



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ
HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**BALE SANATÇILARINDA VESTİBÜLER SİSTEMİ DEĞERLENDİREN
VIDEO HEAD IMPULS TEST YANITLARININ DANS ETMEYEN
SAĞLIKLI ERİŞKİNLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Duygu AK GÜRSOY

Antalya, 2024



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KULAK BURUN BOĞAZ
HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**

**BALE SANATÇILARINDA VESTİBÜLER SİSTEMİ DEĞERLENDİREN
VIDEO HEAD IMPULS TEST YANITLARININ DANS ETMEYEN
SAĞLIKLI ERİŞKİNLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Duygu AK GÜRSOY

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Üstün OSMA

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2024

TEŞEKKÜR

Cerrahi uzmanlık eğitimim süresince birikimlerini paylaşarak bizleri yetiştiren, bizi global anlamda temsil eden, tez sürecimde her türlü desteği ve motivasyonu sağlayarak iyi bir hekim olma yolumda yol gösteren başta Anabilim dalı başkanımız Sayın **Prof. Dr. Murat TURHAN**'a

Tüm eğitim sürecimde bilgi ve tecrübelerini cömertçe paylaşan, cerrahi yaklaşımı ile eğitimimde büyük yeri olan, cerrahi becerimin ve özgüvenimin gelişmesi için beni her zaman destekleyen, kendisi ile çalışmaktan her zaman mutluluk duyduğum değerli hocam **Prof. Dr.Üstün OSMA**'ya

Bilgi ve deneyimini sabırla öğretmeye çalışan, bizleri hem cerrahi hem akademik anlamda ısrarla teşvik eden, meslek hayatım boyunca düşüncelerine ve yardımlarına her daim ihtiyaç duyacağım sayın hocam **Prof. Dr. İsmail KÜLAHLI**'ya

Bizlere her zaman farklı bakış açıları kazandıran, asistanlık eğitimimin her aşamasında bana yardımcı olan sayın hocam **Prof. Dr. Aslı BOSTANCI TOPTAŞ**'a

Her bilgiyi ve ayrıntıyı bize sakince ve anlayışla aktaran, hocamız **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKDAĞ**'a

Uzmanlık eğitimim boyunca çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum tüm asistan arkadaşlarıma

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve her zaman yanımda olacaklarını bildiğim sevgili canım aileme

Bana olan sevgisini ve desteğini her zaman hissettiğim kıymetli eşim **Mehmet Kemal GÜRSOY**'a

Sonsuz teşekkür ederim...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Simgeler ve Kısaltmalar	iv
Tablolar Dizini	v
Şekiller Dizini	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Bale ve Denge.....	3
2.2. Vestibüler Sistem ve Denge ile İlgili Sistemler.....	4
2.3. Denge Fizyolojisi ve Postüral Kontrol	4
2.4. Vestibüler Sistem.....	5
2.4.1. Vestibüler Sistemin Hücresel Yapısı.....	5
2.4.2. İç Kulak Anatomisi	7
2.4.2.1. Semisirküler Kanallar	7
2.1.1.1. Utrikulus ve Sakkulus.....	8
2.4.3. Vestibüler Sistemin Gelişimi	9
2.1.1. Vestibüler Sistemin Fonksiyonu	10
2.4.4. Vestibüler Sistemin Fonksiyonel Mekanizması ve Refleksler.....	11
2.4.4.1. Vestibulo-Oküler Refleks	11
2.4.4.2. Vestibülo-Spinal Refleks	12
2.4.4.3. Vestibülo-Kollik Refleks	12
2.4.4.4. Vestibüler Sistemin Fonksiyonel Mekanizması	12
2.4.5. Vestibüler Sistem İlişkili Testler	13
2.4.6. Vestibüler Sistem İlişkili Klinik Durumlar	13
2.4.6.1. Unilateral Vestibüler Yetmezlik.....	14
2.4.6.2. Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo	14
2.4.6.3. Meniere Hastalığı	15
2.4.6.4. Vestibüler Nöronit	15
2.4.7. Vestibüler Kompansasyon ve Rehabilitasyon	16
3. GEREÇ ve YÖNTEM	17
3.1. Hariç Tutma Kriterleri	17
3.2. Örneklem Büyüklüğü.....	18
3.3. Video Head Impulse Test Uygulaması	18
3.4. Suppression Head Impulse Paradigm (SHIMP) Uygulaması	22
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	24
4. BULGULAR	25
5. TARTIŞMA.....	28
5.1. Kısıtlılıklar.....	30
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	31
7. ÖZET.....	32
8. ABSTRACT	33
9. KAYNAKLAR.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

BPPV	: Benign paroksizmal pozisyonel vertigo
ELD	: Endolenfatik duktus
LK	: Lateral semisirküler kanal
PK	: Posterior semisirküler kanal
S	: Sakkulus
SD	: Standart Deviasyon
SHIMP	: Suppression Head Impulse Pradishm
SK	: Superior semisirküler kanal
U	: Utrikulus
VHIT	: Video Head Impulse Test
VOR	: Vestibülo-oküler refleks

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
3.1. Grupların dağılımı.....	18
4.1. Demografik özelliklerin karşılaştırılması.....	25
4.2. Sol taraf vHIT karşılaştırması	25
4.3. Sağ taraf vHIT karşılaştırması	26
4.4. Grupların SHIMP testi karşılaştırması	26
4.5. Profesyonellik süresi ile vHIT ve SHIMP korelasyonu.....	27



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Hair hücresi (Tüy hücresi) yapısı (19)	6
2.2. Horizontal kanalın horizontal düzlemle yaptığı 30 açı (25).....	8
2.3. Semisirküler kanallar ve birbirine göre dik olarak yerleştikleri düzlemler (25)	8
2.4. Utrikulus ve sakkulus makulalarının yerleşimi, tüylü hücrelerin striolaya göre topografik yerleşimleri (25)	9
2.5. Membranöz labirentin gelişimi (25).....	10
2.6. Vestibülo-oküler refleks (32)	11
3.1. VHIT gözlüğü ve uygulama programı	20
3.2. Sağ anterior SSK-Sol posterior SSK uyarımı	20
3.3. Lateral SSK uyarımı.....	21
3.4. Sol anterior SSK-Sağ posterior SSK uyarımı	21
3.5. SSK VOR kazanç değerleri.....	22
3.6. SHIMP testinde kullanılan lazer ışıkları	23
3.7. Lateral SKK normal VOR kazanç Değerleri	24

1. GİRİŞ

Vestibüler sistem, denge ve propriyosepsiyon duyumuza katkıda bulunan çeşitli işlevleri yerine getiren karmaşık bir yapı ve sinir yolağıdır. Bu işlevler arasında başın herhangi bir yönde yönelimi ve ivmesinin algılanması ile ilişkilendirilmiş göz hareketi ve postürdeki uyumun sağlanması bulunur. Santral vestibüler sistem, iç kulaktaki periferik vestibüler sistemden gelen afferent girdiye yanıt veren beyindeki sinir yollarını içerir ve refleks hareketleri mümkün kılan efferent sinyalleri sağlar. Mevcut veriler, vestibüler sistemin bilinçte de bir rol oynadığını ve sistemin işlev bozukluklarının uzamsal bellek, öğrenme ve navigasyonla ilgili bilişsel eksikliklere neden olabileceğini öne sürmektedir (1).

Derin duyunun tanımlandığı propriyosepsiyon, kaslarda, tendonlarda ve eklemlerde bulunan mekanoreseptörler tarafından iletilir. Canlının, eklem pozisyonu, hareket ve yük gibi farklı kinetik parametrelerini algılayan farklı alt tiplerde propriyoseptörlere sahiptir (2).

Dengenin sağlanmasından sorumlu olan üç sensöriyel sistem bulunmaktadır. Bunlar vestibüler sistem, görsel sistem ve somatosensöriyel (proprioseptif) sistemlerdir. Periferik ve santral vestibüler sistem olmak üzere ikiye ayrılan vestibüler sistem denge için diğer iki sensöriyel sistem ile koordinasyon içinde çalışır. Vestibüler sistemin son organı membranöz labirent içinde yer alan üç semisirküler kanal ve utrikulus ve sakkulus adı verilen otolit organlarıdır. Bu organlardan giden uyarılar beyin sapında vestibüler çekirdeklere ulaşır ve buradan kortekse gönderilerek üst bilişsel işleme gerçekleştirilir. Dans; vücut postürü ve denge kontrolü, propriyoseptif ve vestibüler sistemin etkin olarak kullanıldığı bir sanattır. Daha önce farklı dans formları ile ilgili yapılan çalışmalar, dansın vestibüler yolaklarda plastisite geliştirebileceğini belirtmiştir (3-5). Klinik prospektif araştırma olup, herhangi bir işitme kaybı veya enfeksiyonu olmayan kişilerde iç kulaktaki yarım daire kanalının vestibülo-oküler refleksin (VOR) aktifliğini değerlendiren video Head Impulse test (vHIT) uygulandı.

Dengenin sağlanmasında kompleks bir sistemin varlığı ve bu denge durumunun birçok işlevsel önemi olduğu bilinmektedir. Profesyonel bale dansı da

dengein önemli olduğu, dans süresince derin duyu, bedenin pozisyon algısı, koreografideki dengein sağlanması ön planda olduğu bilinmektedir. Biz de bu çalışmada, Bale dansı profesyonelleri ile erişkin kontrol grubunun video Head Impulse Test (vHIT) yanıtlarını değerlendirmeyi hedefledik. Dans eğitiminin vestibüler plastisitede yerini belirlemek aynı zamanda vestibüler rehabilitasyon programlarında yeni bir terapötik yöntem olarak ortaya koymak amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bale ve Denge

Bale dansı, İtalya Rönesans döneminden köken alan ve bu süreç sonrasında gelişen, on beşinci yüzyıl ile şekillenen ve sonrasında Fransız ve Rus ekoller ile gelişen bir dans türüdür. Müzik ve koreografinin bir arada kullanıldığı, global tekniklerin yerine getirildiği bir sanat türü olan bale kendi içinde 4 farklı dönemde incelenmektedir (6-8):

- Klasik bale
- Romantik bale
- Neoklasik bale
- Modern bale

Her döneminde temelinde farklı stiller ile ilerleyen dans stili günümüze kadar her yüzyılda çeşitli değişimler gerçekleştirmiş ve bu süreçte dengenin ve uyumun temel alındığı metotlar geliştirilmiştir. Öğrencilerin seviyelerine göre çeşitli eğitim metotları temel alınmış ve bu zorlu süreç sonrasında temel adımlar ile başlayan bir eğitim süreci geliştirilmiştir (6-8).

Bu süreç içerisinde, bale sanatçıları çeşitli patolojiler gözlenmektedir. Bu sanatçılarda birinci kostanın stres kırıkları (9), ayak bileğinde meydana gelen sıkışma sendromu (10), kemik mineral bozuklukları ve kemik yoğunluğunda değişim (11) ve yeme bozuklukları görülmektedir (12).

Bale sanatçıları için karakteristik olan koreografi örgüsü içinde stabilitenin limitleri test edilmektedir. Bu durum karşımıza profesyonel bir dans şovu çıkarmaktadır. Dansçı olmayan kişiler ile yapılan karşılaştırmada motor görevlerin yerine getirilmesinde daha yüksek bir yetenek, postüral dayanıklılıkta artış, zorlayıcı pozisyonları gerçekleştirme durumu görülmektedir. Bu durum ise bize postüral sistemin gelişmiş olduğu, postüral stabilitenin ve dengenin yüksek olduğunu göstermektedir (13).

2.2. Vestibüler Sistem ve Denge ile İlgili Sistemler

Denge 6. duyu olarak tanımlanabilir. Bir nesnenin veya bir insanın devrilmeden durma hâli veya daha fiziksel bir ifade ile anlatılmak istenirse, birbirini ortadan kaldıran güçlerin sonucu olan durma hâli olarak da ifade edilebilir. Başka bir anlatımla ise, vücudun en az kas aktivitesi ve enerji kaybı ile statik ya da dinamik pozisyonlarda ağırlık merkezinin destek tabanı üzerinde kontrol edebilme yeteneğidir (11).

Vestibüler sistem, vestibüler organ, oküler sistem, postüral kas ve eklem reseptörleri, santral sistem arasındaki iletişimi sağlayan ve duyuusal organizasyonu içeren karmaşık bir yapıdır. Bu sistem, baş hareketlerini ve yerçekimi kuvvetlerini algılar, retina foveasındaki görüntülerin stabilizasyonunu ve baş hareketleri sırasında postüral kontrolü sağlar (12, 14). Postüral kontrol, görsel stabilizasyon, uzaysal oryantasyon gibi fonksiyonlar farklı duysal uyarıların ve dinamik sensorimotor süreçlerin etkileşimiyle kontrol edilir (15, 16).

2.3. Denge Fizyolojisi ve Postüral Kontrol

Postüral kontrol sistemi, postür tonunun, postüral stabilitenin ve postüral yönelimin üretilmesinde yer alan duyuusal motor, bütünleştirici ve kas-iskelet bileşenlerinin birleşik etkinliğinden oluşur. Postüral ton, yerçekimini karşılamayı amaçlayan ekstansör kasların aktif ve pasif kas tonusunu ifade eder; postüral stabilite, dengeyi ifade eder, yani kütlelerin merkezinin yatış destek tabanının sınırları içinde kalma durumu, postüral yönelim ise vücut segmentlerinin hem birbirine hem de çevreye göre konumlandırılmasını ifade eder. Hastalık, postüral kontrol sistemini etkileyebilir ve bu da hem sessiz duruşu hem de koordine edilmiş isteğe bağlı hareketleri engelleyebilir veya ciddi şekilde bozabilir (14).

Bedenin postüral duruşunun temelinde kemik doku, bağ doku, kas, tendon ve ligamentler ön plandadır. Bunun yanı sıra çeşitli kas tonusları ile beden yer çekimine karşı dengede durur. Bunların temelinde bedeni dengede tutmak için kalça ve dizin rolü ön plandadır (15).

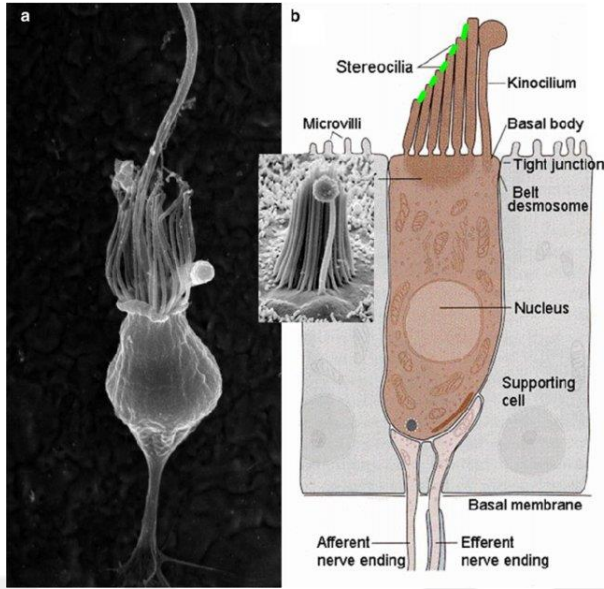
Postüral kontrolün temelinde ise bedenin algılayıcı sistemleri ön plandadır. Bu sistemler (16):

- Vizüel algı; görmenin meydana getirdiği önemli ve hızlı bir girdidir. Gözlerin kapatılması ile modifiye edilerek stabilitenin düşmesi gözlenebilir (17).
- Somatosensöriyal algı; mekanoreseptörler tarafından elde edilen ve santral sinir sistemine iletilen bulgulardır. Kasların gerginliğini, eklemlerin hareketini ve pozisyonlarını algılayan reseptörler ile toplanır.
- Vestibüler algı; otolit organların ve semisirküler kanalların meydana getirdiği, optokinetik, somatosensöriyal ve motor hareketler ile ilişkili sinyaller toplanarak vestibüloserebellar korteks ve serebellar derin nükleuslarda işlenir.

2.4. Vestibüler Sistem

2.4.1. Vestibüler Sistemin Hücresel Yapısı

Vestibüler sistemin içinde büyük miktarda hem afferent hem de efferent hücresel bağlantılar bulunmaktadır. Afferent sinir sinyallerinin çoğu, temporal kemiğin petröz parçasının içinde bulunan iç kulaktaki periferik vestibüler sistemden gelir. İç kulak, kemik bir labirent ve membranöz bir labirent içerir. Kemik labirent, beyin omurilik sıvısına benzer şekilde "perilenf" adı verilen bir sıvı ile doludur ve bu sıvı subaraknoid alana boşalır. Membranöz labirentin içinde, yüksek potasyum iyonu konsantrasyonuna sahip olan endolenf adı verilen bir sıvı bulunur. Vestibüler sistemin depolarizasyonu sağlamak için yüksek potasyum gradyanı bulunduran endolenf tüy hücreleriyle (hair hücreleri) etkileşime giren duyuşal epitel ile çevrilidir (18).



Şekil 2.1. Hair hücresi (Tüy hücresi) yapısı (19)

Vestibüler aparat, utrikulus, sakkulus ve superior, posterior ve lateral yarım daire kanallarını içerir. Utrikulus ve sakkulustaki duyusal nöroepitel makula olarak adlandırılırken, yarım daire kanallarındaki duyusal nöroepitel krista ampullaris olarak adlandırılır. Her iki nöroepitel yapısı da "tüy hücreleri" olarak adlandırılan özelleşmiş mekanoreseptör hücrelerini içerir. Tüylü hücrelerin tüyleri stereosilya adı ile anılır, en uzun tüye kinosilyum denir. Her hücrenin yüzeyinde 40-70 arasında stereosilya ve 1 tane hareketli kinosilyum vardır. Tüylü hücreler herhangi bir uyarı olmadan bile spontan olarak aktif durumdadırlar. Tüy hücrelerinde depolarizasyon veya hiperpolarizasyon, tüy hücrelerine paralel olarak uygulanan, stereosilya hareketine neden olan endolenf ivmesi sonucunda oluşur. Kinostilyaya doğru hareket, katılmış uç bağlantıların katyon kanallarını açmasına neden olarak potasyum iyon akışına ve depolarizasyona yol açar. Depolarize olan tüy hücresi, afferent sinirlere glutamat salgılar ve vestibüler gangliona nörotransmisyon sağlar. Kinostilyuma karşı yönde hareket, stereosilyaların bir araya gelmesine neden olarak katyon kanallarının kapanmasına yol açar. Potasyum kanallarının kapanması tüy hücresinin hiperpolarizasyonuna ve afferent sinirlerde glutamat salınımının inhibisyonuna neden olur. Vestibüler gangliyon, ayrıca Scarpa gangliyonu olarak da bilinir ve makuladaki ve krista ampullaristeki tüy hücrelerinden duyusal girdi alan binlerce bipolar nöron içerir.

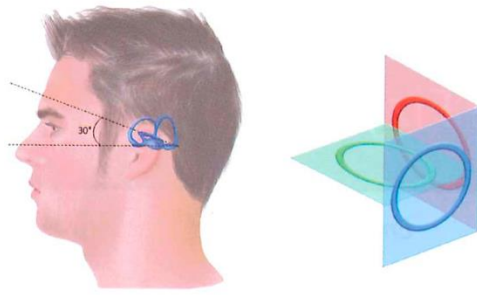
Vestibüler gangliyonndan gelen afferent aksonlar, vestibüler sinir haline gelir. Daha sonra vestibüler sinir, vestibülokoklear siniri oluşturmak üzere koklear sinirle birleşir. Vestibülokoklear sinir tarafından taşınan afferent sinir sinyalleri santral vestibüler sistem tarafından yorumlanır. Santral vestibüler sistem, denge ve hareketin kontrolü için vestibüler sistem, görme ve proprioseptif sistemlerden gelen girdilerini değerlendirir. Gerekli olan çıktılar ilgili merkezlere yönlendirilir. (20-22).

2.4.2. İç Kulak Anatomisi

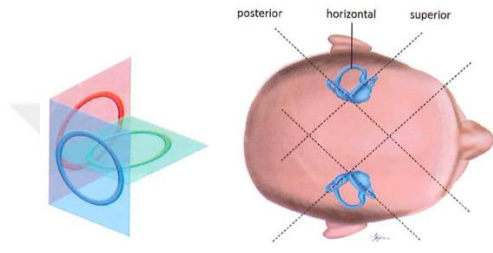
Kulak, üç anatomik yapıya ayrılmıştır: Dış kulak, orta kulak ve iç kulak. Dış kulak, pinna, dış kulak yolu ve timpanik zarı içerir ve dış ortamdan gelen ses dalgalarının iletilmesinden sorumludur. Orta kulak, timpanik zarın içinden iç kulağa titreşim ileten üç ossikülden (malleus, incus ve stapes) içeren hava dolu bir alandır. Titreşimler, malleustan incusa ve oradan da stapeşe iletilir ve bu kemikler iç kulağın koklear oval penceresi ile temas halindedirler. İç kulak, petröz kemikteki kemik labirentin içinde bulunur ve koklea, yarım daire kanalları, utrikulus ve sakkulusu içerir. Bu organlar, sadece perilenf ile ayrılan kemik labirentin içinde yer alan membranöz labirenti oluşturur. Membranöz labirent, ses ve vestibüler iletimden sorumlu tüy hücrelerinin uyarılmasında önemli rol oynayan endolenf adı verilen bir sıvı içerir (23).

2.4.2.1. Semisirküler Kanallar

Üç semisirküler kanal bulunmaktadır: Horizontal (lateral) anterior (superior) ve posterior. Her semisirküler kanal farklı bir düzlemde (x, y ve z) bulunur ve utrikulusa bir ampulla aracılığıyla bağlanır. Ampulla içinde, tüy hücrelerinin çıkıntılarını içeren duysal epitel tabakaları, krista adı verilen yapılar bulunur. Tüy hücrelerinin ve kristaların üstünde, jelatinimsi bir kubbe bulunur. Baş çeşitli yönlerde döndüğünde, semisirküler kanallardaki endolenf, kristaların üstündeki kupulayı yerinden oynatır ve bu da krista içinde yer alan tüy hücrelerinin uyarılmasına yol açar. Endolenf akışının yönüne bağlı olarak, tüy hücreleri depolarize veya hiperpolarize olur (24, 25).



Şekil 2.2. Horizontal kanalın horizontal düzlemle yaptığı 30 açı (25)

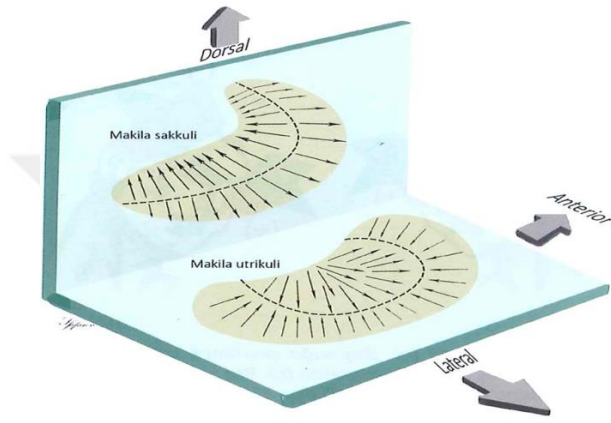


Şekil 2.3. Semisirküler kanallar ve birbirine göre dik olarak yerleştikleri düzlemler (25)

2.1.1.1. Utrikulus ve Sakkulus

Utrikulus ve sakkulus, vestibül içinde sırasıyla eliptik (recessus elipticus) ve küresel (recessus sphericus) içine yer alır (25). Utrikulus ve sakkulus içindeki vestibüler reseptör hücreler makula adı verilen bölgede bulunurlar (önceki bölümde tanımlanan ampulla içindeki krista eşdeğeridir). Utrikulus yatay eksende ivmeye, sakkulus ise dikey eksende ivmeye katılır. Her makula, tüy hücreleri ve destek hücreleri içerir ve bunlar jelatinöz bir tabaka ile çevrilidir; bu tabaka, otolitik membran tarafından kaplanmıştır. Otolitik membranda otolitik kristaller olarak bilinen kalsiyum karbonat kristalleri bulunur. Başın doğrusal ivmesi, otolitik membran ile makula arasında kayma kuvveti oluşturur, bu da tüy hücrelerinin yer değiştirmesine neden olur. Semisirküler kanalların ampullasındaki tüy hücreleri gibi, makuladaki tüy hücrelerinin yer değiştirmesi, hareket yönüne bağlı olarak bir potansiyel oluşturur. Otolitik organların makulası tam ortadan geçen ve striola adı verilen bir hat ile iki eşit parçaya ayrılır. Striola hattı ‘polaritenin tersine döndüğü çizgi’ olarak da bilinir. Striolanın her iki

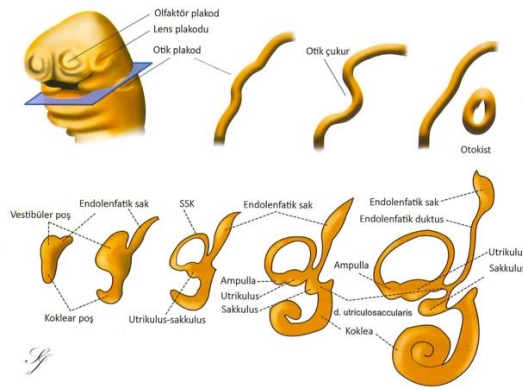
tarafındaki tüylü hücreler birbirine zıt yönde doğru dizilmişlerdir ve bu nedenle elektriksel olarak birbirine zıt kutuplar içerirler. Makuladaki tüylü hücreler striolaya göre topografik yerleşim düzeni gösterirler, utrikulusta makulanın her iki yarımındaki tüylü hücreler striolaya doğru dizilmişlerdir, sakkulusta ise bu dizilim strioladan uzaklaşır şekildedir. Kinostilyuma doğru hareket, kanalların açılmasına ve hücrenin depolarizasyonuna neden olur. Kinostilyumdan uzaklaşan hareket, kanalların kapanmasına ve sinir liflerinin hiperpolarizasyonuna yol açar (24, 25).



Şekil 2.4. Utrikulus ve sakkulus makulalarının yerleşimi, tüylü hücrelerin striolaya göre topografik yerleşimleri (25)

2.4.3. Vestibüler Sistemin Gelişimi

Periferik vestibüler sistemin gelişimi, üçüncü haftada yüzey ektodermden otik plakodların oluşumuyla başlar. Dördüncü haftada, otik plakodlar embriyonik mezoderme sarıldıklarında otik çukurlar haline gelirler. Otik çukurlar daha sonra otik keseciklere dönüşürler. Otik keseciklerin üst kısmı vestibüler aparatı oluşturur. Otik kesecik uzadıkça, ventral sakkuler kısım ile dorsal utrikuler kısım arasında bir bölünme meydana gelir. Ventral sakkuler kısım yetişkin sakkul ve koklear kanal haline gelirken, dorsal utrikuler kısım utrikul ve yarım daire kanallarını oluşturur. Sistemin ossifikasyonu 19. haftada başlar ve iç kulak kanalının iç açıklığı doğuma kadar gelişmeye devam eder. Tüy hücreleri ve otokoniyalar 7. haftada gelişir ve tüy hücrelerinin farklılaşması 11. ile 13. hafta arasında gerçekleşir (26, 27).



Şekil 2.5. Membranöz labirentin gelişimi (25)

(ELD: Endolenfatik duktus, PK: Posterior semisirküler kanal, LK: Lateral semisirküler kanal, SK: Superior semisirküler kanal, U: Utrikulus, S: Sakkulus)

2.1.1. Vestibüler Sistemin Fonksiyonu

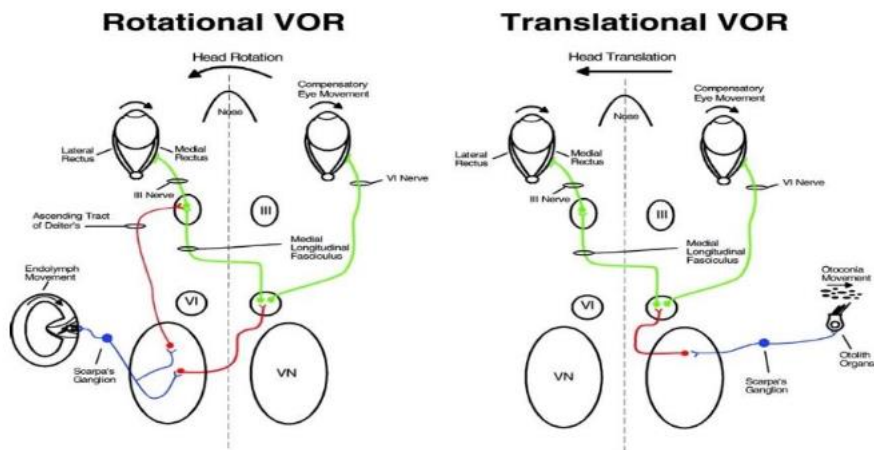
Vestibüler sistem, başımızın uzayda pozisyonunu ve hareketini algılamak için işlev görür. Bu, göz hareketlerinin, postürün ve denge durumunun koordinasyonunu sağlar. İç kulaktaki bulunan vestibüler aparat, afferent sinir sinyalleri göndererek bu görevi yerine getirmeye yardımcı olur. Utrikulus ve sakkulus, lineer ivmeyi, yerçekimi kuvvetlerini ve başın eğilmesini algılamaktan sorumludur. Başın çeşitli düzlemlerdeki açısal ivmesi ve dönüşü, birbirine dik üç semisirküler kanal tarafından algılanır. Periferik vestibüler sistemle ilişkilendirilen işlevlerin yanı sıra, santral vestibüler sistem, afferent sinyallerin işlenmesi ve yorumlanması ile efferent sinyallerin çıkışını sağlar. Efferent sinyaller, vestibülo-oküler refleksi içerir; bu refleks, baş hareket ederken gözlerin sabit bir nesneye odaklanmasını sağlar. Refleks oluşumu, parapontin retiküler formasyonla birlikte çeşitli ekstraoküler göz kaslarına efferent uyarı götüren okülomotor ve abducens sinirleri arasında koordinasyon sağlanarak gerçekleştirilir. Vestibülo-spinal refleks, periferik sinir sisteminin koordinasyonu ile baş hareketi ile dengenin ve postürün korunmasını sağlar. Merkezi vestibüler sistemi içeren bilişsel fonksiyonlar, belirlenmiş nöral yollar üzerinde temellendirilir, ancak birçok yol henüz bilinmemektedir. Bilinen merkezi vestibüler bağlantılar, vestibülo-talamo-kortikal trakt, dorsal tegmental nükleus entorhinal korteks traktı ve nükleus

retikularis pontis hipokampus traktı içerir. Bu traktlar, hareket algısı, uzamsal navigasyon, uzamsal bellek ve nesne tanıma belleğinde işlevsel bir rol oynayan karmaşık bir bağlantı serisi oluşturur (1, 21, 28, 29).

2.4.4. Vestibüler Sistemin Fonksiyonel Mekanizması ve Refleksler

2.4.4.1. Vestibulo-Oküler Refleks

Vestibulo-oküler refleks (VOR), semisirküler kanallar ile ekstraoküler kaslar arasındaki bağlantılar tarafından oluşturulan bir reflekstir. Bu refleks, baş hareketi sırasında göz retinasındaki görüntüleri sabitlemek için işlev görür. Vestibüler reseptörlerden gelen girdiler vestibüler çekirdeğe aktarılır, buradan çıkarak ipsilateral ve kontralateral okulomotor çekirdeklere giden uyarılar ile bir taraftaki ekstraoküler kas uyarılırken, karşı taraftaki ekstraoküler kas inhibe edilerek, baş hareketinin tersi yönünde konjuge göz hareketi oluşturulur. Örneğin, baş sağa hareket ettiğinde, gözler sola hareket eder, bu da kişinin gördüğü görüntünün aynı kalmasını sağlar. Sürekli olarak hafif baş hareketleri mevcut olduğundan, VOR görmenin sabitlenmesi için gereklidir: Refleks kaybı olan kişiler, küçük baş titremeleri sırasında gözler sabitlenmediği için yazılı metni okumakta zorluk çekerler ve ayrıca refleksin zarar görmesi nistagmusa neden olabilir. (30-32).



Şekil 2.6. Vestibulo-oküler refleks (32)

2.4.4.2. Vestibülo-Spinal Refleks

Vestibülo-spinal (VS) refleksler, vestibüler reseptörlerin uyarılmasıyla vestibüler çekirdeklere iletilen girdiler, lateral ve mediyal vestibülo-spinal traktuslar aracılığıyla medulla spinalise iletilir. Postürü sabitlemeyi amaçlar (33).

2.4.4.3. Vestibülo-Kollik Refleks

Başın stabilizasyonu, yalnızca ayakta dururken veya yürürken dengeyi korumak gibi yeterli motor performans için değil, aynı zamanda görsel ve işitsel bilgi gibi duysal girdilerin yeterli bir şekilde alınması için de gereklidir. Vestibüler reseptörlerden gelen afferentlerin aktive edilmesi, uzayda baş pozisyonunu stabilize eden vestibülo-kollik refleks (VCR) adı verilen bir yanıt tetikler (34).

2.4.4.4. Vestibüler Sistemin Fonksiyonel Mekanizması

Periferik vestibüler sistemin işleviyle ilgili mekanizma, vestibüler aparatın çeşitli yapılarında endolenfin ivmesini içerir. Başın çeşitli yönlerde hareketi, stereosilyadaki tüy hücrelerinin uyarılmasına neden olan bu ivmeyi sağlar. Baş ivmesi durduğunda, tüy hücreleri istirahat pozisyonlarına döner ve böylece endolenfin ivmesindeki daha fazla değişime yanıt verebilirler. Kinostilyuma doğru hareket, katyon kanallarını açarak potasyum iyon akışı yoluyla tüy hücresinin depolarizasyonuna neden olur. Kinostilyumdan uzaklaşan hareket, katyon kanallarının kapanmasına ve hiperpolarizasyona ve afferent ateşleme oranlarının azalmasına neden olur. Depolarizasyon, kalsiyum kanallarının açılmasına neden olur. Kalsiyum kanallarının açılması, sinaptik aralık boyunca nörotransmitter salınımına ve vestibüler gangliondaki sinirlere nöron iletimine neden olur. Sinir sinyalleri, vestibüler gangliondaki 20.000 bipolar nöron aracılığıyla iletilir ve vestibüler sinir boyunca ilerler. Vestibüler sinyallerin başlıca işleyicisi, rostral medulladan kaudal ponsa kadar uzanan vestibüler nükleus kompleksidir. Birçok sinyal, vestibüler nükleustan talamusa, kortekse veya serebelluma gönderilir ve postural veya ekstraoküler göz kaslarına efferent sinyalleri işlemek ve ayarlamak için yardımcı olur. Özellikle hipokampus, navigasyon ve yönelme gibi uzamsal bellek fonksiyonlarında önemli bir rol oynar (1, 21, 22).

2.4.5. Vestibüler Sistem İlişkili Testler

Vestibüler sistemin düzgün çalışıp çalışmadığını belirlemeye yardımcı olabilecek birçok test bulunmaktadır. Okülo-sefalik refleks, beyin sapı fonksiyonlarını değerlendirmek için vestibüler sistemin reflekslerini kullanan basit bir testtir. Bu test, hastanın başını yatay olarak döndürmeyi içerir, bu dönüşün ipsilateral tarafındaki vestibüler sistemi aktive etmesi gerekmektedir. Eğer beyin sapı fonksiyonu normal ise, hastanın gözlerinin baş hareketinin karşı tarafına doğru hareket etmesine neden olur. Patoloji varlığında, göz hareketi baş hareketiyle beraber ipsilateral yönde hareket eder (35).

Kalorik test, vestibüler sinirin termal uyarılara karşı verdiği düşük frekanslı yanıtları değerlendirir. Horizontal semisirküler kanaldaki endolenfin soğutulması ve ısıtılması esasına dayanır. Klasik olarak tercih edilen yöntem binaural-bitermal kalorik testtir. Termal uyarı olarak su veya hava kullanılabilir. Test sırasında hasta sırt üstü yatar pozisyonudadır, baş 30 derece yükseltilir. Gözler istemsiz bir hareket olan nistagmusu göstermelidir. Soğuk uyarı ile oluşturulan nistagmusun hızlı fazı karşı tarafa iken, sıcak uyarı ile oluşan nistagmusun hızlı fazı aynı taraftadır. Horizontal kanal cevaplarının eşit olup olmadığı karşılaştırılır. (36).

Vestibüler fonksiyonun bileşenlerine özgü daha spesifik testler, en yaygın vestibüler fonksiyon testi olan videonistagmografiyi içerir. Test bataryası, okulomotor testler, pozisyonel testler ve kalorik test olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Diğer tanısal yöntemler arasında rotasyon testleri ve VHİT bulunmaktadır. Bu iki test de, başın çeşitli yönlerde döndürülmesiyle göz hareketlerini izlemek için cihazlar kullanır ve vestibülo-oküler refleksin bütünlüğünü test eder (35).

2.4.6. Vestibüler Sistem İlişkili Klinik Durumlar

Vestibüler sistemin işlev bozukluğu semptomatik olarak baş dönmesi, bulantı, kusma, görme bozukluğu, işitme değişiklikleri ve çeşitli bilişsel eksiklikler şeklinde ortaya çıkabilir. Vestibüler sistemin bilişle ilişkisi iyi anlaşılmamış olmasına rağmen, birçok vestibüler fonksiyon bozukluğu olan hastada uzamsal navigasyon, öğrenme, hafıza ve nesne tanıma bozukluğu görülür.

Vertigonun patofizyolojisi, periferik veya santral olarak tanımlanabilir. Periferik vertigo, santral vertigodan daha yaygındır ve etiyolojisinde sıklıkla benign paroksizmal pozisyonel vertigo, Meniere hastalığı ve vestibüler nöronit izlenir. (35).

2.4.6.1. Unilateral Vestibüler Yetmezlik

Baş dönmesi ve denge kaybının sık görülen bir nedeni vestibüler yetmezliktir. Vestibüler disfonksiyon, iç kulaktaki denge organlarındaki bir problemten kaynaklanmaktadır. Bu problem total veya parsiyel olabilir, unilateral veya bilateral olabilir. Bu probleme bağlı olarak başın veya vücudun hareketi baş dönmesi, görme bozukluğu ve denge kaybı ile sonuçlanır. Yürürken normal postüral stabilitenin sağlanması için en az iki ya da üç duyuşal girdinin (vizüel, vestibüler, propriyosepsiyon) birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Vestibüler kaybı olan hastalarda diğer duyuşal ve motor sistemler vestibüler kaybı kompanse etse de sağlıklı bir denge sistemini tam olarak yansıtamamaktadır (37).

2.4.6.2. Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo

Benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BPPV), periferik vertigonun en yaygın nedenidir. Tipik yakınmaları baş hareketleri ile ortaya çıkan, saniyelerden birkaç dakikaya kadar sürebilen baş dönmesiyle beraber dengesizlik hissi ve bulantıdır. Çoğu vaka idiyopattır. Patofizyolojide, utrikulus makulasından değişik nedenlerle ayrılan otolitler yer çekimi nedeniyle sıklıkla vestibüler labirentin en derin yeri olan posterior kanal ampullasına gider. Baş hareketleri sonucu, endolenf içinde hareket eden (kanalolithiasis) ya da kupulaya yapışık durumda bulunan (kupulolithiasis) otolitlerin kupulayı deplase ederek vestibüler uyarı oluşturduğu düşünülmektedir. Bunun sonucunda baş dönmesi ve tutulan kanal düzleminde nistagmus ile karakterize durum izlenir. BPPV, detaylı bir öykü alınarak ve ilişkili vertigo semptomlarının ve pozisyonel testlerin kullanılmasıyla teşhis edilir. BPPV'nin tedavisinde birçok hareket tekniği kullanılmaktadır; ancak, Epley manevrası genellikle en etkili olanlardan biri olarak kabul edilir. BPPV'nin akut, şiddetli alevlenmelerinde, semptom kontrolüne yardımcı olmak için vestibülosupressan ve antiemetik ilaçlar önerilir (31, 35).

2.4.6.3. Meniere Hastalığı

Meniere hastalığı, saatler süren epizodik baş dönmesiyle karakterize periferik vertigo nedenidir ve işitme kaybı, tinnitus, kulakta dolgunluk gibi koklear belirtilerle ortaya çıkabilir. Patofizyolojide, membranöz labirent içindeki endolenf emiliminin azalması ya da endolenf yapımının artması veya her iki nedenle endolenfatik hidrops geliştiği düşünülmektedir. Koklear hidrops belirtileri, BPPV'den ayırt eden işitme bozukluklarına neden olur. Meniere hastalığı, klinik kriterlere dayanarak teşhis edilir ve hastalık kontrolünde küratif tedaviler mevcut değildir. Semptomlar, anti-vertigo ilaçlar, düşük tuzlu diyet ve son seçenek olarak endolenfatik kesenin cerrahi dekompresyonu ile yönetilir (35, 38).

2.4.6.4. Vestibüler Nöronit

Vestibüler nöronit aniden başlayan baş dönmesi ve buna eşlik eden bulantı, kusma, dengesizlik ile karakterize periferik vertigo nedenidir. Patofizyolojide, viral enfeksiyona sekonder olarak vestibüler sinirin inflamasyonu düşünülmektedir. Belirtiler başlangıçta şiddetli olup uzun süre dengesizlik ve yürürken kayma hissi devam edebilir. Subjektif olarak kulakta dolgunluk, tinnitus gibi yakınmalar izlenebilir, işitme fonksiyonunda kayıp izlenmez. Tedavi, anti-vertigo ilaçlarıyla semptom kontrolünü içerir ve semptomlar genellikle 1 hafta içinde geriler, baş hareketleriyle meydana gelen dengesizlik hissi uzun süre devam edebilir. Yukarıda listelenen patolojilere ek olarak, yaşlılardaki vestibüler fonksiyon kaybı, baş dönmesi ve denge kaybına yol açarak düşmelere katkıda bulunan önemli bir faktör olarak çalışılmıştır. Bu, 65 ile 70 yaşları arasında en belirgin olarak ortaya çıkan hem Tip 1 hem de Tip 2 tüy hücrelerinin kaybından kaynaklanır. Vestibüler fonksiyonel kayıplar en belirgin olarak semisirküler kanallarda belirgindir (39).

Salisilat (aspirin), yüksek doz kullanımında dış tüy hücre elektromotilitesini reversibl şekilde hasara uğratarak işitme kaybı ve tinnitusa neden olur. Aspirin toksisitesinin diğer belirtileri arasında bulantı, kusma, tinnitus, hiperpne ve oryantasyon kaybı bulunur. Diğer yaygın ototoksik ajanlar arasında aminoglikozidler, furosemid, sisplatin ve kininler bulunur (40).

2.4.7. Vestibüler Kompansasyon ve Rehabilitasyon

Vestibüler rehabilitasyonun temelini santral kompansasyon mekanizmaları oluşturur. Vestibüler kompansasyon kavramı Flourens'in 1824'te kuşlarda ve kurbağalarda yaptığı deneyde labirentektomiden bir hafta sonra işlevsel iyileşme halini göstererek konuyu tanıttığından beri deneysel bir gerçektir (41). Vestibüler yetmezlik modelleri olan labirentektomi veya tek taraflı vestibüler nörektomi kullanılarak yapılan çalışmalar, vestibüler kompansasyonun mekanizmalarının anlaşılmasına önemli katkı sağlamıştır. Santral kompansasyon serebellumun inhibitör etkisi altında olan vestibüler nuklear kompleks düzeyinde gerçekleşir. Vestibülo-spinal ve vestibülo-oküler yolaklardan gelen afferent ve efferent uyarıların adaptasyonu veya alternatif motor reflekslerin yer değiştirmesi nörofizyolojik açıdan etkileyen diğer faktörlerdir. Vestibüler rehabilitasyon kavramı, ilk olarak İkinci Dünya Savaşı sırasında Sir Terence Cawthorne ve Harold Cooksey tarafından, dengesizliği olan yaralı askerlerin yaralanmadan hemen sonra yatağa yatmak yerine erken aşamada mobilize edilirse daha hızlı iyileşme eğiliminde olduklarını gözlemlediklerinde doğmuştur (42, 43).

Vestibüler rehabilitasyon programları vestibüler, propriyosepsiyon ve görsel girdilerin hastaya özgü olan farklılıkların bilinmesi ile gelişmiştir. Bu farklılık, vestibüler rehabilitasyona başlamadan önce hastaların dikkatli ve eksiksiz değerlendirilmesini gerektirir. Günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığın artırılması, dengeyi ve yürümeyi iyileştirerek düşme riskinin azaltılması rehabilitasyon programıyla hedeflenen durumlardır (41).

Günümüzde, vestibüler rehabilitasyon benign paroksizmal pozisyonel vertigo, vestibüler migren dahil olmak üzere unilateral ve bilateral periferik vestibüler patolojilerde etkili olduğunu kanıtlamıştır (44, 45).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan 25.01.2024 tarihinde TBAEK-2 sayısı ile alınan izin ile, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun ve Boğaz Hastalıkları Ana Bilim Dalı'nda prospektif çalışma olarak gerçekleştirildi.

Çalışmaya katılan kişilerin demografik verileri, ayrıntılı tıbbi öyküleri ve detaylı fizik muayeneleri kaydedildi. Katılan tüm kişilere saf ses odyometrisi, timpanometri, video Head Impulse Test (vHIT) ve Suppression Head Impulse Test (SHIMP) testleri uygulandı. Elde edilen veriler analiz edildi.

Orta kulak fonksiyonları timpanometri (Madsen electronics, Danimarka) ile kontrol edildikten sonra, ses izolasyonu yapılmış odaya alınarak, 250-8000 Hz arasında hava yolu ve 250-4000 Hz arasında kemik yolu işitme eşikleri saptanmıştır (AC 40, Interacoustics, Danimarka).

VHIT yapılırken hastaların vestibüler sistemi etkileyebilecek herhangi bir ilaç kullanımları varsa bu ilaçları en az 3 gün önceden kesmesi istendi ve en az testten 48 saat önce alkol almamaları sağlandı.

VHIT için ICS Impulse Otometrics (Gn Otometrics, Ics Impulse, Danimarka) kullanıldı.

Dahil Edilme Kriterleri

- 18 yaşından büyük olmak
- Çalışmaya katılmayı onaylamak
- Profesyonel bale sanatçısı olmak

Profesyonel bale dansçısı olmak için 3 yıldan uzun süredir dansçı olmak, haftalık en az 15 saat antrenman yapıyor olma koşulu aranmıştır.

3.1. Hariç Tutma Kriterleri

- Kronik kulak enfeksiyonu
- Kafa travması öyküsü
- İç kulak operasyonu öyküsü
- Sensörinöral işitme kaybı

- Boyun hareket kusuru
- Kooperasyon bozukluğu yaratan durumlar
- Ototoksik ilaç kullanımı
- Gözlük kullanımı etkiyecek durumlar (görme kaybı, epilepsi ..)

3.2. Örneklem Büyüklüğü

Daha önce literatürde yapılan çalışma örneğinde 20 kişilik grupların etkin sonuç sağladığı görülmektedir (46). Bu çalışma referans alınarak, çalışmamıza 18 yaşından büyük profesyonel bale dansı sanatçısı 25 kişi çalışma grubu olarak, 18 yaşından büyük ve benzer demografik yapıda, dans etmeyen 25 kişi kontrol grubu olarak dahil edildi.

Tablo 3.1. Grupların dağılımı

Grup 1	Kontrol grubu, 25 kişi
Grup 2	Bale sanatçısı, 25 kişi

3.3. Video Head Impulse Test Uygulaması

Halmagyi-Curthoys veya Head Thrust Testi, ilk olarak yatak başında uygulanmış olup günümüzde daha gelişmiş teknoloji kullanılarak, hastanın başına yerleştirilen yüksek çözünürlüklü kamera içeren gözlükler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, video Baş İtme Testi olarak adlandırılmaktadır. VHIT superior ve inferior vestibüler sinirin fonksiyonlarını değerlendirmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Periferik vestibüler sistemde her üç düzlemde bulunan semisirküler kanalların fonksiyonunun ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak sağlar. VHIT, baş hareketi sırasında gözlerin sabit kalmasını sağlayan VOR aracılığıyla değerlendirme yapar (47, 48)

VOR, baş hareketi sırasında gözün sabit kalmasını sağlar. VHIT ise yüksek ivmeli baş hareketleri sırasında bozulmuş VOR sonucu etkilenen gözde ortaya çıkacak göz hızını ve sakkadları kamera aracılığıyla ölçer. Bu test, sağ ve solda bulunan üçer tane semisirküler kanal fonksiyonlarını hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirir (47-49).

VOR kazancı (VOR gain), kompanse edici göz hızının başın hareket hızına oranını ifade eder. Periferik vestibüler sistem sağlıklı ve VOR normal işlev görüyorsa, test sırasında bireyin göz hareketi, baş hareketini kompanse eder ve göz hedeften ayrılmaz. Ancak vestibüler fonksiyon bozukluğu olması durumunda göz hareketi baş hareketini kompanse edemez, baş itme hareketi bittikten sonra çıkan açık (overt) ve baş itme sırasında ortaya çıkan gizli (covert) sakkad olarak sınıflandırılan düzeltici sakkadlar oluşur. Normal sağlıklı bireylerde pratikte VOR kazancı genellikle 0.8-0.9 arasındadır. Lateral kanallar için 0.8, sol anterior-sağ posterior (LARP)/sağ anterior-sol posterior (RALP) için 0.7'nin altında bir değer tespit edildiğinde, o kanalda tek taraflı zayıflık olduğu düşünülür. vHIT ile herhangi bir yanıt yetersizliği veya VOR yanıt asimetrisi kolayca görülebilir. Bu nedenle, yaklaşık 5 dakikalık bir süre içinde klinisyen, tüm semisirküler kanallar için objektif bir VOR kazancı verisine sahip olur (47-49).

Her katılımcı aydınlık bir odada duvara en az 1 metre mesafede hareketli olmayan sandalyeye oturdu. Uygun gözlük ve pupil ayarı yapıldı. Teste başlamadan önce kalibrasyon ayarı yapmak için katılımcının karşısındaki hedef noktaya bakması istendi. Ardından lazer ışıkları açılarak fiksasyon noktası belirlenerek baş pozisyonu ayarlandı. Katılımcıdan başını sabit tutarak sıra ile yanan lazer ışıklarını takip etmesi istendi. Kalibrasyon ayarı yapıldıktan sonra horizontal kanal testine başlandı. Katılımcının arkasına geçilerek, baş iki ele tutuldu ardından 30° aşağıya eğildi. Yatay düzlemde ortalama $150^{\circ}/sn$ hız ve ortalama $1.000^{\circ}-2.500^{\circ}/sn^2$ ivmeyle yaklaşık 20° 'de öngörülemez sağa veya sola manuel baş impulsları uygulandı. LARP/RALP testte katılımcıdan düz bir şekilde karşıya bakması istendi, ardından baş sağa (LARP için) veya sola (RALP için) yaklaşık olarak $35^{\circ}-45^{\circ}$ çevrildi. LARP/RALP için vertikal impulslar sagittal planda verildi. Optimal test için sağ ve sol tarafa en az 20 impuls değerlendirmeye alındı. VHIT testinde overt ve covert sakkadlar, ortalama VOR kazancı, anterior SSK kanal asimetrisi, posterior SSK asimetrisi, lateral SSK asimetrisi, RALP asimetrisi ve LARP asimetrisi 2D ve 3D analiz ile değerlendirilir.



Şekil 3.1. VHIT gözlüğü ve uygulama programı



Şekil 3.2. Sağ anterior SSK-Sol posterior SSK uyarımı



Şekil 3.3. Lateral SSK uyarımı



Şekil 3.4. Sol anterior SSK-Sağ posterior SSK uyarımı

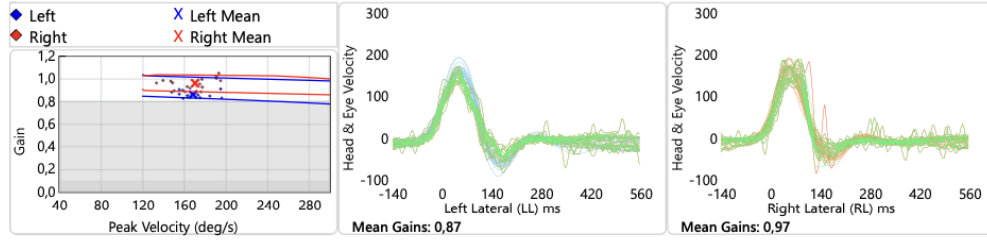
Vestibular Assessment Report

Patient Name: mirina fidan, özbek
DOB: 01.01.2001
Gender: Female

Head Impulse

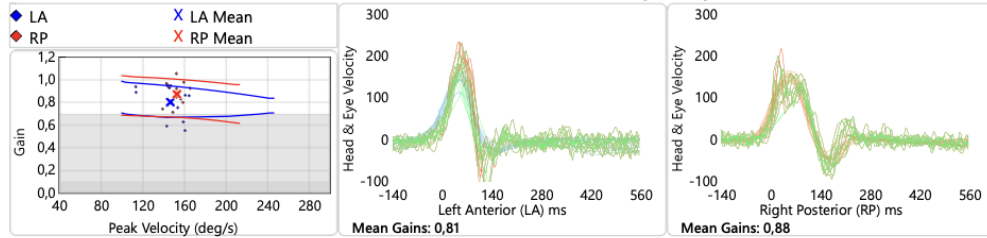
Lateral Impulse Test: 11.03.2024 12:46:06
 Test Operator: Default Administrator

$\bar{x}$ Left: 0,87, σ : 0,03 $\bar{x}$ Right: 0,97, σ : 0,04
 Relative Asymmetry: %10



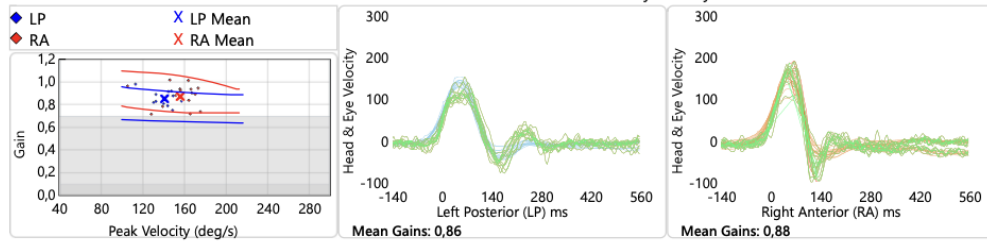
LARP Impulse Test: 11.03.2024 12:52:03
 Test Operator: Default Administrator

$\bar{x}$ LA: 0,81, σ : 0,14 $\bar{x}$ RP: 0,88, σ : 0,1
 Relative Asymmetry: %8



RALP Impulse Test: 11.03.2024 12:50:54
 Test Operator: Default Administrator

$\bar{x}$ LP: 0,86, σ : 0,06 $\bar{x}$ RA: 0,88, σ : 0,1
 Relative Asymmetry: %2

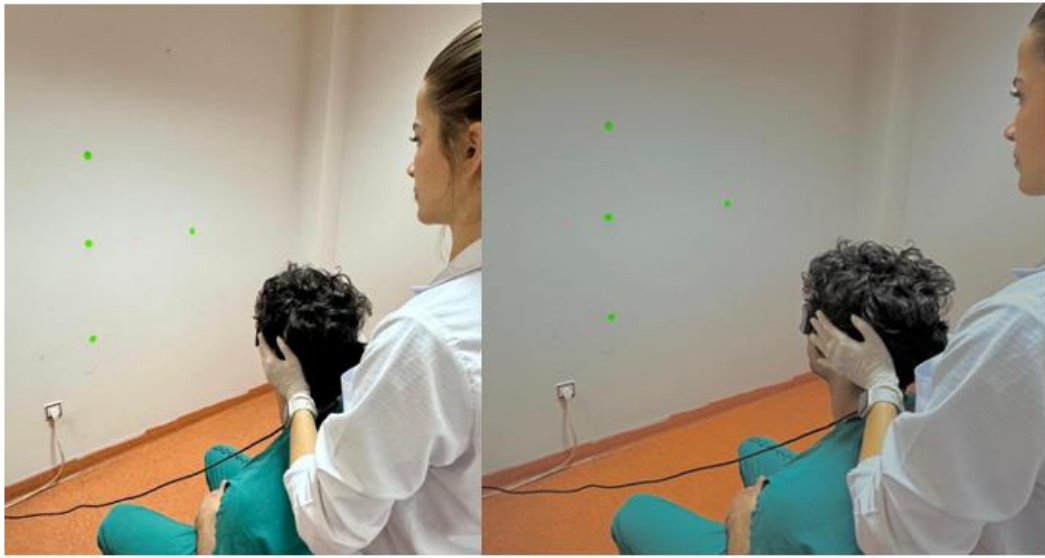


Şekil 3.5. SSK VOR kazanç değerleri

3.4. Suppression Head Impulse Paradigm (SHIMP) Uygulaması

Her katılımcı aydınlık bir odada duvara en az 1 metre mesafede hareketli olmayan sandalyeye oturdu. Uygun gözlük ve pupil ayarı yapıldı. Teste başlamadan önce cihazın göz ve baş kalibrasyon ayarı yapıldı ardından başının orta hatta kalması, göz hizasındaki lazer ışığına odaklanması sağlanmıştır. Katılımcının başı iki yandan desteklenmiş ve başının gevşek bırakması

istenmiştir. Aynı zamanda, test sırasında duvara yansıyan göz hizasındaki lazeri takip etmesi söylenmiştir. Sadece lateral semisirküler kanal düzleminde yapılan SHIMP testi için katılımcının başı sağa ve sola, ani ve hızlı hareketlerle, bireyin önceden tahmin edemeyeceği şekilde rastgele çevrilmiştir. Bu hareketler, 15-20 derece açıda ve 150-200 derece/saniye hızında yapılmıştır. Test sırasında birey, başın hareketiyle aynı hızda olan lazeri takip etmiştir. Yapılan her manevra cihaz yazılım sisteminde bulunan sesli uyarı ile kontrol edilmiştir. (50).



Şekil 3.6. SHIMP testinde kullanılan lazer ışıkları

Vestibular Assessment Report

Patient Name: mirina fidan, özbek
DOB: 01.01.2001
Gender: Female

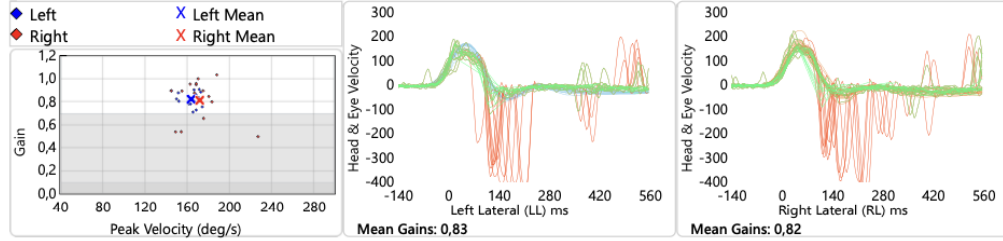
Head Impulse

SHIMP Lateral Test: 11.03.2024 12:57:22
 Test Operator: Default Administrator

$\bar{x}$ Left: 0,83, σ : 0,06

$\bar{x}$ Right: 0,82, σ : 0,17

Relative Asymmetry: %1



Şekil 3.7. Lateral SKK normal VOR kazanç Değerleri

3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmadan elde edilen veriler bir veri tabanında toplandı. Bu verilerin işlenmesinde SPSS versiyon 22 (IBM) programı kullanıldı. Verilerin tanımlaması yapıldıktan sonra, kategorik veriler yüzdeler ve frekans değeri şeklinde ifade edildi. Numerik verilerin dağılım analizi yapıldı. Normal dağılıma uyan veriler ortalama $\pm$ SD olarak tanımlandı.

Kategorik verilerin analizden ki kare testi kullanıldı. Numerik verilerin, normal dağılıma uyanları için t-test ve ANOVA kullanıldı. Normal dağılıma uymayan numerik verilerin analizinde nonparametrik testler kullanıldı. Saptanan sonuçlardan p değeri 0,05'in altında olanlar anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya 25 kişilik Grup 1'in 19'u (%76) kadın idi ve 25 kişilik Grup 2'in 6'sı (%24) erkekti ve gruplar arasında cinsiyet farkı yoktu. Grup 1'in yaş ortalaması $25,95 \pm 5,38$ iken, Grup 2'nin yaş ortalaması $30,12 \pm 5,77$ olarak saptandı ve Grup 2'nin yaş ortalaması anlamlı ölçüde yüksek gözlendi ($p=0,012$).

Tablo 4.1. Demografik özelliklerin karşılaştırılması

Özellik	Grup 1 (n=25)	Grup 2 (n=25)	P Değeri
Cinsiyet (n, %)			
Kadın	19 (%76)	19 (%76)	1
Erkek	6 (%24)	6 (%24)	
Yaş (ortamala$\pm$SD)	$25,95 \pm 5,38$	$30,12 \pm 5,77$	0,012
Profesyonel çalışma süresi	-	$9,28 \pm 5,74$	

Çalışmaya katılan tüm hastaların (Grup 1 ve Grup 2); saf ses odyometrisi, timpanogram ve konuşma odyometri sonuçları normal olarak saptandı.

Gruplar arasında yapılan vHIT karşılaştırmasında sol kulak anterior, posterior ve lateral ölçümlerde anlamlı farklılık görülmedi. Değerler Tablo 4.2'de yer almaktadır.

Tablo 4.2. Sol taraf vHIT karşılaştırması

Ölçüm	Grup 1	Grup 2	P-Değeri
Sol anterior	$1,04 \pm 0,14$	$1,04 \pm 0,15$	0,909
Sol posterior	$1,04 \pm 0,17$	$1,01 \pm 0,17$	0,554
Sol Lateral	$0,97 \pm 0,12$	$0,93 \pm 0,09$	0,196

Gruplar arasında yapılan sağ taraf vHIT karşılaştırmasında anterior, posterior ve lateral yönlerinde anlamlı bir farklılık saptanmadı. Grupların vHIT karşılaştırması Tablo 4.3'te yer almaktadır.

Tablo 4.3. Sağ taraf vHIT karşılaştırması

Ölçüm	Grup 1	Grup 2	P-Değeri
Sağ anterior	1,02±0,21	1,02±0,13	0,994
Sağ posterior	1,07±0,11	1,08±0,12	0,749
Sağ lateral	1,05±0,14	1,04±0,13	0,817

Grupların SHIMP testlerinde sağ ve sol tarafta anlamlı bir farklılık görülmedi. Grupların SHIMP testi karşılaştırması Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Tablo 4.4. Grupların SHIMP testi karşılaştırması

Ölçüm	Grup 1	Grup 2	P-Değeri
Sol lateral SHIMP	0,76±0,23	0,74±0,16	0,674
Sağ lateral SHIMP	0,74±0,20	0,81±0,18	0,259

Bale sanatçılarının profesyonel olarak çalıştıkları süre ile vHIT ve SHIMP sonuçları arasında korelasyon analizi yapıldı. Sağ posterior vHIT değeri ile çalışma süresi arasında pozitif korelasyon saptandı ($p=0,017$). Korelasyon analizi Tablo 4.5'te yer almaktadır.

Tablo 4.5. Profesyonellik süresi ile vHIT ve SHIMP korelasyonu

		Profesyonellik Süresi
Sol Anterior	Pearson Korelasyon	0,293
	p-Değeri	0,155
Sol Posterior	Pearson Korelasyon	-0,100
	p-Değeri	0,634
Sol Lateral	Pearson Korelasyon	0,011
	p-Değeri	0,957
Sağ Anterior	Pearson Korelasyon	0,217
	p-Değeri	0,297
Sağ Posterior	Pearson Korelasyon	0,473
	p-Değeri	0,017
Sağ Lateral	Pearson Korelasyon	-0,011
	p-Değeri	0,957
Sol Lateral SHIMP	Pearson Korelasyon	0,114
	p-Değeri	0,587
Sağ Lateral SHIMP	Pearson Korelasyon	0,024
	p-Değeri	0,910

5. TARTIŞMA

Denge insan için önemli bir durumdur. Evrimsel olarak kazanılan bu yetenek, çeşitli sistemlerin kusurları ile patolojik sonuçlar ortaya çıkartabilir. Mitchell ve ark. tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışmada, yetişkin hastalarda denge sorunları ve fonksiyonel etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan bir epidemiyolojik çalışmada, 2008 yılında bu oranın $11,0 \pm 0,3$ denge problemi olduğu ve 2016 yılı için yetişkinlerin $15,5 \pm 0,3$ 'ünde olduğu belirtilmektedir. Sıklıkla anksiyete ve depresyon gibi sorunlar ortaya çıkartan bu durumun sonucunda, motorlu taşıt kullanamama, sportif etkinliklere katılamama, merdiven inememe gibi durumlar karşımıza çıkmaktadır (51).

Biz çalışmamızda, dengenin temelinde yer aldığı bir etkinlik olan bale sanatçılarının denge durumlarını değerlendirdik ve bunun ölçümünde vHIT testini kullandık. Bale eğitimi beraberinde motor hareket ve derin duyu yönünden kas ve iskelet sistemine pozitif etkisi olan bir eğitimidir (52,53).

Çalışmamızda, ortalama $9,28 \pm 5,74$ yıldır profesyonel olarak bale sanatçısı olarak çalışan 25 katılımcı dahil oldu. Katılımcıların 24 'ünü erkekler oluştururken, ortalama yaşları $30,12 \pm 5,77$ olarak saptandı. Dengenin önemli olduğu bir başka çalışma olan, Semazenler üzerinde yapılan bir çalışmada, 17 ile 21 yaşları arasında ortalama yaşı 18,6 olan 40 semazen takip edilmiştir (46). Vertigo hastaları üzerinde yapılan bir çalışmada, vHIT testi değerlendirilmiştir. Çalışmada, 23 hasta değerlendirilmiş, 10'u kadın ve ortalama yaş $56,2 \pm 11,22$ olarak saptanmıştır (54).

Semazenler üzerinde yapılan çalışmada sağ anterior kanal kazanç değeri ortalaması $1,04 \pm 0,06$, sağ lateral kanal kazanç değeri ortalaması $1,01 \pm 0,02$ ve sağ posterior kanal kazanç değeri ortalaması $1,00 \pm 0,03$ olarak saptanırken, sol anterior kanal kazanç değeri ortalaması $1,06 \pm 0,04$, sol lateral kanal kazanç değeri ortalaması $1,01 \pm 0,02$ ve sol posterior kanal kazanç değeri ortalaması $1,01 \pm 0,5$ olarak saptanmıştır. Sağlıklı insanlar üzerinde yapılan karşılaştırmada, sağ tarafta anterior kanal ortalaması $1,05 \pm 0,04$, lateral kanal ortalaması $1,02 \pm 0,02$ ve posterior kanal ortalaması $0,98 \pm 0,05$ olarak saptanmış, sol tarafta anterior kanal

ortalama değeri $1,01\pm0,21$, lateral kanal ortalama değeri $1,01\pm0,03$ ve posterior kanal ortalama değeri $0,098\pm0,07$ olarak saptanmıştır (46).

Çalışmamızda ise, bale sanatçılarından oluşan grubun sol taraf anterior kanal değeri $1,04\pm0,15$, posterior kanal ortalama değeri $1,01\pm0,17$ ve lateral kanal değeri $0,93\pm0,09$ olarak saptandı. Bu bulgular, Şaman tarafından yapılan çalışmanın kontrol grubuna benzer olarak saptansa da semazenlerden oluşan gruba göre daha düşük olarak gözlemlendi. Sağ tarafta ise anterior kanal ortalama değeri $1,02\pm0,13$, posterior kanal ortalama değeri $1,08\pm0,12$ ve lateral kanal ortalama değeri $1,04\pm0,13$ olarak saptandı. Çalışmamızda saptanan bulgular, Şaman tarafından yapılan çalışmaya göre, semazenlerden daha düşük gözlenirken, sağlıklı bireylerden daha yüksek olarak saptanmıştır.

Kabış tarafından yapılmış olan bir çalışmada 18 ile 55 yaş arasındaki sağlıklı bireylerin vHIT testlerinde yaşa göre anlamlı bir farklılık meydana gelmediği gözlenmiştir (55). Çalışmamızda görüldüğü gibi, sağlıklı bireyler ile bale sanatçıları arasında vHIT yönünden anlamlı bir farklılık gelişmemektedir.

Çalışmamızda sağlıklı katılımcılara ve bale sanatçılarına SHIMP testi uygulandı. Hem sol hem de sağ taraf için gruplar arasında anlamlı bir fark görülmedi. Dikmen tarafından yapılan ve sağlıklı yetişkin bireylerin normal SHIMP değerlerinin incelendiği bir çalışmada, 34'ü kadın olan 70 hasta değerlendirilmiştir. Cinsiyetler ve yaş grupları arasında anlamlı bir farklılık saptanmazken, sağ SHIMP değeri 0,89 ve sol SHIMP değeri 0,94 olarak saptanmıştır (56). Vestibüler nörit ile sağlıklı bireyler arasında karşılaştırma yapılan bir çalışmada Chen ve ark. SHIMP değerlerini karşılaştırmıştır. Sağlıklı bireylerin ortalama SHIMP değeri $1,01\pm0,12$ iken, vestibüler nöriti olan bireylerin $0,48\pm0,16$ olarak saptanmıştır (57).

Hanggi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, kadın bale sanatçılarının yapısal nöroplastisitesi analiz edilmiştir. Manyetik rezonans bazlı görüntülemelerde dansla uğraşmayan bireyler ile baleyle uğraşan bireyler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Baleyle uğraşan bireylerin sol ve sağ premotor korteksinde, putamen ve frontal korteksinde dansla uğraşmayan bireylere göre beyaz cevherin daha düşük olduğu görülürken, ortalama yayılım açısından anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra dansa başlama yaşı, sağ premotor

korteks ve iç kapsüldeki gri cevher ve beyaz cevher hacmi ile pozitif korelasyon göstermekte olduğu saptanmıştır. Bu bulgular ışığında baleyle uğraşan kişilerin, kontrol grubuna göre artmış nöral aktivite gösterdiği belirtilmiştir (58). Serebral fonksiyonlar ile vestibüler yetersizliği olan ve denge eğitimi almış bale sanatçıları, akrobatlar ve buz patencilerinin ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada Hummel ve ark. denge eğitiminin vestibüler yetmezlik semptomlarını etkili bir şekilde azalttığını göstermiştir. Bununla birlikte beyaz cevherdeki değişiklikler nöronal plastisitenin meydana geldiğini göstermektedir (59).

Dordević ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, yaşam boyu bale eğitiminin klinik açıdan daha iyi bir denge meydana getirebileceği, vestibüler sistem, hipokampus ve temporal bölge bağlantıları sayesinde uzaysal mekan algısını geliştirebileceği düşünülmektedir (60). Rogge ve ark. tarafından 12 haftalık bir denge eğitiminin meydana getirdiği plastisitenin görsel ve vestibüler sistem üzerinde olumlu etkiler meydana getireceği vurgulanmıştır (61).

Literatürdeki çalışmalarda görüldüğü gibi, farklı laboratuvarlar için farklı SHIMP değerleri mevcuttur. Ancak bu durum çeşitli patolojilerden etkilenmektedir. Bizim çalışmamızda ise, sağlıklı bireyler ile bale sanatçıları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

5.1. Kısıtlılıklar

Bu çalışma, bale sanatçıları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın farklı dans grupları veya daha geniş bir örneklem üzerinde tekrarlanması, saptanacak sonuçların genişletilmesi ve güvenilirliğinin artırılmasını destekleyecektir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda, 25 sağlıklı birey ve 25 profesyonel bale sanatçısı analiz edildi. Karşılaştırılan gruplar arasında cinsiyet dağılımında anlamlı bir farklılık gözlemlenmedi. Bale sanatçılarının ortalama çalışma yılı $9,28 \pm 5,74$ olarak saptandı.

Sağlıklı bireyler ile yapılan karşılaştırmada hem sağ hem de sol tarafta da vHIT testleri benzer sonuçlar gösterdi. Sağlıklı bireyler ve bale sanatçıları arasında vHIT kazançları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmedi. Yapılan SHIMP testi sonrasında sağ ve sol tarafta anlamlı farklılık görülmez iken, bale sanatçıları ile sağlıklı kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık görülmedi.

Çalışmamız sonucunda saptadığımız bulgular ve konuya ilişkin bilimsel literatürdeki veriler hep birlikte değerlendirildiğinde denge eğitimi ve bu alandaki çalışmalar sonrasında vestibülo-spinal ve vestibülo-kollik yollar üzerinde plastisite gelişebileceği ve bu durumun normal erişkinlere nazaran denge yönetiminin geliştirilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Bale sanatçılarında vestibüler sistem değerlendirilmesinde bu testlere ek olarak VEMP testi ve bilgisayarlı dinamik posturografi ile ilgili çalışmalar yapıp proprioseptif ve görsel sistem hep birlikte değerlendirilmeli, vestibüler rehabilitasyonda etkili bir tedavi yöntemi olarak kullanılabileceğiyle ilgili gelecekteki çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. ÖZET

Giriş: Vestibüler sistem, denge ve derin duyu, çeşitli işlevlerin kombine bir şekilde gerçekleştiği sinirsel bir ağdır. Bu işler başın hareketleri, yönelim ve ivmenin etkisi ile göz hareketleri ve postür uyumunu sağlamaktadır. Dengenin kontrolünü sağlayan bu sistemler, periferik ve santral vestibüler sistem ile koordineli şekilde çalışır.

Bu çalışmada, dengenin önemli bir yer tuttuğu bale sanatını yerine getiren profesyonel dansçıların, video Head Impulse Test yanıtları değerlendirilerek, bale sanatının vestibüler plastisitedeki etkisi değerlendirildi.

Metot: Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Kulak, Burun ve Boğaz Hastalıkları Bölümü'nde gerçekleştirildi. Çalışmaya herhangi bir işitme kaybı, vestibüler yetmezliği, enfektif durumu olmayan katılımcılar dahil edildi. Profesyonel olarak bale dansı yapan ve kontrol grubundan oluşan iki grup katılımının demografik verileri, odyolojik ve vestibüler muayeneleri, vHIT ve SHIMP testleri yapıldı ve elde edilen değerler arasında karşılaştırma yapıldı.

Bulgular: Çalışmaya 25 sağlıklı kontrol grubu ve 25 profesyonel bale sanatçısı dahil edildi. Bale sanatçıların %24'ü erkek ve ortalama yaşları $30,12 \pm 5,77$ olarak saptandı ve kontrol grubuna göre anlamlı ölçüde yüksekti. Bale sanatçıların ortalama profesyonel çalışma süresi 9,285,74 olarak gözlemlendi. Sağlıklı bireyler ile bale sanatçıları arasında yapılan karşılaştırmada hem sağ hem de sol tarafta vHIT testlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı. Gruplar arasında yapılan SHIMP testinde hem sağ hem de sol tarafta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmedi.

Sonuç: Bale sanatçılarında vestibüler sistem değerlendirilmesinde bu testlere ek olarak VEMP testi ve bilgisayarlı dinamik posturografi ile ilgili çalışmalar yapıp propriyoseptif ve görsel sistem hep birlikte değerlendirilmeli, vestibüler rehabilitasyonda etkili bir tedavi yöntemi olarak kullanılabileceğiyle ilgili gelecekteki çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: VHIT, Bale, SHIMP

8. ABSTRACT

Introduction: The vestibular system, responsible for balance and proprioception, is a complex neural network where various functions converge. It encompasses the coordination of eye movements and postural alignment influenced by head movements, orientation, and acceleration. The systems that regulate balance operate in coordination with both peripheral and central vestibular systems. This study aims to evaluate the responses to the video Head Impulse Test (vHIT) among professional ballet dancers, for whom balance is critical, and to assess the vestibular plasticity and therapeutic effects in rehabilitation programs.

Method: This study was conducted at the Ear, Nose, and Throat Department of Akdeniz University. Participants with no hearing loss or infectious conditions were included. The study comprised two groups: professional ballet dancers and a control group. Demographic data, audiological and vestibular examinations, vHIT, and SHIMP tests were conducted, with comparisons made between the obtained values.

Results: The study included 25 healthy control group members and 25 professional ballet dancers. Among the ballet dancers, 24% were male, with a mean age of 30.12 ± 5.77 years, which was significantly higher than that of the control group. The average professional experience of the ballet dancers was 9.28 ± 5.74 years. No significant difference was observed between healthy individuals and ballet dancers in vHIT tests for both the right and left sides. The SHIMP test also showed no significant difference for either side between the groups.

Conclusion: In addition to these tests in the evaluation of vestibular system in ballet dancers, studies related to VEMP test and computerized dynamic posturography should be conducted, and proprioceptive and visual systems should be evaluated together. Future studies are needed to investigate its potential use as an effective therapy method in vestibular rehabilitation.

Keywords: VHIT, Ballet, SHIMP.

9. KAYNAKLAR

1. Dieterich M, Brandt T. The bilateral central vestibular system: its pathways, functions, and disorders. *Ann N Y Acad Sci.* 2015;1343:10-26.
2. Tuthill JC, Azim E. Proprioception. *Curr Biol.* 2018;28(5):R194-R203.
3. Maheu M, Behtani L, Nooristani M, Delcenserie A, Champoux F. Enhanced vestibulo-ocular reflex suppression in dancers during passive high-velocity head impulses. *Exp Brain Res.* 2019;237(2):411-6.
4. Oliveira AC, Souza LSH, Daniel CRA, Oliveira PF, Pereira LD. Vestibular System Eletrophysiology: An Analysis of the Relationship between Hearing and Movement. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2022;26(2):e272-e7.
5. van Dooren T, Starkov D, Lucieer F, Dobbels B, Janssen M, Guinand N, et al. Suppression Head Impulse Test (SHIMP) versus Head Impulse Test (HIMP) When Diagnosing Bilateral Vestibulopathy. *J Clin Med.* 2022;11(9).
6. The Royal Academy of Dance (RAD) 2016 [Available from: <http://www.dancevillage.com/en/dance-methods/royal-academy-dance.php>.
7. Homans J. *Apollo's angels*: Random House; 2010.
8. Brockett OG, Ball RJ. *The Essential Theatre, Enhanced*: Cengage Learning; 2013.
9. Kiel J, Kaiser K. Stress Reaction and Fractures. *StatPearls.* Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Kimberly Kaiser declares no relevant financial relationships with ineligible companies.2024.
10. Yasui Y, Hannon CP, Hurley E, Kennedy JG. Posterior ankle impingement syndrome: A systematic four-stage approach. *World J Orthop.* 2016;7(10):657-63.
11. Wewege MA, Ward RE. Bone mineral density in pre-professional female ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2018;21(8):783-8.
12. Arcelus J, Witcomb GL, Mitchell A. Prevalence of eating disorders amongst dancers: a systemic review and meta-analysis. *Eur Eat Disord Rev.* 2014;22(2):92-101.

13. Michalska J, Kamieniarz A, Fredyk A, Bacik B, Juras G, Slomka KJ. Effect of expertise in ballet dance on static and functional balance. *Gait Posture*. 2018;64:68-74.
14. Horak FB, Macpherson JMCp. Postural orientation and equilibrium. 1996;255-92.
15. Woodhull A, Maltrud K, Mello BJEjoap, physiology o. Alignment of the human body in standing. 1985;54:109-15.
16. Nardone A, Turcato AM. An Overview of the Physiology and Pathophysiology of Postural Control. In: Sandrini G, Homberg V, Saltuari L, Smania N, Pedrocchi A, editors. *Advanced Technologies for the Rehabilitation of Gait and Balance Disorders*. Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 3-28.
17. Straube A, Paulus W, Brandt TJBBR. Influence of visual blur on object-motion detection, self-motion detection and postural balance. 1990;40(1):1-6.
18. Ciuman RR. Stria vascularis and vestibular dark cells: characterisation of main structures responsible for inner-ear homeostasis, and their pathophysiological relations. *J Laryngol Otol*. 2009;123(2):151-62.
19. Fritzsche B, Straka H. Evolution of vertebrate mechanosensory hair cells and inner ears: toward identifying stimuli that select mutation driven altered morphologies. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*. 2014;200(1):5-18.
20. Ciuman RR. Auditory and vestibular hair cell stereocilia: relationship between functionality and inner ear disease. *J Laryngol Otol*. 2011;125(10):991-1003.
21. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32(3):437-43.
22. Kingma H, van de Berg R. Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system. *Handb Clin Neurol*. 2016;137:1-16.
23. Ekdale EG. Form and function of the mammalian inner ear. *J Anat*. 2016;228(2):324-37.
24. Zhang K, Wang F, Zhang Y, Li M, Shi X. [Anatomic investigation of the labyrinthine artery]. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi*. 2002;37(2):103-5.

25. Aslan A. Temporal Kemik Anatomi. Önerci M, editor2021.
26. Johnson Chacko L, Schmidbauer DT, Handschuh S, Reka A, Fritscher KD, Raudaschl P, et al. Analysis of Vestibular Labyrinthine Geometry and Variation in the Human Temporal Bone. *Front Neurosci.* 2018;12:107.
27. O'Reilly R, Grindle C, Zwicky EF, Morlet T. Development of the vestibular system and balance function: differential diagnosis in the pediatric population. *Otolaryngol Clin North Am.* 2011;44(2):251-71, vii.
28. Hitier M, Besnard S, Smith PF. Vestibular pathways involved in cognition. *Front Integr Neurosci.* 2014;8:59.
29. Zalewski CK. Aging of the Human Vestibular System. *Semin Hear.* 2015;36(3):175-96.
30. Crawford JD, Vilis T. Axes of eye rotation and Listing's law during rotations of the head. *J Neurophysiol.* 1991;65(3):407-23.
31. Stanton M, Freeman AM. Vertigo. *StatPearls. Treasure Island (FL)2024.*
32. Simakurthy S, Tripathy K. Oculovestibular Reflex. *StatPearls. Treasure Island (FL) 2024.*
33. Manzoni D. Vestibulo-spinal Reflexes. In: Binder MD, Hirokawa N, Windhorst U, editors. *Encyclopedia of Neuroscience.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 4245-50.
34. Peterson BW, Boyle RD. Vestibulocollic Reflexes. In: Highstein SM, Fay RR, Popper AN, editors. *The Vestibular System.* New York, NY: Springer New York; 2004. p. 343-74.
35. Casale J, Browne T, Murray IV, Gupta G. Physiology, Vestibular System. *StatPearls. Treasure Island (FL)2024.*
36. Murphy KA, Anilkumar AC. Caloric Testing. *StatPearls. Treasure Island (FL) 2024.*
37. Starkov D, Strupp M, Pleshkov M, Kingma H, van de Berg R. Diagnosing vestibular hypofunction: an update. *J Neurol.* 2021;268(1):377-85.
38. Koenen L, Andalaro C. Meniere Disease. *StatPearls. Treasure Island (FL)2024.*
39. Strupp M, Brandt T. [Diagnosis and current therapy of vestibular syndromes]. *Dtsch Med Wochenschr.* 2016;141(23):1698-710.

40. Zheng JL, Gao WQ. Differential damage to auditory neurons and hair cells by ototoxins and neuroprotection by specific neurotrophins in rat cochlear organotypic cultures. *Eur J Neurosci*. 1996;8(9):1897-905.
41. Jackler RK, Whinney DJO, neurotology. A century of eighth nerve surgery. 2001;22(3):401-16.
42. Cowthorne TJJCSP. The physiological basis for head exercise. 1944;30:106-7.
43. Huy P, Charfi S, editors. Physiological bases and practices in vestibular rehabilitation. *Annales D'oto-laryngologie et de Chirurgie Cervico Faciale: Bulletin de la Societe D'oto-laryngologie des Hopitaux de Paris*; 2008.
44. David EK, Stephen WP, Jose VR, Mara W-RJOH, Surgery N. Vestibular rehabilitation: useful but not universally so. 2003;128(2):240-50.
45. Lacour MJCMr, opinion. Restoration of vestibular function: basic aspects and practical advances for rehabilitation. 2006;22(9):1651-9.
46. Şaman ŞÖ. Semazenlerde Vhit Ve Vng Bulgularının Değerlendirilmesi. Konya: KTO Karatay Üniversitesi; 2019.
47. Kökten N. KS, İncesulu A., Kalcioğlu M. T. Semisirküler kanalların fonksiyonlarının değerlendirilmesinde yeni, objektif bir test: Video baş savurma testi ile ilgili bir derleme. *Kulak Burun Bogaz İhtisas Dergisi*. 2017;27(5):241-50.
48. Türkcan A. Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo Hastalarında Repozisyon Manevraları Öncesi Ve Sonrasındaki Video Head İmpulse Test Bulgularının Değerlendirilmesi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi; 2019.
49. Snow JB, Wackym, P. A., & Ballenger, J. J. . Ballenger's otorhinolaryngology: Head and neck surgery. Shelton C, editor. House/B C Decker: People's Medical Pub; 2009.
50. Karakol SN. Sağlıklı Yetişkin Bireylerde Suppression Head Impulse Paradigm (SHIMP) Yönteminin Geleneksel Head Impulse Test (HIMP) Yöntemiyle Karşılaştırılması. Konya: KTO Karatay Üniversitesi; 2020.
51. Mitchell MB, Bhattacharyya N. Balance Disorder Trends in US Adults 2008-2016: Epidemiology and Functional Impact. *OTO Open*. 2023;7(2):e58.

52. Janura M, Prochazkova M, Svoboda Z, Bizovska L, Jandova S, Konecny P. Standing balance of professional ballet dancers and non-dancers under different conditions. PLoS One. 2019;14(10):e0224145.
53. Janura M, Procházková M, Svoboda Z, Bizovská L, Jandová S, Konečný P. Standing balance of professional ballet dancers and non-dancers under different conditions. PLOS ONE. 2019;14(10):e0224145.
54. Türkcan A. Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo Hastalarında Repozisyon Manevraları Öncesi Ve Sonrasındaki Video Head İmpulse Test Bulgularının Değerlendirilmesi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi; 2019.
55. B. K. Sağlıklı Yetiğkin Bireylerde Video Head Impuls Testi'nin (vHIT) Normal Değerlerinin Belirlenmesi. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2015.
56. Dikmen B. Sağlıklı Yetişkin Bireylerde Suppression Head Impulse Test(Shimp) Normal Değerleri. Antalya: Akdeniz Üniversitesi; 2019.
57. Chen F, Chen Z, Zhang Y, Wei X, Zhao H, Hu J, et al. Association Analysis of HIMP and SHIMP Quantitative Parameters in Patients With Vestibular Neuritis and Healthy Participants. Front Neurol. 2021;12:748990.
58. Hanggi J, Koeneke S, Bezzola L, Jancke L. Structural neuroplasticity in the sensorimotor network of professional female ballet dancers. Hum Brain Mapp. 2010;31(8):1196-206.
59. Hummel N, Hufner K, Stephan T, Linn J, Kremmyda O, Brandt T, et al. Vestibular loss and balance training cause similar changes in human cerebral white matter fractional anisotropy. PLoS One. 2014;9(4):e95666.
60. Dordevic M, Schrader R, Taubert M, Muller P, Hokelmann A, Muller NG. Vestibulo-Hippocampal Function Is Enhanced and Brain Structure Altered in Professional Ballet Dancers. Front Integr Neurosci. 2018;12:50.
61. Rogge AK, Roder B, Zech A, Hotting K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. Neuroimage. 2018;179:471-9.