakat burada ki önemli bir nokta ise hastanın günlük yaşam aktiviteleri sırasındaki hissettikleridir. Bazen hastanın vestibüler test sonuçları normal çıkmasına rağmen hala vestibüler yakınmalardan şikayetleri devam edebilmektedir. Tüm bu testlere baktığımızda her ne kadar bize VOR kazancı ve SSK'ların normal çalışıp çalışmadığı konusunda bilgi veriyor olsada, hareketin fonksiyonel görevini yerine getirdiğini tam olarak göstermeyebilir. Bakış stabilizasyonunun sağlanmış olması net görüşü sağlamak için bize her zaman yeterli bilgiyi vermeyebilir. Bazen normal VOR kazancı elde edilmiş olsa bile, baş hareketiyle beraber bulanık görme durumuyla karşılaşılabilir. Bu, yetersiz görsel işlemden, baş impulsu sırasında yeterince uzun bir optimum görsel stabilite süresine kadar değişen farklı bozukluklardan kaynaklanabilir (64, 65). Çünkü görsel stabilizasyon, baş hareketinin herhangi bir anında baş pozisyonu ile baş hızı kompensasyonu arasında optimal bir dengeden oluşan karmaşık bir göz hareket kombinasyonları ile elde edilir (66). Çalışmamızda kullandığımız HIT fizyolojisini temel alan fHIT, bize bireyin daha çok günlük yaşam aktiviteleri sırasında yakınmaları olup olmadığı konusunda bilgi verir. Farklı açısal akselerasyonlarda ($1.000-7.000^{\circ}/sn^2$) bireylerin gösterilen optotipi okuma yüzdesinin hesaplanması sayesinde patolojiye yönelik fonksiyonel çıktılar verir. fHIT göz hareketlerini

ölçen bir test olmayıp, algısal bir testtir. Fonksiyonel bir test olması nedeniyle bireyin yaşam kalitesine odaklanır.

Klinikte VOR'u değerlendiren testlerden biri olan kalorik test, periferal vestibüler patolojiler için klinik kullanımı oldukça yaygın değerlendirme yöntemlerinden biridir. Ancak kalorik test sadece lateral SSK'ları 0,002-0,004 Hz frekans aralığında (fizyolojik olmayan) test etmektedir (125). Günlük yaşam aktiviteleri sırasında ise SSK'lar üç düzlemde kişinin yürüyüşü ve başını çevirdiği sıradaki uyarı frekansıyla uyumlu olan 0,5-5 kHz frekansları arasındaki $4.000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ ivmeli uyarımlar ile uyarılmaktadır. Normal günlük yaşam aktiviteleri sırasında baş velositesi $550 \text{ }^\circ/\text{sn}$ iken baş hızı arttığı zaman bu velosite $6000 \text{ }^\circ/\text{sn}$ 'ye kadar çıkar. Frekans sınırları 0-20 Hz'dir (26). Bu nedenle, periferal vestibüler sistemi daha geniş ve günlük yaşam aktiviteleri frekansında test edebilen güvenilir objektif test metodlarına ihtiyaç duyulmuştur. fHIT $1000-7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ baş akselerasyon aralığında her binlik aralıkta bireyin VOR esnasında doğru okuma yüzdesine endeksli bir sistemdir. Bize bireyin günlük yaşam aktiviteleri sırasında etkin baş akselerasyon aralığı olan $1000-7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ aralığını test ederken, aynı zamanda okuma algısını ölçerek fonksiyonel veriler sağlar. Kalorik testle yapılan çalışmalarda kalorik testte yaşa bağlı herhangi bir değişiklik bulamamıştır (128, 129). Bizim çalışmamızda fHIT $1000-7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ baş akselerasyon aralığında her binlik aralıkta bireyin VOR esnasında doğru okuma yüzdesi bilgisini vermektedir. Bizim çalışmamızda her bir binlik baş akselerasyonunda DCY'ne baktığımızda, $1000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ 'den $7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ 'ye çıkıldıkça DCY'nin azaldığı görülmüştür. Yine çalışmamızda lateral, anterior ve posterior SSK'da $1000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ ve $2000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 2). Yani yüksek frekanslarda yaş artışıyla birlikte DCY'deki düşüş anlamlı bulunurken ($p<0,05$), alçak frekanslarda bu düşüş anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Kalorik testte vestibüler sistemdeki yaşa bağlı dejenerasyonun artmasına rağmen değişiklik görülmemesinin nedeni uyaran frekansının çok düşük olması ve fizyolojik olmayan uyaran kullanılmasına bağlanabilir. Ayrıca vestibüler sistemdeki yaşa bağlı değişikliklerin VOR'un yüksek frekans bileşenini etkilediğini, kalorik testin ise VOR'un düşük frekans bileşenini yansıttığı için cevaplarda yaşa bağlı bir değişiklik gözlenmediğine bağlamışlardır (128, 129).

Sinüzoidal rotasyon testi ile yalnızca lateral SSK VOR cevabının değerlendirildiği 75 yaşın üzerindeki sağlıklı bireylerin genç bireylerle karşılaştırıldığı bir çalışmada ise özellikle

yüksek hız stimülasyonu ile VOR kazancında ve VOR zaman sabitinde bir azalma görülmüştür (91). Bizim çalışmamızda da lateral SSK'larda yüksek frekanslarda yaş artışıyla birlikte doğru okuma yüzdelerindeki düşüş anlamlı bulunurken ($p < 0,05$), alçak frekanslarda bu düşüş anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Sinüzoidal rotasyon testi ve kalorik test ile 7-81 yaş aralığındaki sağlıklı bireylerde lateral SSK VOR performansı değerlendiren bir başka çalışmada, artan yaşla birlikte sinüzoidal test sonuçlarında cevap amplitüdünde düşüş ve cevap fazının kompensasyonunda daha az bir azalma bildirilirken, kalorik test sonuçlarında yaş ile birlikte değişim gözlenmemiştir (108). Chan ve ark. (2016)'nın rotasyonel sandalye ile 6-12 yaş, 13-17 yaş, 18-30 yaş, 31-50 yaş ve 50 yaş ve üzeri yaş gruplarının yer aldığı çalışmalarında 6-12 yaş grubunun diğer tüm yaş gruplarına göre en yüksek ortalama VOR kazancına sahip olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada VOR kazancı ile yaş arasında ters korelasyon gözlenmiştir (130). Maes ve ark.(2008)'nin yaptığı çalışmada 0,01, 0,02, 0,05, 0,1 ve 0,2 Hz'de rotasyonel sandalye testi uygulanan 18-80 yaşları arasında 80 sağlıklı bireyde ise yaşa bağlı VOR değişikliklerinde anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir (131). Bizim çalışmamızda ise Chan ve ark. (2016)'nın çalışmalarına benzer şekilde en düşük yaş grubu olan 18-35 yaş aralığında lateral SSK'lar için ortalama DCY en yüksekti. Ayrıca çalışmamızda yaşın artışıyla birlikte ortalama DCY'deki düşüş lateral SSK'da negatif yönde orta düzeyde (-0,311) istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Tüm SSK'ların aynı anda değerlendirilebildiği vHIT kullanılarak yaş aralığı 10-89 olan gönüllülerin katıldığı VOR kazanç ilişkilerinin incelendiği bir çalışmada sadece 80-89 yaş aralığındaki bireylerin VOR kazançlarının düştüğü gözlenmiştir (132). Mossman ve ark., lateral SSK'yı değerlendirdikleri çalışmalarında, kazancın yaşla birlikte düştüğünü, fakat bu düşüşünün belirgin ve anlamlı olmadığını göstermişlerdir (133). Başka bir çalışmada 70 yaşa kadar yaş ile VOR kazancı arasında bir bağlantı olmadığı, 71- 90 yaş aralığında VOR kazanç değerinin düştüğü belirtilmiştir (109). Bizim çalışmamızda bireyleri 18-35, 36-54 ve 55-70 yaş grubu olmak üzere 3'e ayırdığımız gruplar arasındaki ilişkiye bakıldığında 3 SSK'da da 36-54 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Bizim çalışmamızda kullandığımız fHIT daha yüksek frekansları da içerdiği için bu farklılığın bir nedeninin baş impuls hızlarından kaynaklanabileceği görüşündeyiz. Yaşa bağlı VOR değişiklikleri aynı zamanda baş impuls hızı ile de ilişkili olduğu literatürde gösterilmiştir (109, 134-136). VOR kazancın, 180–200 %/sn'lik baş savurmaları için 70 yaşına kadar, 160-180 %/sn'lik savurmalar için 79 yaşına ve 160 %/sn'den daha düşük baş savurmaları için 90 yaşına kadar sabit kaldığı yapılan

çalışmalarla gösterilmiştir (109, 134-136). Bizim çalışmamızda lateral ve anterior SSK'da 1000 %/sn² ve 2000 %/sn² baş akselerasyonunda ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken (p>0,05), 3000 %/sn², 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). Posterior SSK için ise 1000 %/sn², 2000 %/sn² ve 3000 %/sn² baş akselerasyonunda ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken (p>0,05), 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000 %/sn² değerlerinde ölçülen ortalama DCY açısından yaş grupları (18-35 yaş arası, 36-54 yaş arası ve 55-70 yaş arası) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). Ayrıca çalışmamızda kullandığımız fHIT in algısal bir test olması itibarıyla frekans artışıyla beraber vHIT ile yapılan diğer çalışmalara (109, 134-136) göre daha erken yaşlarda (55-70 yaş grubunda) DCY'deki düşüş anlamlı bulunmuştur. Düşük VOR kazancı uyarana bağlı olarak (baş hızı, uyaran süresi vb) görüntünün bulanıklaşmasına neden olarak görme keskinliğini azaltır. Bu görme keskinliğindeki düşüşte yaşa bağlı olmayan diğer faktörlere de bağlı olabilir (5, 137). fHIT'in yaşla birlikte denge ile ilgili performansın düşmesinin çok iyi bir göstergesi olduğunu kabul ediyoruz. Ancak yukarıdaki sonuçlar ışığında fHIT skorlarının düşüşünün yalnızca VOR fonksiyonunun azalmasına bağlanamayıp bilişsel aktivite ile ilişkili olduğu görüşündeyiz.

Akut unilateral vestibulopati hastalarında vHIT ve fHIT sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada 3 aylık takip sonrası kompensasyon meydana geldiği her iki testte de gösterilmiştir. İki testten elde edilen veriler ise birbiriyle ilişkili bulunmamıştır. Özellikle hastalar akut fazda ve 3 ay sonrasında karşılaştırıldıklarında fHIT spesifik olarak vHIT'ten daha fazla anormallik saptamıştır. Kronik dönemde vHIT verilerine göre sağlıklı ve etkilenen taraftan elde edilen VOR kazanç değerlerinin birbirine yakın olmasına rağmen fHIT verilerine göre elde edilen veriler VOR'un fonksiyonel olarak bozulduğu sonucu götürebileceğini söylemişlerdir. Kompensasyon mekanizması ise vHIT'te VOR kazanç değerlerinin fHIT'te elde edilen okuma yüzde oranlarına göre daha fazla iyileştiğini gösterebileceğini belirtmişlerdir (138). Bu nedenle, fHIT ve vHIT vestibüler hastalıklarda vestibüler rehabilitasyon sonuçlarını değerlendirmek için tamamlayıcı bir metottur.

Dinamik görsel keskinlik testi, kişinin baş hareketleri sırasında uygun görsel hedef yakalamak için periferik vestibüler sistemi kullanma yeteneğinin fonksiyonel bir değerlendirmesidir (110). VOR'un dolaylı bir ölçüsü olan DVAT ile yapılan birçok çalışmada yaşla birlikte vestibüler fonksiyonda azalma olduğu bildirilmiştir (139). Uyarıcı olarak DVAT sırasında baş hareketi olarak aktif ya da pasif savurmalar kullanılabilir iken, fHIT'te pasif baş savurmaları kullanılır. Her ikisi de vestibüler fonksiyonun dolaylı ve algısal bir ölçüsüdür. DVAT fHIT gibi VOR kazancını sayısal olarak ölçmez, fonksiyonellik hakkında bilgi verir. VOR kazancındaki azalma düşük DVAT skoruna neden olmaktadır. Düşük DVAT skoru, düşük bir VOR kazancının odaklanma problemi yaratacağından yola çıkarak zayıf SSK fonksiyon göstergesi olarak yorumlanmıştır. Düşük VOR kazancı uyarana bağlı olarak (baş hızı uyarıcı süresi vb) görüntünün bulanıklaşmasına neden olacağından görme keskinliğini azaltır. Bu görme keskinliğindeki düşüşün nedeni yaşa bağlı olmayan diğer faktörlerde bağlı olabilir (5, 137). Herdman ve ark. (1998), yaşları 19-87 aralığında olan bireylerle yaptıkları çalışmalarında, 60-69 ve 70-79 yaş aralığındaki bireylerin DVAT skorlarının diğer gruplarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede azalmış olduğunu bildirmişlerdir (67). Peters ve ark. (2012), 112 sağlıklı birey ve vestibüler bozuklukları olan 45 bireyle yaptıkları çalışmalarında, yaşlı olan hastaların DVAT skorlarının anlamlı derecede farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Bunun sebebini de VOR kazancının yaşa bağlı olarak değişmesi olduğunu belirtmişlerdir (140). Honaker ve Shepard (2010), 87 sağlıklı bireyde yaptıkları çalışmalarında yaşın fonksiyonel VOR değerlendirmesini etkilediğini belirtmişlerdir (141). Bizim çalışmamızda kullandığımız fHIT cihazıyla tüm SSK'larda yaşla birlikte DCY'de düşüş gözlenmiştir. Ayrıca fHIT'in DVAT'a göre daha yüksek frekansları ölçmesi itibarıyla frekans artışıyla beraber daha düşük yaşlarda 55-70 yaş grubunda DCY'deki düşüş anlamlı bulunduğu görüşündeyiz. Çalışmamızda kullandığımız fHIT cihazı ve benzer bir test olan DVAT test yöntemi izole vestibüler end organların işlevini ölçemez. VOR fonksiyonunun yanı sıra okülomotor fonksiyonunu ve bilişsel aktiviteyi de yansıtabilir. Yapılan birçok başka çalışmada DVA'da yaşla birlikte düşüşler gösterilmiştir. Bu çalışmalar, DVAT skorlarının, yaş aralığı boyunca açısal VOR kazancı ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir (74, 110, 142).

Guinand ve ark. 2012'de DVAT testini koşu bandı üzerinde düşük hızda (maksimum 30°/s) ve fHIT'e göre düşük bir frekansta (yaklaşık 2 Hz) baş savurmalarıyla test etmişlerdir (143). Hızlı ve yüksek frekanslı baş hareketlerini içeren yeni bir tamamlayıcı test olan (7, 8) fHIT ile seçilen düzlemdeki yüksek frekanslı DVAT'ı yansıttığı düşünülmektedir. fHIT ve

DVAT koşu bandının karşılaştırıldığı 23 bilateral vestibulopati hastasının dahil edildiği başka bir çalışmada fHIT uygulanan hastaların %78'i anormal sonuç gösterirken, tüm hızlarda DVAT koşu bandında hastaların %17'si anormal sonuç göstermiştir. Bunun yanında 23 hastanın hepsinde fHIT tamamlanabilirken, DVAT koşu bandında 11 hasta testi tamamlayamamışlardır. Anormal DVAT koşu bandı sonuçları olan dört hastanın tümü de anormal bilateral fHIT sonuçları göstermiştir. Bu çalışmada fHIT'te daha fazla anormal sonuç elde edilmesi birkaç faktöre bağlanmıştır (144). İlk olarak, kompensasyon yeteneği fHIT sırasında daha azdır. Koşu bandı üzerinde yürürken, hastalar yürüyüş veya bakış stabilizasyonunu iyileştirmek için kompensasyon mekanizmaları kullanabilirler. İkinci olarak, fHIT sırasındaki pasif hareketin aksine, DVAT koşu bandı sırasında aktif bir hareket yapılır. Pasif hareketlerin sağlıklı kişiler ile bilateral vestibüler kaybı olan hastaların ayırımında daha kullanışlı olduğu gösterilmiştir (71, 74). Bunun nedeni yürüme sırasında yürüme hareketini üreten komutun bir efferent kopyası mevcuttur. Bu da hastaların ortaya çıkan baş hareketinin bir sonucu olarak retinal kaymayı önceden tahmin etmelerine neden olur (145). Üçüncüsü, uyaran farklılığıdır. fHIT, yüksek frekanslarda (> 150 °/s) pasif baş hareketleri sırasında bir SSK düzlemini seçici olarak uyarırken, DVAT koşu bandı tüm SSK'ları ve otolitleri aynı anda uyaran aktif bir hareket içerir (7) ve uyarının frekansı yürüme hızına bağlıdır (146). Bu çalışmada fHIT'in bilateral vestibulopati hastalarda osilopsiyi ölçmek için uygun bir değerlendirme yöntemi olabileceğini ve bu özellikleriyle fHIT ve DVAT koşu bandı testleri birbirinin yerine kullanılmayıp tamamlayıcı test yöntemi olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir (144).

Vestibüler implantasyon yapılan bir vaka çalışmasında implantasyonun DVAT skorları ile fHIT skorları karşılaştırılmıştır. Yapılan vestibüler stimülasyonlarla beraber yüksek frekanslı DVAT'ta önemli ölçüde iyileşme gözlenmiştir (147). Koşu bandı üzerinde değerlendirilen DVAT'ın vestibüler sistemi spesifik olmayıp bütüncül olarak değerlendirdiği, fHIT ile spesifik bir düzlemi yüksek frekanstaki görsel keskinlik skorlarını değerlendirdiği yorumunu yapmışlardır. Daha önce vestibüler implantasyonun DVAT skorlarına olan etkisi koşu bandı üzerinde test edilmiştir (148). Koşu bandı üzerinde yapılan DVAT testi ile fHIT'in birbirinin yerini tutmayacağı birbirinin tamamlayıcısı olabileceğini belirtmişlerdir (148). Bunun nedeninin ise yine yürüme esnasında vestibulokolik refleks gibi mekanizmaların devreye girerek bakışları sabitlemeye daha çok yardımcı olmasına bağlanabileceğine atfedilmiştir (144, 149, 150).

Vestibüler rehabilitasyon programında VOR adaptasyonu için bakış stabilite egzersizleri kullanılır. Bu egzersizler, aktif ve pasif baş hareketleri esnasında VOR kazancını artırmak ve görsel stabiliteyi sağlamak için yapılır. Bu dinamik egzersiz süreci görsel girdiler ile sağlanır. Oksipital lob, orta beyin ve serebellum VOR kazancını yeniden kalibre etmek için bu süreçte aktiftir (151). Çoğu zaman bireyin başladığı ilk egzersiz hedefi odak noktada tutmak amacıyla başlarını horizontal düzlemde 1-2 dakika, ardından vertikal düzlemde 1-2 dakika hareket ettirirken karşısındaki sabit bir hedefe bakışlarını sabitlemeleri istenir (152). Hastalar, hedef odağını kaybetmeyerek önce baş hareketinin hızını kademeli olarak istenilen seviyeye yükseltirler. VOR fonksiyonu iyileştikçe, hastalar daha hızlı baş hızı hareketiyle daha az semptom yaşayabilirler. VOR egzersizlerinin DVA'yı geliştirdiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (153, 154). Periferal vestibüler iyileşmeden bağımsız olarak VOR kazanç değerlerinde artış ve baş rotasyonu sırasında kompensasyon sakkadların sayısında bir artış gözlemlenmiştir (153, 154). fHIT gelecekte, vestibüler rehabilitasyon hastalarında egzersizlerin gösterdiği fonksiyonel ilerlemeyi ölçmek için de kullanılabilir. Yine bireyin hangi baş aralığında fonksiyonel yetersizliği olduğu saptayabilmesi özelliğiyle rehabilitasyon programı için ciddi bir yol gösterici olarak kullanılabilir. Günümüz tedavi yaklaşımları hastanın günlük yaşam aktiviteleri sırasında yaşam kalitesini artırmaya hedeflediğinden, amaca yönelik tedavi hizmeti için önemli derecede fayda sağlayacaktır.

Özellikle rehabilitasyon için fHIT cihazı ile bir de tedavi protokolü geliştirilebilir. fHIT'in $1000-7000 \text{ }^\circ/\text{sn}^2$ her binlik aralıkta ayrı ayrı DCY hesaplıyor olması protokolün çizilmesinde yardımcı olacaktır. Öncelikle bireyin hangi baş akselerasyonunda okuma yüzdesinin düşük olduğu belirlenip, bu akselerasyonun bir ya da iki alt akselerasyonundan çalışmaya başlanıp daha sonra bireyin başarısız olduğu akselerasyona kadar çıkılır. Kullanım tecrübelerimizden yola çıkarak cihazdaki savurmaların manuel yapılması güçlük yaratabilmektedir. İstenilen hedef baş akselerasyonunu yakalamak her zaman mümkün olmamaktadır. Ancak çok tecrübeli bir uygulayıcı istenilen hedef savurma ivmesini yakalayabilir. Testi yapan kişinin sağ ya da sol eli baskın kullanması ve sağ veya sol kolunda kas kuvveti farklılığı olması ayrıca test sonuçlarını etkileyebilir. Bu nedenle cihaza her binlik baş akselerasyonu için gerekli ivme ve hızda savurmaların yapılabileceği mekanik bir sistem eklenebilir. Bizim yaptığımız çalışmada sağ elini baskın kullanan tek bir uygulayıcı tarafından test uygulandı. Çalışmamızda sağ anterior SSK sol anterior SSK ortalama DCY'den, sağ posterior SSK sol posterior SSK ortalama DCY'den, sağ lateral SSK sol

lateral SSK ortalama DCY'den daha yüksek bulundu. Ayrıca RALP düzleminde yapılan sağ anterior SSK DCY (sağ kulakta) ve sol posterior SSK DCY (sol kulakta) en yüksek değeri aldı. Bunun testi yapan uygulayıcının sağ elini baskın kullanmasından kaynaklı olarak sağ kolda daha fazla kas kuvveti uygulamasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Şimdiye kadar vHIT ve fHIT'in el tercihini konu alan bir çalışma mevcut değildir. Matino-Soler ve ark. yapılan çalışmalarda sola doğru savurmaların daha yüksek hızlanmaya sebep olmasının sağ eli baskın kullanmayla alakalı olabileceğini söylemişlerdir (109).

Çalışmamızda test süresi rutin ölçümlere göre daha uzun sürdü. Her bir birey için ortalama test süresi 30 dakika idi. Bunun nedeni fHIT lateral SSK'lar için 4000-6000 °/sn², vertikal SSK'lar için 3000-6000 °/sn² baş akselerasyon aralığındaki DCY'nin ortalamasını almaktadır. Bu nedenle yalnızca bu aralıklardaki baş akselerasyonları yeterli olmaktadır. Fakat bizim çalışmamızda özellikle her binlik baş akselerasyonundaki DCY'yi görmek istediğimiz için 1000-7000 °/sn² aralığında her binlik baş savurma akselerasyonunda en az iki savurma yapıldı. Bu nedenle test süresi daha uzun sürdü.

Çalışmamızın kısıtlamalarından biri de 65 yaş üstü olmanın covid-19 için bulaş riski nedeniyle çalışmaya dahil edilememesidir. Koronavirüs (Covid-19) 2019 yılında ilk olarak Çin'de görülüp ülkemizde de Mart 2020 tarihinden itibaren vakalar görülmeye başlamıştır. 65 yaş üstü olmanın COVID-19 için bulaş risk faktörü olması nedeniyle ülkemizde 65 yaş üstü bireylerde bazı kısıtlılıklara gidilmiştir. Biz de bu nedenle 15 Mart 2020 tarihinden sonra 65 yaş üstü hiçbir birey çalışmaya dahil edilemedi.

Fonksiyonel head impulse test; fonksiyonel açıdan VOR'u dolaylı yoldan değerlendiren kolay uygulanabilir bir test bataryasıdır. Fakat tek başına yetersizdir. Sonuç olarak mekanizması VOR fonksiyonelliğinin VOR kazancı üzerinden dolaylı ölçümüne dayanan fHIT cihazı bize altı SSK'ı hızlı bir şekilde değerlendirip bir sonraki test basamağına yönlendirmeye ve diğer test bataryaları ile birleştirildiğinde tanı ve rehabilitasyon süreçlerinde hızlı ve daha güvenli sonuçlar elde etmemize yardımcı olmaktadır. fHIT değerlerinin yaş ile ilişkisini incelediğimiz çalışmamızda tüm SSK'larda yaş artışıyla beraber VOR'u fonksiyonel açıdan yansıtan ortalama DCY'de azalma gözlenmiştir. Yaptığımız bu çalışma çeşitli hasta gruplarında yapılacak çalışmalarda karşılaştırma yapmak açısından ve patolojik sonuçları fonksiyonel açıdan belirleme adına da önemli bir yol gösterici olacaktır.

6. SONUÇ

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar;

1. Fonksiyonel head impulse test değerlerinin yaş ile ilişkisini incelediğimiz çalışmamızda tüm SSK'larda yaş artışıyla beraber ortalama DC yüzdelerinde azalma gözlemlendi.
2. Yaş grupları arasında inceleme yapıldığında ise 3 SSK'da da 36-54 yaş grubu ortalama DCY'nin 55-70 yaş grubu ortalama DCY'den yüksek olması istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0,05$).
3. Yaş grupları arasında inceleme yapıldığında 3 SSK'da da 18-35 yaş grubu ortalama DCY ile 36-54 yaş grubu ortalama DCY arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0,05$).
4. Cinsiyet ile SSK'larda ortalama DCY arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki görülmedi ($p > 0,05$).
5. Lateral, anterior ve posterior SSK'da 1000 $^{\circ}/sn^2$ 'den 7000 $^{\circ}/sn^2$ 'ye baş akselerasyonunun artmasıyla beraber tüm SSK'larda DCY'nde düşüş gözlemlendi.
6. Yaş grupları ile baş akselerasyonlarının tüm SSK'larda DCY ile ilişkisine bakıldığında

Lateral SSK'da;

- 18-35 yaş aralığı ile 36-54 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 $^{\circ}/sn^2$ - 7000 $^{\circ}/sn^2$ arası tüm akselerasyonlarda istatistik olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p > 0,05$).
- 18-35 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 $^{\circ}/sn^2$ - 2000 $^{\circ}/sn^2$ ve 4000 $^{\circ}/sn^2$ 'de istatistik olarak anlamlı fark gözlenmezken ($p > 0,05$), 3000 $^{\circ}/sn^2$, 5000 $^{\circ}/sn^2$, 6000 $^{\circ}/sn^2$ ve 7000 $^{\circ}/sn^2$ istatistik olarak anlamlı fark gözlemlendi ($p < 0,05$).
- 36-54 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 $^{\circ}/sn^2$ ve 2000 $^{\circ}/sn^2$ istatistik olarak fark gözlenmezken ($p > 0,05$), 3000 $^{\circ}/sn^2$, 4000 $^{\circ}/sn^2$, 5000 $^{\circ}/sn^2$, 6000 $^{\circ}/sn^2$ ve 7000 $^{\circ}/sn^2$ istatistik olarak anlamlı fark gözlemlendi.

Anterior SSK'da;

- 18-35 yaş aralığı ile 36-54 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 $^{\circ}/sn^2$ - 7000 $^{\circ}/sn^2$ arası tüm akselerasyonlarda istatistik olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p > 0,05$).

- 18-35 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 %/sn², 2000^o/sn² 3000 %/sn² ve 4000 %/sn² ‘de istatistik olarak anlamlı fark gözlenmezken (p>0,05), 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000^o/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05).
- 36-54 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 %/sn², 2000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlenmezken (p>0,05), 3000 %/sn², 4000 %/sn² ve 7000^o/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05).

Posterior SSK’da;

- 18-35 yaş aralığı ile 36-54 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 %/sn² - 7000 %/sn² arası tüm akselerasyonlarda istatistik olarak anlamlı fark gözlenmedi (p>0,05).
- 18-35 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 %/sn², 2000^o/sn² ve 3000 %/sn² ‘de istatistik olarak anlamlı fark gözlenmezken (p>0,05), 4000 %/sn², 5000 %/sn², 6000 %/sn² ve 7000^o/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05).
- 36-54 yaş aralığı ile 55-70 yaş aralığı karşılaştırıldığında 1000 %/sn² ve 2000 %/sn², 3000 %/sn² ve 7000^o/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlenmezken (p>0,05), 4000 %/sn², 5000 %/sn² ve 6000 %/sn² istatistik olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05).

Çalışmamızda elde ettiğimiz bu bilgiler doğrultusunda şu önerilerde bulunulabilir;

1. Fonksiyonel head impulse testin VOR’un fonksiyonelliğindeki ölçümündeki avantajıyla vestibüler sistem değerlendirme test bataryalarına eklenmelidir.
2. Vestibüler sistem değerlendirmesinde yapılacak yeni çalışmalarla diğer test bataryaları ile korelasyonlarına bakılabilir.
3. Fonksiyonel head impulse test VOR fonksiyonelliğinin ölçümüne dayandığından, SF36, vestibüler bozukluklarda günlük yaşam aktiviteleri ölçeği gibi yaşam kalitesini değerlendiren anketler ile günlük yaşam aktivitelerine etkileri araştırılabilir.
4. Baş dönmesini değerlendiren baş dönmesi engellilik envanteri, vertigo semptom skalası-kısa form ve görsel analog skalası gibi envanterlerle fHIT ilişkisi araştırılabilir.

5. Fonksiyonel head impulse testin 18 yaş üzeri sağlıklı bireylerde yaptığımız bu çalışmaya daha fazla katılımcı dahil edilerek çalışmanın kalitesi artırılabilir. Ayrıca 18 yaş altındaki adolesan ve pediatrik grupların dahil edildiği başka çalışmalar yapılabilir.
6. Fonksiyonel head impulse test, VOR'u fonksiyonel açıdan değerlendirdiği için düşme olgularının analizinde kullanılabilir.
7. Fonksiyonel head impulse test rehabilitasyon programlarına adapte edilerek, bu sayede baş dönmesi yaşayan bireylerin günlük yaşam aktiviteleri geliştirilip yaşam kaliteleri artırılabilir.
8. Vestibüler sistem patolojik farkları tanımlamada fHIT, diğer test bataryaları ile birlikte kullanılarak daha kolay tanıya gidilebilir.
9. Cihaza istenilen ivmede savurma yapabilen mekanik bir sistem eklenerek, testteki manuel olarak yapılan savurmalarından kaynaklanabilecek hatalar en az seviyeye indirilebilir.
10. Fonksiyonel head impulse testte sağ ya da sol eli baskın kullanmanın test sonuçlarına etkisi araştırılabilir.
11. Jiroskop mekanizmasına ek olarak vHIT sisteminde yer alan gözlük eklenerek sakkadların ve fonksiyonel değerlendirmenin birarada yapıldığı bir vestibüler sistem değerlendirme test bataryası geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Nandi R, Luxon LM. Development and assessment of the vestibular system. *Int J Audiol.* 2008;47(9):566-77.
2. Tóth M, Csillag A. The organ of hearing and equilibrium. *Atlas of the Sensory Organs:* Springer; 2005. p. 1-83.
3. Fife TD. Overview of anatomy and physiology of the vestibular system. *Handbook of Clinical Neurophysiology.* 2010;9:5-17.
4. Merchant SN, Tsuji K, Wall III C, Velázquez-Villaseñor L, Glynn RJ, Rauch SD. Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system: 1. Normative vestibular hair cell data. *Ann Otol Rhinol.* 2000;109(5_suppl):3-13.
5. Baloh RW, Enrietto J, Jacobson KM, Lin A. Age-related changes in vestibular function: A longitudinal study. *Ann N Y Acad Sci.* 2001;942(1):210-9.
6. Böhler A, Mandala M, Ramat S, editors. A software program for the head impulse testing device (HITD). 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology; 2010: IEEE.
7. Ramat S, Colnaghi S, Boehler A, Astore S, Falco P, Mandalà M, et al. A device for the functional evaluation of the VOR in clinical settings. *Front Neurol.* 2012;3:39.
8. Versino M, Colagiorgio P, Sacco S, Colnaghi S, Quagliari S, Manfrin M, et al. Reading while moving: the functional assessment of VOR. *JVR.* 2014;24(5, 6):459-64.
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Vestibulo%E2%80%93ocular_reflex [29.06.2020]
10. Curthoys IS, Halmagyi GM. Vestibular compensation: a review of the oculomotor, neural, and clinical consequences of unilateral vestibular loss. *JVR.* 1995.
11. Reiter RJ, Tan D-X, Fuentes-Broto L. Melatonin: a multitasking molecule. *Progress in brain research.* 181: Elsevier; 2010. p. 127-51.
12. Halmagyi G, Chen L, MacDougall HG, Weber KP, McGarvie LA, Curthoys IS. The video head impulse test. *Front Neurol.* 2017;8:258.
13. Grossman GE, Leigh RJ, Abel L, Lanska DJ, Thurston S. Frequency and velocity of rotational head perturbations during locomotion. *Exp Brain Res.* 1988;70(3):470-6.

14. Grossman GE, Leigh RJ, Bruce EN, Huebner WP, Lanska DJ. Performance of the human vestibuloocular reflex during locomotion. *J Neurophysiol.* 1989;62(1):264-72.
15. Curthoys IS. The new vestibular stimuli: sound and vibration—anatomical, physiological and clinical evidence. *Exp Brain Res.* 2017;235(4):957-72.
16. Curthoys IS, Vulovic V, Burgess AM, Sokolic L, Goonetilleke SC. The response of guinea pig primary utricular and saccular irregular neurons to bone-conducted vibration (BCV) and air-conducted sound (ACS). *Hear Res.* 2016;331:131-43.
17. Cullen KE, Minor LB. Semicircular canal afferents similarly encode active and passive head-on-body rotations: implications for the role of vestibular efference. *J Neurosci.* 2002;22(11):RC226-RC.
18. Seth AK, Barrett AB, Barnett L. Granger causality analysis in neuroscience and neuroimaging. *J Neurosci.* 2015;35(8):3293-7.
19. Oesterle EC, Campbell S, Taylor RR, Forge A, Hume CR. Sox2 and JAGGED1 expression in normal and drug-damaged adult mouse inner ear. *JARO.* 2008;9(1):65-89.
20. Rüscher A, Lysakowski A, Eatock RA. Postnatal development of type I and type II hair cells in the mouse utricle: acquisition of voltage-gated conductances and differentiated morphology. *J Neurosci.* 1998;18(18):7487-501.
21. Eatock RA, Songer JE. Vestibular hair cells and afferents: two channels for head motion signals. *Annu Rev Neurosci.* 2011;34:501-34.
22. Kalluri R, Xue J, Eatock RA. Ion channels set spike timing regularity of mammalian vestibular afferent neurons. *J Neurophysiol.* 2010;104(4):2034-51.
23. Holt JR, Vollrath MA, Eatock RA. Stimulus processing by type II hair cells in the mouse utricle. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1999;871(1):15-26.
24. Holt JC, Chatlani S, Lysakowski A, Goldberg JM. Quantal and nonquantal transmission in calyx-bearing fibers of the turtle posterior crista. *J Neurophysiol.* 2007;98(3):1083-101.
25. Li GQ, Meredith FL, Rennie KJ. Development of K⁺ and Na⁺ conductances in rodent postnatal semicircular canal type I hair cells. *Am J Physiol.* 2010;298(2):R351-R8.

26. Schubert MC, Shepard NT, Jacobson G, Shepard N. Practical anatomy and physiology of the vestibular system. Balance function assessment and management. 2008:1-12.
27. Haque A, Angelaki DE, Dickman JD. Spatial tuning and dynamics of vestibular semicircular canal afferents in rhesus monkeys. *Exp Brain Res.* 2004;155(1):81-90.
28. Hullar TE, Della Santina CC, Hirvonen T, Lasker DM, Carey JP, Minor LB. Responses of irregularly discharging chinchilla semicircular canal vestibular-nerve afferents during high-frequency head rotations. *J Neurophysiol.* 2005;93(5):2777-86.
29. Ramachandran R, Lisberger SG. Transformation of vestibular signals into motor commands in the vestibuloocular reflex pathways of monkeys. *J Neurophysiol.* 2006;96(3):1061-74.
30. Sadeghi SG, Minor LB, Cullen KE. Dynamics of the horizontal vestibuloocular reflex after unilateral labyrinthectomy: response to high frequency, high acceleration, and high velocity rotations. *Exp Brain Res.* 2006;175(3):471-84.
31. Sadeghi SG, Chacron MJ, Taylor MC, Cullen KE. Neural variability, detection thresholds, and information transmission in the vestibular system. *J Neurosci.* 2007;27(4):771-81.
32. Sadeghi SG, Minor LB, Cullen KE. Response of vestibular-nerve afferents to active and passive rotations under normal conditions and after unilateral labyrinthectomy. *J Neurophysiol.* 2007;97(2):1503-14.
33. Massot C, Chacron MJ, Cullen KE. Information transmission and detection thresholds in the vestibular nuclei: single neurons vs. population encoding. *J Neurophysiol.* 2011;105(4):1798-814.
34. Hain TC, Helminski JO. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. *Vestibular rehabilitation.* 2007;1(1):2.
35. Bailey BJ, Johnson JT, Newlands SD. *Head & neck surgery--otolaryngology:* Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
36. 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. *J Comp Neurol.* 1987;264(4):547-70.

37. Highstein SM, Holstein GR. The anatomy of the vestibular nuclei. *Progress in brain research*. 2006;151:157-203.
38. Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol*. 1988;45(7):737-9.
39. Kumar AN, Han YH, Kirsch RF, Dell'Osso LF, King WM, Leigh RJ. Tests of models for saccade-vergence interaction using novel stimulus conditions. *Biol Cybern*. 2006;95(2):143-57.
40. Herdman SJ, Tusa RJ, Blatt P, Suzuki A, Venuto PJ, Roberts D. Computerized dynamic visual acuity test in the assessment of vestibular deficits. *Am J Otol*. 1998;19(6):790-6.
41. Dumas G, Curthoys IS, Lion A, Perrin P, Schmerber S. The skull vibration-induced nystagmus test of vestibular function—a review. *Front Neurol*. 2017;8:41.
42. Demer JL, Honrubia V, Baloh RW. Dynamic visual acuity: a test for oscillopsia and vestibulo-ocular reflex function. *Am J Otol*. 1994;15(3):340-7.
43. Baloh RW. Robert Barany and the controversy surrounding his discovery of the caloric reaction. *Neurol*. 2002;58(7):1094-9.
44. Proctor L. Air caloric test: irrigation technique. *Laryngoscope*. 1977;87(8):1383-90.
45. de Barros ACMP, Caovilla HH. From nystagmus to the air and water caloric tests. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2012;78(4):120-5.
46. Walther L, Asenov D, Martino DE. Caloric stimulation with near infrared radiation does not induce paradoxical nystagmus. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2011;31(2):90.
47. Bahner C, Petrak M, Beck DL, Smith A. In the Trenches, Part 3: Caloric and Rotational Chair Tests.
48. Jałocha-Kaczka A, Olszewski J, Urbaniak J, Pietkiewicz R. Comparison of water and air caloric stimulation using videonystagmography. *Int J Clin Exp Pathol*. 2016;9(2):733-41.
49. Kim S, Oh Y-M, Koo J-W, Kim JS. Bilateral vestibulopathy: clinical characteristics and diagnostic criteria. *Otol Neurotol*. 2011;32(5):812-7.

50. Hanson JM, Goebel JA. Comparison of manual whole-body and passive and active head-on-body rotational testing with conventional rotary chair testing. *JVR* 1998;8(3):273-82.
51. Eza-Nuñez P, Fariñas-Alvarez C, Fernandez NP. Comparison of three diagnostic tests in detecting vestibular deficit in patients with peripheral vestibulopathy. *JLO* 2016;130(2):145-50.
52. Jahn K. The aging vestibular system: dizziness and imbalance in the elderly. *Vestibular Disorders*. 82: Karger Publishers; 2019. p. 143-9.
53. Bailey IL, Lovie-Kitchin JE. Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic. *Vision Res*. 2013;90:2-9.
54. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Optic*. 1976;53(11):740-5.
55. Grosvenor TP. *Primary care optometry*: Elsevier Health Sciences; 2007.
56. Dannenbaum E, Paquet N, Chilingaryan G, Fung J. Clinical evaluation of dynamic visual acuity in subjects with unilateral vestibular hypofunction. *Otol Neurotol*. 2009;30(3):368-72.
57. 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. *Front Neurol*. 2014;5:223.
58. Welgampola MS, Bradshaw AP, Halmagyi GM. Assessment of the Vestibular System: History and Physical Examination. *Vestibular Disorders*. 82: Karger Publishers; 2019. p. 1-11.
59. Robinson DA. A method of measuring eye movement using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE Transactions on bio-medical electronics*. 1963;10(4):137-45.
60. Collewijn H, Van der Steen J, Ferman L, Jansen T. Human ocular counterroll: assessment of static and dynamic properties from electromagnetic scleral coil recordings. *Exp Brain Res*. 1985;59(1):185-96.
61. Armstrong M. The Vestibulo-Ocular Reflex. *Canadian Audiologist*. 2014;1(4).
62. MacDougall H, Weber K, McGarvie L, Halmagyi G, Curthoys I. The video head impulse test Diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology*. 2009;73(14):1134-41.

63. Conn PM. Neuroscience in medicine: SSBM; 2008.
64. Brosseau-Lachaine O, Gagnon I, Forget R, Faubert J. Mild traumatic brain injury induces prolonged visual processing deficits in children. *Brain Inj.* 2008;22(9):657-68.
65. Covassin T, Stearne D, Elbin III R. Concussion history and postconcussion neurocognitive performance and symptoms in collegiate athletes. *J Athl Train.* 2008;43(2):119-24.
66. Peng GC, Zee DS, Minor LB. Phase-plane analysis of gaze stabilization to high acceleration head thrusts: a continuum across normal subjects and patients with loss of vestibular function. *J Neurophysiol.* 2004;91(4):1763-81.
67. Herdman SJ, Tusa RJ, Blatt P, Suzuki A, Venuto PJ, Roberts D. Computerized Dynamic Visual Acuity Test in the Assessment of Vestibular Deficits. *Otol Neurotol.* 1998;19(6):790-6.
68. TIAN JR, Shubayev I, Demer JL. Dynamic visual acuity during yaw rotation in normal and unilaterally vestibulopathic humans. *Ann N Y Acad. Sci.* 2001;942(1):501-4.
69. Schubert MC, Herdman SJ, Tusa RJ. Vertical dynamic visual acuity in normal subjects and patients with vestibular hypofunction. *Otol Neurotol.* 2002;23(3):372-7.
70. Della Santina CC, Cremer PD, Carey JP, Minor LB. Comparison of head thrust test with head autorotation test reveals that the vestibulo-ocular reflex is enhanced during voluntary head movements. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2002;128(9):1044-54.
71. Tian J-r, Shubayev I, Demer JL. Dynamic visual acuity during passive and self-generated transient head rotation in normal and unilaterally vestibulopathic humans. *Exp Brain Res.* 2002;142(4):486-95.
72. Schubert MC, Migliaccio AA, Della Santina CC. Dynamic visual acuity during passive head thrusts in canal planes. *JARO.* 2006;7(4):329-38.
73. Longridge N, Mallinson A. The dynamic illegible E (DIE) test: a simple technique for assessing the ability of the vestibulo-ocular reflex to overcome vestibular pathology. *J Otolaryngol.* 1987;16(2):97.
74. Vital D, Hegemann SC, Straumann D, Bergamin O, Bockisch CJ, Angehrn D, et al. A new dynamic visual acuity test to assess peripheral vestibular function. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;136(7):686-91.

75. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *A&D*. 2015;6(1):38.
76. Chang NN, Hiss MM, Sanders MC, Olomu OU, MacNeilage PR, Uchanski RM, et al. Vestibular perception and the vestibulo-ocular reflex in young and older adults. *Ear Hear*. 2014;35(5):565.
77. Marchetti GF, Whitney SL. Older adults and balance dysfunction. *Neurol Clin*. 2005;23(3):785-805.
78. Tinetti ME, Williams CS, Gill TM. Dizziness among older adults: a possible geriatric syndrome. *Ann Intern Med*. 2000;132(5):337-44.
79. Hobeika CP. Equilibrium and balance in the elderly. *Ear Nose Throat J*. 1999;78(8):558-66.
80. Colledge NR, Wilson JA, Macintyre CC, MacLennan WJ. The prevalence and characteristics of dizziness in an elderly community. *Age and ageing*. 1994;23(2):117-20.
81. Dillon CF. Vision, hearing, balance, and sensory impairment in Americans aged 70 years and over: United States, 1999-2006: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control ; 2010.
82. Agrawal Y, Carey JP, Della Santina CC, Schubert MC, Minor LB. Disorders of balance and vestibular function in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2004. *Arch Intern Med*. 2009;169(10):938-44.
83. Lim DJ. Otoconia in health and disease: a review. *Ann Otol Rhinol*. 1984;93(4_suppl):17-24.
84. Anniko M. The aging vestibular hair cell. *Am J Otolaryngol*. 1983;4(3):151-60.
85. Rauch SD, Velazquez-Villaseñor L, Dimitri PS, Merchant SN. Decreasing hair cell counts in aging humans. *Ann N Y Acad Sci*. 2001;942(1):220-7.
86. Richter E. Quantitative study of human Scarpa's ganglion and vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol*. 1980;90(1-6):199-208.
87. Matheson AJ, Darlington CL, Smith PF. Further evidence for age-related deficits in human postural function. *JVR*. 1999;9(4):261-4.

88. Martin-Saint-Laurent A, Lavernhe J, Casano G, Simkoff A. Clinical aspects of inflight incapacitations in commercial aviation. *ASEMCG*. 1990;61(3):256-60.
89. Brosel S, Laub C, Averdam A, Bender A, Elstner M. Molecular aging of the mammalian vestibular system. *Ageing Res Rev*. 2016;26:72-80.
90. Campos A, Canizares F, Sánchez-Quevedo M, Romero P. Otoconial Degeneration in the Aged Utricle and Saccule1. *Inner Ear Pathobiology*. 45: Karger Publishers; 1990. p. 143-53.
91. Baloh R, Jacobson K, Socotch T. The effect of aging on visual-vestibuloocular responses. *Exp Brain Res*. 1993;95(3):509-16.
92. Johnsson LG. Degenerative changes and anomalies of the vestibular system in man. *Laryngoscope*. 1971;81(10):1682-94.
93. Lopez I, Ishiyama G, Tang Y, Tokita J, Baloh RW, Ishiyama A. Regional estimates of hair cells and supporting cells in the human crista ampullaris. *J Neurosci Res*. 2005;82(3):421-31.
94. Gopen Q, Lopez I, Ishiyama G, Baloh RW, Ishiyama A. Unbiased stereologic type I and type II hair cell counts in human utricular macula. *Laryngoscope*. 2003;113(7):1132-8.
95. Rosenhall U, Rubin W. Degenerative changes in the human vestibular sensory epithelia. *Acta Otolaryngol*. 1975;79(1-2):67-80.
96. Baloh R, Lopez I, Beykirch K, Ishiyama A, Honrubia V. Clinical-pathologic correlation in a patient with selective loss of hair cells in the vestibular endorgans. *Neurol*. 1997;49(5):1377-82.
97. Park JJ, Tang Y, Lopez I, Ishiyama A. Age-related change in the number of neurons in the human vestibular ganglion. *J Comp Neurol*. 2001;431(4):437-43.
98. Bergström B. Morphology of the vestibular nerve: II. The number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages. *Acta Otolaryngol*. 1973;76(1-6):173-9.
99. Tang Y, Lopez I, Baloh RW. Age-related change of the neuronal number in the human medial vestibular nucleus: a stereological investigation. *JVR*. 2002;11(6):357-63.
100. Alvarez JC, Díaz C, Suárez C, Fernández JA, González Del Rey C, Navarro A, et al. Neuronal loss in human medial vestibular nucleus. *Anat Rec*. 1998;251(4):431-8.

101. Alvarez J, Diaz C, Suarez C, Fernandez J, del Rey CG, Navarro A, et al. Aging and the human vestibular nuclei: morphometric analysis. *Mech Ageing Dev.* 2000;114(3):149-72.
102. Fernandez J, Suarez C, Navarro A, Diaz C, Alvarez J, Gonzalez del Rey C, et al. Aging in the vestibular nuclear complex of the male golden hamster (*Mesocricetus auratus*): anatomic and morphometric study. *Histol Histopathol.* 2007.
103. Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after “temporary” noise-induced hearing loss. *J Neurosci.* 2009;29(45):14077-85.
104. Makary CA, Shin J, Kujawa SG, Liberman MC, Merchant SN. Age-related primary cochlear neuronal degeneration in human temporal bones. *JARO.* 2011;12(6):711-7.
105. Giardino L, Zanni M, Fernandez M, Battaglia A, Pignataro O, Calzà L. Plasticity of GABA (a) system during ageing: focus on vestibular compensation and possible pharmacological intervention. *Brain Res.* 2002;929(1):76-86.
106. Wiesmeier IK, Dalin D, Maurer C. Elderly use proprioception rather than visual and vestibular cues for postural motor control. *Front Aging Neurosci.* 2015;7:97.
107. Paige G. Senescence of human visual-vestibular interactions. 1. Vestibulo-ocular reflex and adaptive plasticity with aging. *JVR: equilibrium & orientation.* 1992;2(2):133-51.
108. Peterka RJ, Black FO, Schoenhoff M. Age-related changes in human vestibulo-ocular reflexes: sinusoidal rotation and caloric tests. 1989.
109. Matíño-Soler E, Esteller-More E, Martín-Sánchez J-C, Martínez-Sánchez J-M, Pérez-Fernández N. Normative data on angular vestibulo-ocular responses in the yaw axis measured using the video head impulse test. *Otol Neurotol.* 2015;36(3):466-71.
110. Honaker JA, Shepard NT. Use of the Dynamic Visual Acuity Test as a screener for community-dwelling older adults who fall. *JVR.* 2011;21(5):267-76.
111. Demer JL. Effect of aging on vertical visual tracking and visual-vestibular interaction. *JVR.* 1994;4(5):355-70.
112. Paige GD. Senescence of human visual-vestibular interactions: smooth pursuit, optokinetic, and vestibular control of eye movements with aging. *Exp Brain Res.* 1994;98(2):355-72.


113. Rascol O, Clanet M, Montastruc J-L, Simonetta M, Soulier-Esteve M, Doyon B, et al. Abnormal ocular movements in Parkinson's disease: evidence for involvement of dopaminergic systems. *Brain*. 1989;112(5):1193-214.
114. White OB, Saint-Cyr JA, Tomlinson RD, Sharpe JA. Ocular motor deficits in Parkinson's disease: II. Control of the saccadic and smooth pursuit systems. *Brain*. 1983;106(3):571-87.
115. Halmagyi G, Gresty M. Clinical signs of visual-vestibular interaction. *JNNP*. 1979;42(10):934-9.
116. Duvoisin RC, Golbe LI, Lepore FE. Progressive supranuclear palsy. *Can J Neurol Sci*. 1987;14(3 Suppl):547-54.
117. Di Fabio RP, Zampieri C, Tuite P, Konczak J. Association between vestibuloocular reflex suppression during smooth movements of the head and attention deficit in progressive supranuclear palsy. *Mov Disord*. 2006;21(7):910-5.
118. Paquette C, Fung J. Old age affects gaze and postural coordination. *Gait & Posture*. 2011;33(2):227-32.
119. Greany JF, Di Fabio RP. Saccade to stepping delays in elders at high risk for falling. *Aging Clin Exp Res*. 2008;20(5):428-33.
120. Akyıldız N. Kulak hastalıkları ve mikrocerrahisi. Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara. 1998:275-330.
121. Engström H, Bergström B, Rosenhall U. Vestibular sensory epithelia. *Arch Otolaryngol*. 1974;100(6):411-8.
122. Robinson D. How the oculomotor system repairs itself. *IOVS*. 1975;14(6):413-5.
123. Robinson D. Adaptive gain control of vestibuloocular reflex by the cerebellum. *J Neurophysiol*. 1976;39(5):954-69.
124. Jorns-Häderli M, Straumann D, Palla A. Accuracy of the bedside head impulse test in detecting vestibular hypofunction. *JNNP*. 2007;78(10):1113-8.
125. Perez N, Rama-Lopez J. Head-impulse and caloric tests in patients with dizziness. *Otol Neurotol*. 2003;24(6):913-7.
126. Schubert MC, Tusa RJ, Grine LE, Herdman SJ. Optimizing the sensitivity of the head thrust test for identifying vestibular hypofunction. *Phys ther*. 2004;84(2):151-8.

127. Rohrmeier C, Richter O, Schneider M, Wirsching K, Fiedler I, Haubner F, et al. Triple test as predictive screen for unilateral weakness on caloric testing in routine practice. *Otol Neurotol*. 2013;34(2):297-303.
128. Mallinson A, Longridge N. Caloric response does not decline with age. *JVR*. 2004;14(5):393-6.
129. Zapala DA, Olsholt KF, Lundy LB. A comparison of water and air caloric responses and their ability to distinguish between patients with normal and impaired ears. *Ear Hear*. 2008;29(4):585-600.
130. Chan FM, Galatioto J, Amato M, Kim AH. Normative data for rotational chair stratified by age. *Laryngoscope*. 2016;126(2):460-3.
131. Maes L, Dhooge I, De Vel E, D'haenens W, Bockstael A, Keppler H, et al. Normative data and test-retest reliability of the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test and velocity step test. *JVR*. 2008;18(4):197-208.
132. McGarvie LA, MacDougall HG, Halmagyi GM, Burgess AM, Weber KP, Curthoys IS. The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function—age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects. *Front Neurol*. 2015;6.
133. Mossman B, Mossman S, Purdie G, Schneider E, editors. Normal horizontal VOR gain with video-oculography (EyeSeeCam VOG). Poster presented at: the 27th Barany Society Meeting, Uppsala, Sweden; 2012.
134. Agrawal Y, Zuniga MG, Davalos-Bichara M, Schubert MC, Walston JD, Hughes J, et al. Decline in semicircular canal and otolith function with age. *Otol Neurotol*. 2012;33(5):832.
135. Li C, Layman AJ, Geary R, Anson E, Carey JP, Ferrucci L, et al. Epidemiology of vestibulo-ocular reflex function: data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Otol Neurotol*. 2015;36(2):267.
136. McGarvie LA, MacDougall HG, Halmagyi GM, Burgess AM, Weber KP, Curthoys IS. The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function—age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects. *Front Neurol*. 2015;6:154.
137. Van der Laan F, Oosterveld W. Age and vestibular function. *Aerosp Med*. 1974;45(5):540.


138. Corallo G, Versino M, Mandalà M, Colnaghi S, Ramat S. The functional head impulse test: preliminary data. *J Neurol*. 2018;265(1):35-9.
139. Walther L, Westhofen M. Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells. *JVR*. 2007;17(2, 3):89-92.
140. Peters BT, Mulavara AP, Cohen HS, Sangi-Haghpeykar H, Bloomberg JJ. Dynamic visual acuity testing for screening patients with vestibular impairments. *JVR*. 2012;22(2, 3):145-51.
141. Honaker JA, Shepard NT. Age effect on the gaze stabilization test. *JVR*. 2010;20(5):357-62.
142. Viciano D, Ferrer J, Palma MJ, Zapata C, Lopez-Escamez JA. Dynamic visual acuity during head-thrust test in canal planes in healthy subjects and patients with vestibular neuritis. *Acta Otolaryngol*. 2010;130(11):1260-6.
143. Guinand N, Pijnenburg M, Janssen M, Kingma H. Visual acuity while walking and oscillopsia severity in healthy subjects and patients with unilateral and bilateral vestibular function loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;138(3):301-6.
144. van Dooren T, Lucieer F, Duijn S, Janssen A, Guinand N, Perez Fornos A, et al. The functional head impulse test to assess Oscillopsia in bilateral Vestibulopathy. *Front Neurol*. 2019;10:365.
145. Bhansali SA, Stockwell CW, Bojrab DI. Oscillopsia in patients with loss of vestibular function. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1993;109(1):120-5.
146. Moore ST, Hirasaki E, Raphan T, Cohen B. The Human Vestibulo-Ocular Reflex during Linear Locomotion. *Ann N Y Acad Sci*. 2001;942(1):139-47.
147. Starkov D, Guinand N, Lucieer F, Ranieri M, Cavuscens S, Pleshkov M, et al. Restoring the high-frequency dynamic visual acuity with a vestibular implant prototype in humans. *Audiol Neurotol*. 2020;25(1-2):91-5.
148. Guinand N, Van de Berg R, Cavuscens S, Stokroos R, Ranieri M, Pelizzone M, et al. Restoring visual acuity in dynamic conditions with a vestibular implant. *Front Neurosci*. 2016;10:577.

149. Lempert T, Gianna C, Gresty M, Bronstein A. Effect of otolith dysfunction. Impairment of visual acuity during linear head motion in labyrinthine defective subjects. *Brain: a journal of neurology*. 1997;120(6):1005-13.
150. Goldberg JM, Cullen KE. Vestibular control of the head: possible functions of the vestibulocollic reflex. *Exp. Brain Res*. 2011;210(3-4):331-45.
151. Gresty M, Hess K, Leech J. Disorders of the vestibulo-ocular reflex producing oscillopsia and mechanisms compensating for loss of labyrinthine function. *Brain*. 1977;100(4):693-716.
152. Herdman S. Exercise strategies for vestibular disorders. *Ear, Nose, & Throat J*. 1989;68(12):961-4.
153. Schubert MC, Migliaccio AA, Clendaniel RA, Allak A, Carey JP. Mechanism of dynamic visual acuity recovery with vestibular rehabilitation. *APMR*. 2008;89(3):500-7.
154. Schubert MC, Migliaccio AA, Santina CCD. Modification of compensatory saccades after aVOR gain recovery. *JVR*. 2006;16(6):285-91.

EK 1: ARAŞTIRMA PROJESİ ETİK KURUL ONAYI



1993
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu



TS-EN-ISO 9001
KALİTE SİSTEM BELGESİ

12/12/2019

Sayı : 94603339-604.01.02/ 43802
Konu : Proje Onayı

KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALINA

Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalında görev yapmakta olan Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek'in danışmanlığında Sağlık Bilimleri Enstitüsü / Odyoloji Doktora Programı öğrencisi Tuğba Emekci'nin sorumluluğunda yürütülecek olan KA19/384 nolu "Fonksiyonel baş savurma testinin yaş ile korelasyonu" başlıklı araştırma projesi Kurulumuz ve Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 11/12/2019 tarih ve 19/126 sayılı kararı ile uygun görülmüştür. Projenin başlama tarihi ile çalışmanın sunulduğu kongre ve yayınlandığı dergi konusunda Kurulumuza bilgi verilmesini rica ederim.

e-İmzalıdır

Kurul Başkanı

Not: Çalışma bildiri ve/veya makale haline geldiğinde "Gereç ve Yöntem" bölümüne aşağıdaki ifadelerden uygun olanının eklenmesi gerekmektedir.

— Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu ve Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no:...) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

— This study was approved by Baskent University Institutional Review Board and Ethics Committee (Project no:...) and supported by Baskent University Research Fund.

DAĞITIM
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalına

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.



1993

BASKENT ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARI

PROJE NO	KARAR SAYISI	KARAR TARİHİ
KA19/384	19/126	11/12/2019

Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalında görev yapmakta olan Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek tarafından yürütülecek olan KA19/384 nolu "Fonksiyonel baş savurma testinin yaş ile korelasyonu" başlıklı araştırma projesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından incelendi ve etik açıdan uygun olduğuna karar verildi.

ASLI GİZLİDİR

EK 2: AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU



KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŐ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bilimsel araştırma amaçlı klinik bir çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini tam olarak anlamaz ve kararınızı, araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra özgürce vermeniz gerekmektedir. Bu bilgilendirme formu söz konusu araştırmayı ayrıntılı olarak tanıtmak amacıyla size özel olarak hazırlanmıştır. Lütfen bu formu dikkatlice okuyunuz. Araştırma ile ilgili olarak bu formda belirtildiği halde anlayamadığınız ya da belirtilemediğini fark ettiğiniz noktalar olursa hekiminize sorunuz ve sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz. Bu araştırmaya katılıp katılmamakta serbestsiniz. Çalışmaya katılım **gönüllülük** esasına dayalıdır. Araştırma hakkında tam olarak bilgilendirildikten sonra, kararınızı özgürce verebilmeniz ve düşünmeniz için formu imzalamadan önce hekiminiz size zaman tanıyacaktır. Kararınız ne olursa olsun, hekimleriniz sizin tam sağlık halinizin sağlanmasına ve korunmasına yönelik görevlerini bundan sonra da eksiksiz yapacaklardır. Araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde formu imzalayınız.

1. ARAŞTIRMANIN ADI

“Fonksiyonel Baş Savurma Testinin Yaş ile Korelasyonu”

2. GÖNÜLLÜ SAYISI

Bu araştırmada yer alması öngörülen toplam gönüllü sayısı 111’dir.

3. ARAŞTIRMAYA KATILIM SÜRESİ

Bu araştırmada yer almanız için öngörülen süre toplam 1 saattir.

4. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu araştırmanın amacı, sağlıklı bireylerde, net görüş sağlamak için kafa hareketleri sırasında görülen görüntüyü retinada stabilize eden refleks ağında yaş ile beraber meydana gelen değişiklikleri incelemektir.

5. ARAŞTIRMAYA KATILMA KOŞULLARI

Bu araştırmaya dâhil edilebilmeniz için gereken koşullar şunlardır:

1. 18 yaş ve üzeri kadın ya da erkek olmanız
2. Vestibüler hastalık, santral patoloji, orta kulak probleminiz veya bilişsel ve zihinsel bir probleminiz olmaması,
3. Normal işitmeye sahip olmanız
4. Ayrıca, boyun ve göz problemlerinizin olmaması,
5. Sersemlik hissiniz ya da baş dönmesi probleminizin olmaması,

Araştırmaya dahil edilebilmeniz için size aşağıdaki testler uygulanacaktır.

İlk önce size Kulak burun boğaz hastalıkları muayenesi yapılacaktır. Yapılan kulak burun boğaz hastalıkları muayenesinden sonra yapılan serebellar muayene (nörolojik muayene) sonuçlarınızın normal elde edilmesi durumunda size bilişsel fonksiyonlarınız değerlendirmek için Standardize Mini-Mental Durum Testi yapılacaktır. Oryantasyon, kayıt hafızası, dikat ve hesap yapma, hatırlama ve lisan olmak üzere 5 bölümden oluşan bu test sonucunda en az 23 puan alırsanız çalışmaya dahil edileceksiniz. Bu test yaklaşık 5 dk sürecektir.

Saf ses odyometri testi (İşitme testi): Öncelikle işitme testi ile kulağınıza takılan kulaklıkla beraber ses uyarını gönderilip değişik frekanslarda (ince ve kalın seslerdeki) işitme düzeyiniz belirlenecektir. Bu ölçümde hava yolu ve kemik yolu işitme seviyesi belirlenecektir. Hava yolu ölçüm kulak kepçesinden beyine kadar olan işitme yolları hakkında bilgi verecektir. Kemik yolu ise iç kulaktan itibaren bilgi verecektir. Bu ölçümlere bakarak işitme kaybı varsa kulağın hangi bölümünden kaynaklandığı hakkında bilgi edinilecektir. Hava yolu işitme seviyesi kulağa takılan bir kulaklık yardımı ile kemik yolu işitme seviyesi ise kulak kepçesinin arkasındaki kemik çıkıntı üzerine yerleştirilen kemik vibratör dediğimiz ses uyarını ile titreşim özelliğine sahip bir kulaklık ile belirlenecektir. Test ses geçirmez bir kabinde gerçekleştirilecektir. Kulaklıklar aracılığı kulağa ses verilecek ve sizden sesi duyduğunuz zaman elinizdeki butona basmanız istenecektir ve bu şekilde iki kulağın işitme seviyesi ayrı ayrı test edilecektir. Bu testler yaklaşık 10 dakika sürecektir.

Konuşma odyometrisi testi (İşitme testi): Bu test konuşmayı algılama becerisini değerlendiren bir testtir. Bu test yapılırken size okunan kelimeleri tekrar etmeniz istenecektir. Kelimelerin %50 sini doğru olarak işitebildiğiniz ses şiddeti (konuşmayı alma eşiği) belirlenecektir. Ardından konuşmayı ayırt etmesine bakılacaktır. Bunun için size tek heceli kelimeler söylenecek ve doğru tekrar ettiğiniz kelimeler konuşmayı ayırt etme yüzdesi olarak belirlenecektir. Bu testler yaklaşık 5 dakika sürecektir.

Timpanometri testi (Orta kulak işitme testi): Kulak zarı ve orta kulağı değerlendiren acısız ve ağrısız bir testtir. Test sırasında sizden hareket etmemesi ve konuşmaması istenecektir. Dış kulak yoluna sokulan bir ses iletici ile orta kulaktaki basınç ölçülecektir. Sağ ve sol kulak için ayrı ayrı ölçüm yapılacaktır. Testin sonucunda kulak zarı ve kulak kemikçiklerinin sağlığı ve işlevi hakkında bilgi edinilecektir. Bu test 5 dakika sürecektir.

Videonistagmografi (Denge testi): Daha sonra gözünüze video kamera yerleştirilmiş özel bir gözlük takıp yatak üzerine baş pozisyon değişikliğiyle beraber göz hareketleriniz incelenecektir. Bu test yaklaşık 5 dakika sürecektir.

Video Head İmpulse Test (Denge testi): Test sırasında gözünüze video kamera yerleştirilmiş özel bir gözlük takılacaktır. Sandalyeye oturup 1,5 metre karşınızdaki kırmızı noktaya bakmanız istenmektedir. Başınız hızlıca sağa, sola ve aşağıya, yukarıya toplamda 80 kez çevrilecektir. Başınız çevrilirken gözünüzü hedef noktadan ayırmamanız gerekmektedir. Bu test yaklaşık 10 dakika sürecektir.

6. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma için size fonksiyonel head impulse test uygulanacaktır.

Fonksiyonel Head Impulse Test (Denge testi): Bu test yapıldıktan sonra yine bir hızölçerin yerleştirildiği bandaj başa takılacaktır. Yine sandalyeye oturup 1,5 metre karşınızdaki yer alan bilgisayar ekranında rastgele beliren farklı yönlerdeki C harfine bakıp, elinizde bulunan kumandada gördüğünüz C harfinin yönünü seçmeniz beklenmektedir. C harfinin yönünü tanımaya çalışırken, başınız yine sağa, sola ve aşağıya, yukarıya toplamda 80 kez çevrilecektir. Bu test de yaklaşık 10 dakika sürecektir.

7. GÖNÜLLÜNÜN SORUMLULUKLARI

1. Araştırma planına ve araştırmacının önerilerine uymalısınız.
2. Uygulama süresi boyunca önerilen dışında herhangi bir ilaç kullanmamalısınız veya zorunlu olarak ilaç almanız durumunda mutlaka sorumlu araştırmacıyı bilgilendirmelisiniz
3. Denge sisteminizi baskılayıcı ilaçları, araştırmadan üç gün önce kesmelisiniz.
4. Araştırma sırasında sizi rahatsız eden herhangi bir tıbbi durumu sorumlu araştırmacıya bildirmelisiniz.

8. ARAŞTIRMADAN BEKLENEN OLASI YARARLAR

Araştırmamız yalnızca bilimsel amaçlı olup sizin doğrudan yarar görmemiz beklenmemektedir. Ancak, bu araştırmadan elde edilen sonuçlar tanı almış diğer hastaların tedavisinin planlanmasına katkı sağlayacaktır.

9. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK OLASI RİSKLER

Araştırmada kan alma işlemi gibi girişimsel bir işlem yapılmayacağı için herhangi bir hayati risk faktörü bulunmamaktadır. Başınız hızlıca sağa ve sola, yukarı ve aşağı çevrileceğinden rahatsızlık hissi yan etkisi olabilir ancak bu durum geçicidir. Herhangi bir olası sorunda gerekli tedbirler uzman hekimler ve araştırmacı tarafından alınacaktır.

10. ARAŞTIRMADAN KAYNAKLANABİLECEK HERHANGİ BİR ZARARLANMA DURUMUNDA YÜKÜMLÜLÜK / SORUMLULUK DURUMU

Araştırma nedeniyle bir zarar görmeniz söz konusu olursa, tedavi için gereken masraflar Başkent Üniversitesi tarafından karşılanacaktır.

11. ARAŞTIRMA SÜRESİNCE ÇIKABİLECEK SORUNLARDA ARANACAK KİŞİ

Uygulama süresince, zorunlu olarak araştırma dışı ilaç almak durumunda kaldığınızda Sorumlu Araştırmacıyı önceden bilgilendirmek için, araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da araştırma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki veya diğer rahatsızlıklarınız için herhangi bir saatte adresi ve telefonu aşağıda belirtilen ilgili uzmana ulaşabilirsiniz.

İstediginizde Günün 24 Saati Ulaşılabilir Hekimin Adres ve Telefonları:

Adres:

İş:

Cep:

12. GİDERLERİN KARŞILANMASI VE ÖDEMELER

Bu araştırmaya katılmanız için veya araştırmadan kaynaklanabilecek giderler için sizden herhangi bir ücret istenmeyecektir. Hastalığınızın gerektirdiği tetkiklere ilave olarak yapılacak her türlü tetkik, fizik muayene ve diğer araştırma giderleri size veya güvencesi altında bulunduğunuz resmi ya da özel hiçbir kuruma ödetilmeyecektir.

13. ARAŞTIRMAYI DESTEKLEYEN KURUM

Araştırmayı destekleyen kurum Başkent Üniversitesi'dir.

14. GÖNÜLLÜYE HERHANGİ BİR ÖDEME YAPILIP YAPILMAYACAĞI

Bu araştırmaya katılmanızla, araştırma ile ilgili çıkabilecek zorunlu masraflar tarafımızdan karşılanacaktır. Bunun dışında size veya yasal temsilcilerinize herhangi bir maddi katkı sağlanmayacaktır.

15. BİLGİLERİN GİZLİLİĞİ

Araştırma süresince elde edilen sizinle ilgili tıbbi bilgiler size özel bir kod numarası ile kaydedilecektir. Size ait her türlü tıbbi bilgi gizli tutulacaktır. Araştırmanın sonuçları yalnızca bilimsel amaçla kullanılacaktır. Araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir. Ancak, gerektiğinde araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar tıbbi bilgilerinize ulaşabilecektir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabileceksiniz.

16. ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILMA KOŞULLARI

Uygulanan tedavi şemasının gereklerini yerine getirmemeniz, araştırma programını aksatmanız, gebe kalmanız veya araştırmaya bağlı veya araştırmadan bağımsız gelişebilecek istenmeyen bir etkiye maruz kalmanız vb. nedenlerle hekiminiz sizin izniniz olmadan sizi araştırmadan çıkarabilir. Bu durum size uygulanan tedavide herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır.

Ancak araştırma dışı bırakılmanız durumunda da, sizinle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılabilir.

17. ARAŞTIRMADA UYGULANACAK TEDAVİ DIŞINDAKİ DİĞER TEDAVİLER

Saf ses odyometri, konuşma odyometrisi, timpanometri, videonistagmografi, video head impulse test (vHIT), fonksiyonel head impulse test (fHIT) ve baş dönmesi engellilik envanteri dışında herhangi başka bir test ya da işlem yapılmayacaktır.

18. ARAŞTIRMAYA KATILMAYI REDDETME VEYA AYRILMA DURUMU

Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; araştırmada yer almayı reddetmeniz veya katıldıktan sonra vazgeçmeniz halinde de kararınız size uygulanan tedavide herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır.

Araştırmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumundada, sizle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılabilir.

19. YENİ BİLGİLERİN PAYLAŞILMASI VE ARAŞTIRMANIN DURDURULMASI

Araştırma sürerken, araştırmayla ilgili olumlu veya olumsuz yeni tıbbi bilgi ve sonuçlar en kısa sürede size veya yasal temsilcinize iletilecektir. Bu sonuçlar sizin araştırmaya devam etme isteğinizi etkileyebilir. Bu durumda karar verene kadar araştırmanın durdurulmasını isteyebilirsiniz.

(Katılımcının/Hastanın/Anne-Baba/Yasal Temsilcinin Beyanı)

Sayın Prof. Dr. Seyra Erbek yürütücülüğünde, araştırmacı Uzm. Ody. Tuğba Emekci tarafından Başkent Üniversitesi Tıp Fakóltesi Hastanesi Kulak burun boğaz hastalıkları Anabilim Dalı Nörootoloji Kliniđi'nde bir araştırma yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" (gönüllü) olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam araştırmacı ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılabacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda bana gerekli güvence verildi.

Araştırmanın yürütölmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim (Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim 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. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

Araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle herhangi bir sağlık sorunumun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. Bu tıbbi müdahalelerle ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim anlatıldı.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkime herhangi bir zarar getirmeyeceğini de biliyorum.

ARAŞTIRMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 5 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Araştırmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum. Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

GÖNÜLLÜ		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

VASİ (Varsa)		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

ARAŞTIRMACI		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>	Tuğba Emekci, araştırmacı	
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

ONAM ALMA İŞİNE BAŞINDAN SONUNA KADAR TANIKLIK EDEN KURULUŞ GÖREVLİSİ		İMZASI
<i>İSİM SOYİSİM ve GÖREVİ</i>		
<i>ADRES</i>		
<i>TELEFON</i>		
<i>TARİH</i>		

EK 3: STANDARDİZE MİNİ-MENTAL DURUM TESTİ (SMMTD)

Mini Mental Durum Testi Mini-Mental State Examination (MMSE)

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/____

	Puanı
Oryantasyon (Her soru 1 puan, toplam 10 puan)	
Hangi yıl içindeyiz?	-----
Hangi mevsimdeyiz?	-----
Hangi aydayız?	-----
Bu gün ayın kaç?	-----
Hangi gündeyiz?	-----
Hangi ülkede yaşıyoruz?	-----
Şu an hangi şehirde bulunmaktasınız?	-----
Şu an bulunduğunuz semt neresidir?	-----
Şu an bulunduğunuz bina neresidir?	-----
Şu an bu binada kaçınıcı kattasınız?	-----
Kayıt Hafızası (Toplam puan 3)	
<ul style="list-style-type: none">Size birazdan söyleyeceğim üç ismi dikkatlice dinleyip ben bitirdikten sonra tekrarlayın (Masa, Bayrak, Elbise) (20 sn. süre tanırır). Her doğru isim 1 puan.	-----
Dikkat ve Hesap Yapma (Toplam puan 5)	
<ul style="list-style-type: none">100'den geriye doğru 7 çıkartarak gidin. Dur deyinceye kadar devam edin. (Her doğru işlem 1 puan: 100, 93, 86, 79, 72, 65)	-----
Hatırlama (Toplam puan 3)	
<ul style="list-style-type: none">Yukarıda tekrar ettiğiniz kelimeleri tekrar söyleyin (Masa, Bayrak, Elbise) (Her kelime 1 puan)	-----
Lisan (Toplam puan 9)	
a. Bu gördüğünüz nesnelerin 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 çiziniz; aşağıdaki şekli arka sayfaya (1 puan)	-----

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) J Psychiatr Res. 12(3):189-98.



Toplam Puan (0-30): _____



www.ftronline.com

Tasarım ve düzenleme: Dr. Ender Salbaş 2016