T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GENÇ ERİŞKİNLERDE STATİK VE DİNAMİK SANAL İŞİTSEL SAHNELERİN POSTÜRAL STABİLİTEYE ETKİSİ

TALHA ÇÖGEN

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ EYYUP KARA

ODYOLOJİ ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ, DİL VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL-2020

TEZ ONAYI

Bu çalışma 08.09.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Odyoloji Anabilim Dalı, Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Tezli Yüksek Lisans Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

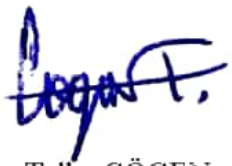
Dr.Öğr.Üyesi Eyyup KARA
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Sağlık Bilimleri Fakültesi

Prof. Dr. Ahmet ATAŞ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Doç. Dr. Ömer Necati DEVELİOĞLU
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Hamidiye Tıp Fakültesi

BEYAN

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



Talha ÇÖGEN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım, eğitim hayatım ve klinik süreçlerimde daima engin bilgilerinden faydalandığım, vakit gözetmeksizin her zaman desteğini sunan tez danışmanım ve kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Eyyup KARA'ya,

Eğitim ve çalışma hayatım boyunca bilgilerinden ve desteklerinden daima faydalandığım kıymetli bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Ahmet ATAŞ'a,

Beni bilimsel çalışma yapma isteğiyle akademiye bağlayan, daima bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, desteğini her zaman hissettiğim Sayın Dr. Ody. Selma YILAR'a,

Eğitim hayatımda ve klinik yaşantımda bilgi ve tecrübelerinden daima faydalandığım Sayın Dr. Ody. Halide KARA'ya,

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Hastanesi KBB Odyoloji Bölümü'nün kıymetli çalışanlarına,

Maddi ve manevi destekleri ile yetişmemde büyük emekleri olan canım aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI ..... İİ
BEYAN ..... İİİ
TEŞEKKÜR ..... İV
İÇİNDEKİLER V
TABLOLAR LİSTESİ ..... Vİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... Vİİİ
KISALTMALAR LİSTESİ ..... İX
ÖZET X
ABSTRACT ..... Xİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 2
2.1. Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi 2
2.1.1. Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi 2
2.1.2. Santral Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi 8
2.2. Vestibüler Refleksler 10
2.2.1. Vestibulo – Oküler Refleks (VOR) 10
2.2.2. Vestibulo – Spinal Refleks 12
2.3. Vestibüler Kortikal Merkezler 13
2.4. Denge Sisteminin Değerlendirilmesi 14
2.4.1. Yatak Başı Muayene Yöntemleri 14
2.4.2. Sensör (Duyu) Organizasyon Testi (SOT/DOT) 17
2.5. Denge ve Ses 23
3. GEREÇ VE YÖNTEM 26
3.1. Katılımcılar 26
3.2. Yöntem 27
3.2.1. Akustik İmmitansmetrik Ölçümler 27
3.2.2. Saf Ses Odyometri ve Konuşma Odyometrisi 27
3.2.3. Yatak Başı Muayene Testleri 29
3.2.4. Bilgisayarlı Dinamik Postürografi 29
3.2.4.1. Uyaranların Oluşturulması 31
3.2.4.2. Uyaranların Uygulanması ve Kalibrasyonu 33

3.2.4.3. Deney Düzeneği 33
3.2.5. Verilerin İşlenmesi ve İstatistiksel Analiz 34
3.2.5.1. Verilerin işlenmesi 34
3.2.5.2. İstatistiksel analiz 36
4. BULGULAR 37
4.1. Demografik Bilgiler 37
4.2. Akustik İmmitansmetrik Ölçümler ve Saf Ses-Konuşma Odyometrisi 37
4.3. Yatak Başı Muayene Testleri 38
4.4. SOT (DOT) Bulguları 38
4.4.1. Sessiz Durum SOT Bulguları 38
4.4.2. Farklı Modalitelerde Denge Skoru Karşılaştırması 39
4.4.3. Sensör Analiz Bulguları 41
4.4.4. Farklı Modalitelerde Salınım Miktarları Karşılaştırması 43
4.4.5. Farklı Modalitelerde Salınım Amplitütleri Karşılaştırması 44
4.4.6. Dinamik Uyaranlara Verilen Tepkilerin Karşılaştırılması 47
5. TARTIŞMA 49
KAYNAKLAR 56
FORMLAR 65
ETİK KURUL KARARI 67
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 68
ÖZGEÇMİŞ 69

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1: Sensör analiz değerlendirmesi ve hesaplamaları 21
Tablo 3-1: Çalışmaya dahil edilme ve çalışmadan dışlama kriterleri. 26
Tablo 4-1: Katılımcılara ait tanımlayıcı bilgiler. 37
Tablo 4-2: Sessiz durumda yapılan SOT'ların denge skoru tanımlayıcı bulguları ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 38
Tablo 4-3: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların denge skoru tanımlayıcı bulguları. 39
Tablo 4-4: Tüm testler ve durumlar için denge skorlarının istatistiksel kaşılaştırılması. 40
Tablo 4-5: Tüm seanslar için kompozit denge skorlarının istatistiksel kaşılaştırılması. 40
Tablo 4-6: Sessiz durumda yapılan SOT'ların sensör analiz tanımlayıcı bulguları ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 41
Tablo 4-7: Tüm seanslara ait sensör analiz tanımlayıcı bulguları. 42
Tablo 4-8: Tüm seanslara ait sensör analiz bulgularının istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 42
Tablo 4-9: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım miktarlarının tanımlayıcı bulguları. 43
Tablo 4-10: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım miktarlarının tanımlayıcı bulguları. 44
Tablo 4-11: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları. 45
Tablo 4-12: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları. 45
Tablo 4-13: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım amplitütlerinin istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 46
Tablo 4-14: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım amplitütlerinin istatistiksel karşılaştırma sonuçları. 47
Tablo 4-15: Dinamik uyaran varlığında katılımcıların uyarana karşı tepki sürelerinin, tüm durumlar için, tanımlayıcı bulguları. 47
Tablo 4-16: Dinamik uyaran varlığında katılımcıların uyarana verdikleri tepkilerin, tüm durumlar için, yüzdesel dağılımı. 48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: İç kulak anatomisi 3
Şekil 2-2: SSK'lerin açısal konumlanması 4
Şekil 2-3: Ampulla ve kupulanın yapısı 5
Şekil 2-4: Utrikül ve sakkül organizasyonu 6
Şekil 2-5: Vestibüler labirentin kanlanması 7
Şekil 2-6: Denge sisteminin bileşenleri 8
Şekil 2-7: Vestibüler çekirdekler ve bağlantıları. 9
Şekil 2-8: Sağ SSK'lerden çıkan eksitatör VOR projeksiyonları 11
Şekil 2-9: Vestibüler-kortikal bağlantılar 13
Şekil 2-10: SOT sonucu örneği. 18
Şekil 3-1: GSI TympStar MiddlEar Analyzer. 27
Şekil 3-2: Interacoustics Klinik Odyometre AC40 28
Şekil 3-3: NeuroCom International bilgisayarlı dinamik postürografi sistemi 30
Şekil 3-4: Statik sanal işitsel sahnede kullanılan kokteyl parti gürültüsü 31
Şekil 3-5: Dinamik sanal işitsel sahnede kullanılan araç sesinin işlenmemiş formatı 31
Şekil 3-6: Dinamik sanal işitsel sahnede kullanılan araç sesi örneği 32
Şekil 3-7: CIPIC HRTF veritabanı horizontal plan ITD ve ILD verileri 32
Şekil 3-8: Teorik ağırlık merkezi değişim parametreleri 34
Şekil 3-9: Ağırlık merkezinin, zamana bağlı, açısal değişim grafiği 35

KISALTMALAR LİSTESİ

AICA : Anterior Inferior Cerebellar Arter
BDP : Bilgisayarlı Dinamik Postürografi
CIPIC : Center for Image Processing and Integrated Computing
DOT : Duyu Organizasyon Testi
DS : Denge Skoru
HL : Hearing Level
HRTF : Head Related Transfer Function
IAC : Industrial Acoustic Company
ILD : Kulaklar Arası Şiddet Farkı
ITD : Kulaklar Arası Zaman Farkı
KDS : Kompozit Denge Skoru
LVST : Lateral Vestibulospinal Trakt
MCL : Most Comfortable Level
MLF : Medial Longitudinal Fasikulus
ms : Milisaniye
MVST : Medial Vestibulospinal Trakt
PIVC : Parietal Insular Vestibüler Korteks
PREF : Vizüel Tercih
SDS : Speech Discrimination Score
SL : Sensation Level
SLM : Sound Level Meter
SOM : Somatosensör
SOT : Sensör Organizasyon Testi
SPL : Sound Pressure Level
SRT : Speech Reception Threshold
SSK : Semisirküler Kanal
UCL : Uncomfortable Loudness Level
VEST : Vestibüler
VIS : Vizüel
VOR : Vestibulo – Oküler Refleks
VSR : Vestibulo – Spinal Refleks

ÖZET

Çögen, T. (2020). Genç Erişkinlerde Statik ve Dinamik Sanal İşitsel Sahnelerin Postüral Stabiliteye Etkisi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Odyoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Amaç: Çalışmamızda statik ve dinamik sanal işitsel sahnelerde kompleks seslerin normal genç erişkin bireylerin postüral kontrolüne etkisini araştırmak amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Normal işitmeye ve orta kulak fonksiyonuna sahip, herhangi bir denge problemi olmayan 27 genç erişkin çalışmamıza dahil edilmiştir. Katılımcılara 3 ayrı seansta sessiz, statik kokteyl parti gürültüsü ve dinamik araç gürültüsü varlığında bilgisayarlı dinamik postürografi (BDP) sistemi içinde yer alan sensör organizasyon testi (SOT) uygulanmıştır. Elde edilen ham basınç verileri kullanılarak ağırlık merkezinin açısal değişimleri hesaplanmış ve farklı durumlar için karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Statik ve dinamik uyaranların tüm SOT durumlarında denge skorlarını (DS) azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca statik ve dinamik uyaranların vestibüler girdiyi kullanma beceresini kötüleştirirken, statik uyaranların somatosensör girdiyi kullanma becerisini iyileştirdiği saptanmıştır. Statik ve dinamik uyaranların öne-arkaya salınımları artırdığı, horizontal planda hareket eden dinamik uyaranların ise sağa-sola salınımları azalttığı belirlenmiştir. Katılımcıların çoğunda dinamik uyaranın başlangıcı sesten uzaklaşacak şekilde postüral salınımı tetiklemiştir. Oluşan tepkiler için geçen süre ise ortalama 5,92 ± 3,86 milisaniye (ms) olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: İşitsel girdiler özellikle zor durumlarda vestibüler girdilerin kullanımını ve postüral kontrolü olumsuz etkilemektedir. Statik gürültülerin somatosensör girdi kullanımını ve dinamik işitsel girdilerin kendi eksenlerinde salınımları azaltması, bu uyaranların özellikle vestibüler patolojisi olan hastalarda rehabilitasyonda kullanılabileceğini göstermektedir. Dinamik uyaranların başlangıcına oluşturulan tepkinin refleksif yanıtlardan oluştuğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Denge, multisensör entegrasyon, postürografi, spatial işitme, vestibüler.

ABSTRACT

Çögen, T. (2020). Effects of Static and Dynamic Virtual Auditory Scenes on Postural Stability in Young Adults. İstanbul University-Cerrahpasa, Institute of Graduate Studies, Department of Audiology. Master's Thesis. İstanbul.

Objective: We aimed to investigate the effect of complex sounds in static and dynamic virtual auditory scenes on postural control of normal young adults.

Materials and Methods: 27 young adults with normal hearing and middle ear function, and, without any balance problems were included in our study. The sensory organization test (SOT) in the computerized dynamic posturography system was applied to the participants in 3 separate sessions, without auditory stimulus and then with the presence of static and dynamic auditory stimulus, respectively. Angular variations of the center of gravity were calculated using the raw pressure data obtained from each trial and compared for different situations.

Results: Static and dynamic stimuli seemed to reduce equilibrium scores in all SOT conditions. Also, static, and dynamic stimuli worsened the vestibular ratio, while static stimuli improved the somatosensory ratio. Static and dynamic stimuli appear to increase front-to-back sway, and dynamic stimuli (moving in the horizontal plane) decrease the right-to-left sway. In most participants, the onset of the dynamic stimulus triggered postural sway, away from the sound. The average response time to the onset of dynamic stimuli was calculated as 5.92 ± 3.86 milliseconds.

Conclusion: Auditory inputs adversely affect the postural control and the use of vestibular inputs. The effect of static and dynamic stimuli on balance shows that it can be used in rehabilitation especially in patients with vestibular pathology. The response to the onset of dynamic stimuli is thought to consist of reflexive responses.

Key Words: Balance, multisensory integration, posturography, spatial hearing, vestibular.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Denge; multisensör girdiler ile motor ve biyomekanik çıktıların koordineli faaliyetlerini içeren karmaşık bir süreçtir (Nashner, 2016a). Dengenin sağlanmasında temel olarak vizüel, proprioseptif ve vestibüler olmak üzere üç sistem görev alır (Lee, 2012). Bu sistemlerin herhangi birinde meydana gelen bir bozukluk, postüral kontrolü olumsuz etkilemektedir.

İşitme ve denge sistemi arasında anatomik bağlantıların bulunduğu (Oort, 1918) ve işitsel girdilerin denge üzerine etkilerinin olduğu bilinmektedir (Tullio, 1929). Son yıllarda birçok çalışmada işitsel uyaranların denge sisteminde oluşturduğu postüral cevaplar araştırılmıştır (Bensel ve ark., 1968; Raper ve Soames, 1991; Rumalla ve ark., 2015; Vitkovic ve ark., 2016, Guigou ve ark, 2018; Seiwerth ve ark., 2020).

Denge sisteminin değerlendirilmesinde objektif ve subjektif test yöntemleri kullanılmaktadır. Postürografi sistemleri postüral kontrolü değerlendiren objektif bir sistemdir (Herdman ve Hall, 2004). Bilgisayarlı dinamik postürografi (BDP), günlük yaşamda karşılaşılan koşulları etkili bir şekilde simüle eden çeşitli görevler altında denge işlevini değerlendirmektedir. Test protokolleri, dengeye katkıda bulunan temel duyusal, motor ve biyomekanik bileşenleri izole etmek ve hastanın bu bileşenleri tek başına ve dengeyi korumak için birlikte kullanma yeteneğini analiz etmek için tasarlanmıştır (Nashner, 2016b). İşitsel ve vestibüler girdilerin entegrasyonunu değerlendirmek amacıyla birçok çalışmada postürografi sistemleri kullanılmaktadır (Agaevea ve Altman, 2005; Gandemer ve ark., 2014; Gago ve ark., 2015; Gandemer ve ark., 2016; Maheu ve ark., 2019).

Literatürde statik ve dinamik (hareket eden) seslerin dengeye etkilerini ele alan çalışmalar mevcuttur. Ayrıca günlük hayatta bulunan statik ve dinamik sesleri birlikte ele alarak etkilerini karşılaştıran çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Lubetzky ve ark., 2020). Bu nedenle çalışmamızda statik ve dinamik kompleks seslerin sanal işitsel sahnede normal genç erişkin bireylerin postüral kontrolüne etkisini araştırmak ve farklı durumlarda elde edilen sonuçları karşılaştırmak amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Denge; çoklu duyu, motor ve biyomekanik bileşenlerin koordineli faaliyetlerini içeren karmaşık bir süreçtir. Denge hareketleri ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin hareketlerini içerir, bunlar ayak bileği, kalça ve alt gövde kaslarının koordineli eylemleri tarafından kontrol edilir (Nashner, 2016a).

Denge sistemi temelde:

1) Baş hareketleri sırasında görüntüyü foveada sabit tutar,

2) Statik ve dinamik koşullarda, yer çekimi varlığında postüral kontrolü sağlar,

3) Baş pozisyonunu kontrol eder (Ardıç, 2019).

Vestibüler sistem, kişinin dengesini korumak için önemlidir. Vestibüler, vizüel, somatosensör ve serebellar sistemlerin nöral aktivitesinin entegrasyonu, hareket ederken dik bir postür sürdürmeye, koordineli karmaşık hareketler gerçekleştirmeye ve görsel hedefi sabit tutmaya olanak tanır (Kramer ve Brown, 2019).

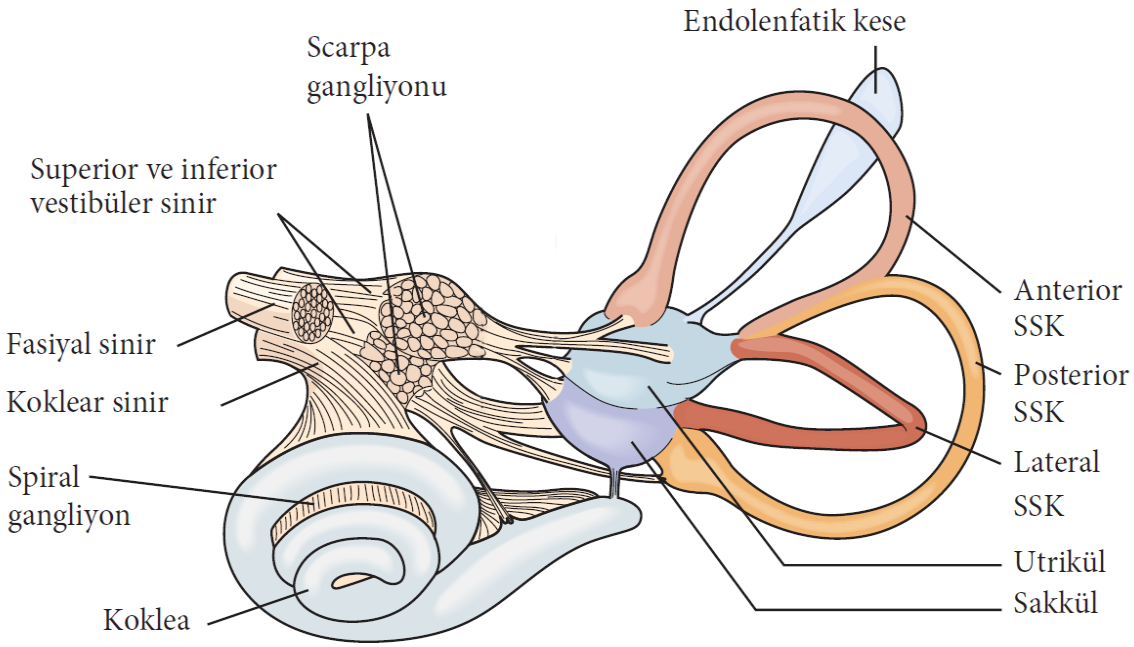
Vestibüler sistem, hareket sırasında, görüntünün fovea üzerinde sabitlenmesi ve postüral kontrolün sağlanması için başın hareketlerini algılamaktan sorumludur. Normal çalıştığında, iç kulaktaki vestibüler reseptörler, baş hareketlerini, inanılmaz bir hassasiyetle, üç boyutta temsil eder. Bu bilgi daha sonra santral vestibüler yollar tarafından vestibüler sistemin aracılık ettiği refleksleri ve algıları kontrol etmek için kullanılır (Schubert ve Shepard, 2016).

2.1. Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi

2.1.1. Periferik Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi

Periferik vestibüler aparat, her türlü hareketle uyarılan eşleşmiş sensör çiftlerinden oluşur ve her sensör spesifik hareketlerden sorumludur (Desmond, 2004). Temporal kemiğin petröz parçası içerisinde yer alan periferik vestibüler sistem, kemik ve membranöz labirentten oluşmaktadır (Piker ve Garrison, 2015).

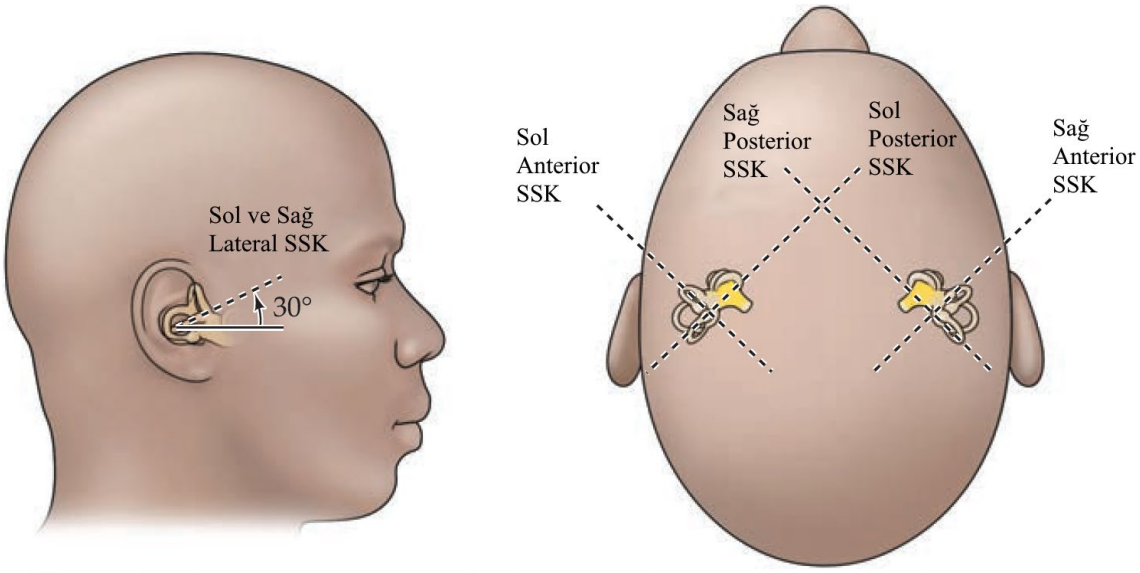
Kemik labirent, üç semisirküler kanal (SSK), koklea ve vestibülden oluşmaktadır (Şekil 2-1). Bu labirent, Na^+ (sodyum) yönünden zengin perilenfatik sıvı ile doludur. Membranöz labirent, üç SSK ve iki otolitik organ (utrikül ve sakkül) olmak üzere beş vestibüler sensör organdan oluşmaktadır. Bu labirent, K^+ (potasyum) yönünden zengin endolenfatik sıvı ile doludur (Hain ve Helminski, 2014).



Şekil 2-1: İç kulak anatomisi (Goldberg ve ark., 2013).

Semisirküler Kanallar: Anterior (superior), lateral (horizontal) ve posterior (inferior) olmak üzere her bir temporal kemikte üç SSK bulunmaktadır. SSK'ler birbirleriyle 90 derecelik açı oluşturacak şekilde konumlanmıştır. Lateral SSK horizontal düzlemde 30 derecelik, anterior ve posterior SSK ise sagittal düzlemde 45 derecelik açı ile yerleşmiştir (Albernaz ve ark., 2019).

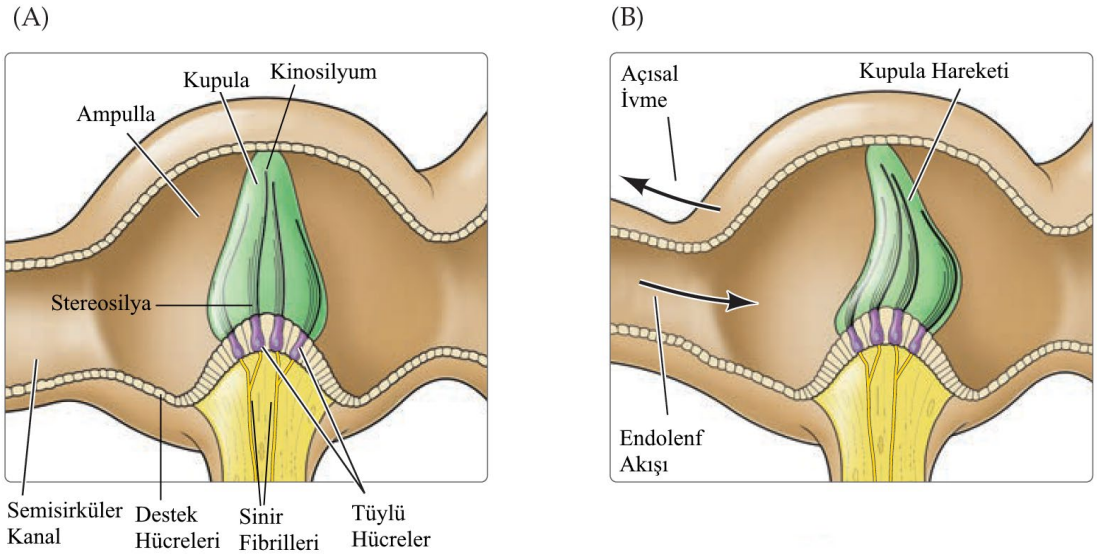
Normal bir sistemde, başın her iki tarafındaki SSK'ler fonksiyonel çiftler halinde birlikte çalışır (Şekil 2-2). Birinci çifti, sağ ve sol taraftaki lateral SSK; ikinci çifti, sol taraftaki anterior SSK ve sağ taraftaki posterior SSK; üçüncü çifti, sol taraftaki posterior SSK ve sağ taraftaki anterior SSK oluşturmaktadır (Kramer ve Brown, 2019).



Şekil 2-2: SSK'lerin açısal konumlanması (Purves ve ark., 2018).

SSK'lerin utriküle komşu olan açıklıkları daha geniştir ve bu genişlemeler ampulla olarak adlandırılmaktadır. Ampulla içerisinde krista ve krista üzerinde kupula adı verilen jelatinöz bir membran ile dizili olarak yerleşmiş tüylü hücreler yer almaktadır. Tüylü hücrelerin tüyleri stereosilya olarak adlandırılırken, en uzun tüye kinosilyum adı verilir ve her hücrenin yüzeyinde 40-70 arasında stereosilya ile 1 tane kinosilyum bulunmaktadır.

Stereosilyalar ile kinosilyum arasında destek hücreleri vardır. Stereosilyaların kinosilyuma doğru bükülmesi durumunda tüylü hücrelerde depolarizasyon meydana gelerek vestibüler sinir liflerinde uyarı artışına yol açar; stereosilyaların kinosilyuma doğru değil de ters yöne doğru doğru bükülmesi durumunda ise tüylü hücrelerde hiperpolarizasyon oluşarak vestibüler sinir liflerinde uyarı azalması meydana gelir (Güneri, 2016a). Ampullanın istirahat ve depolarizasyon durumunda anatomisi Şekil 2-3'te gösterilmiştir.



Şekil 2-3: Ampulla ve kupulanın yapısı (Purves ve ark., 2018).

(A) açısal ivme olmadan kupula pozisyonu. (B) Açısal ivme sırasında kupulanın durumu.

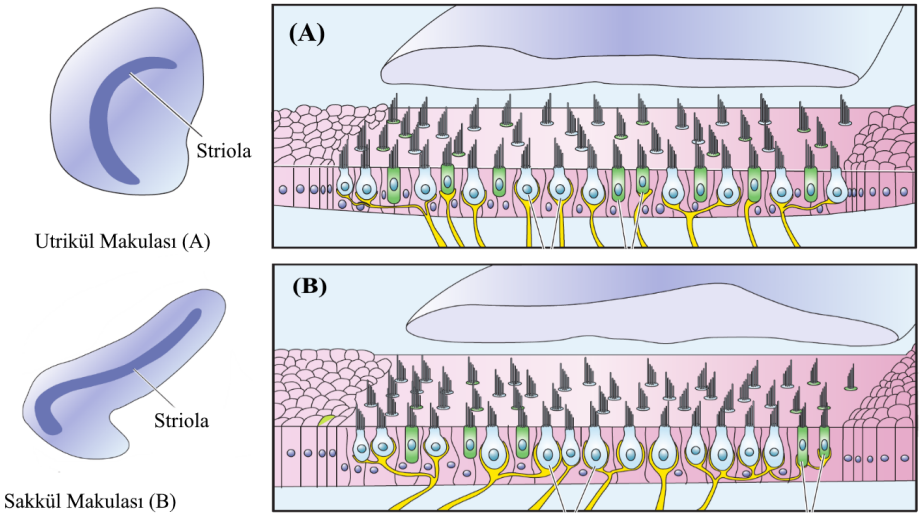
Endolenf hareketlerinin gerçekleştiği SSK'lerin düzlemi, endolenf akışının yönü ve bu faktörlerle göz hareketleri arasındaki ilişki Ewald kanunları ile açıklanmıştır. Ewald kanunlarına göre;

1) Başın açısal rotasyonu ile ortaya çıkan nistagmusun yönü uyarılan SSK'nin düzlemindedir.
2) Lateral SSK'ler için ampullopedal (ampullaya doğru olan hareket) akım, ampullofugal (ampulladan uzaklaşır yönde olan hareket) akıma göre daha büyük yanıtlar oluşturur.
3) Anterior ve posterior SSK için etkili akım ampullofugal akım ampullapedal akıma göre daha büyük yanıtlar oluşturur (Fife, 2010).

Otolitik Organlar: Başın, üç eksende doğrusal hızlanmasını ve yer çekimine göre konumunu algılayarak, başın eğiminin tespit edilmesinde otolitik organlar görev almaktadır. Sakkül ve utrikül, membranöz labirentin otolitik organlarını oluşturmaktadır. Utrikül yatay doğrusal ivmeye tepki verirken, sakkül yer çekimi de dahil olmak üzere dikey doğrusal ivmeye tepki verir.

Otolitik organların duyu hücreleri, farklı uzamsal düzlemlerde bulunan makula denilen yapılarda bulunur. Utrikül makulası yaklaşık olarak yatay düzlemde bulunurken, sakkül makulası yaklaşık olarak dikey düzlemde bulunur. Makulanın üzerinde tüylü hücreler yer alır. Tüylü hücrelerin stereosilyaları, jelatinöz bir matrise gömülüdür. Bu tabaka, otokonia adı verilen kalsiyum karbonat kristalleri ($CaCO_3$) ile kaplıdır. Otokonia, jelatinöz matrisin endolenfe göre yoğunluğunu arttırır. Bu durum kupulanın aksine, otolitik organın hem baş pozisyonundaki statik ve yer çekimsel değişikliklere (başın eğimi ve yer çekimi) hem de başın doğrusal ivmesi kaynaklı dinamik değişikliklere yanıt vermesini sağlar.

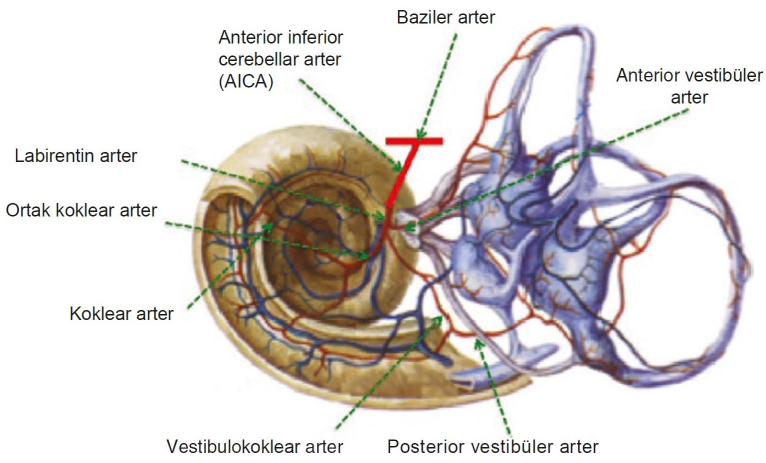
Tek yönde polarize olan krista ampullaris üzerindeki tüylü hücrelerin aksine, otolitik tüy hücreleri, striola adı verilen eğrisel bir eksene dik açılar yaparak birçok yöne polarizedir. Striola, karşıt yönelimli tüylü hücreleri ayırır ve makulalara çift yönlü hassasiyet kazandırır. Otolitlerin cevap verebileceği minimum ve maksimum uyaranlar mevcuttur. Doğrusal olmayan makula şekli, otolitik organların çeşitli baş pozisyonlarında lineer kuvvetleri algılamasına izin verir. Tüm tüylü hücrelerde olduğu gibi, aktivasyon, stereosilyanın kinosilyuma doğru bükülmesi ile meydana gelir. Utrikülde kinosilyumlar striolaya doğru, sakkülde ise kinosilyumlar strioladan uzağa doğru yerleşmiştir (Fife, 2010; Semaan ve ark., 2015; Albernaz ve ark., 2019). Otolitik organlarda striola yerleşimi ve makulaların organizasyonu Şekil 2-4'te gösterilmiştir.



Şekil 2-4: Utrikül ve sakkül organizasyonu (Oghalai ve Brownell, 2020).

Vestibüler Sinir: Vestibüler sinire ait olan bipolar gangliyon hücreleri scarpa gangliyonunda organize olmuştur (Piker ve Garrison, 2015). Superior ve inferior olmak üzere vestibüler sinirin iki dalı bulunmaktadır. Superior vestibüler sinir, anterior ve lateral SSK kristaları, utrikül makulası ve sakkül makulasının anterosuperior kısmından gelen sinir liflerini alır. İnferior vestibüler sinir ise posterior SSK kristası ve sakkül makulasının daha büyük kısmından gelen sinir liflerini alır. Superior ve inferior vestibüler sinir ile koklear sinir vestibulokoklear siniri oluşturur. Vestibulokoklear sinir ve fasial sinir beraber internal akustik kanaldan geçerler (Albernaz ve ark, 2019). Vestibüler sinir, medullaya girerken SSK'den gelen sinir lifleri sinirin rostral yarısında, sakkül ve utrikülden gelen sinir lifleri ise kaudal yarısında kalır (Semaan ve ark., 2015).

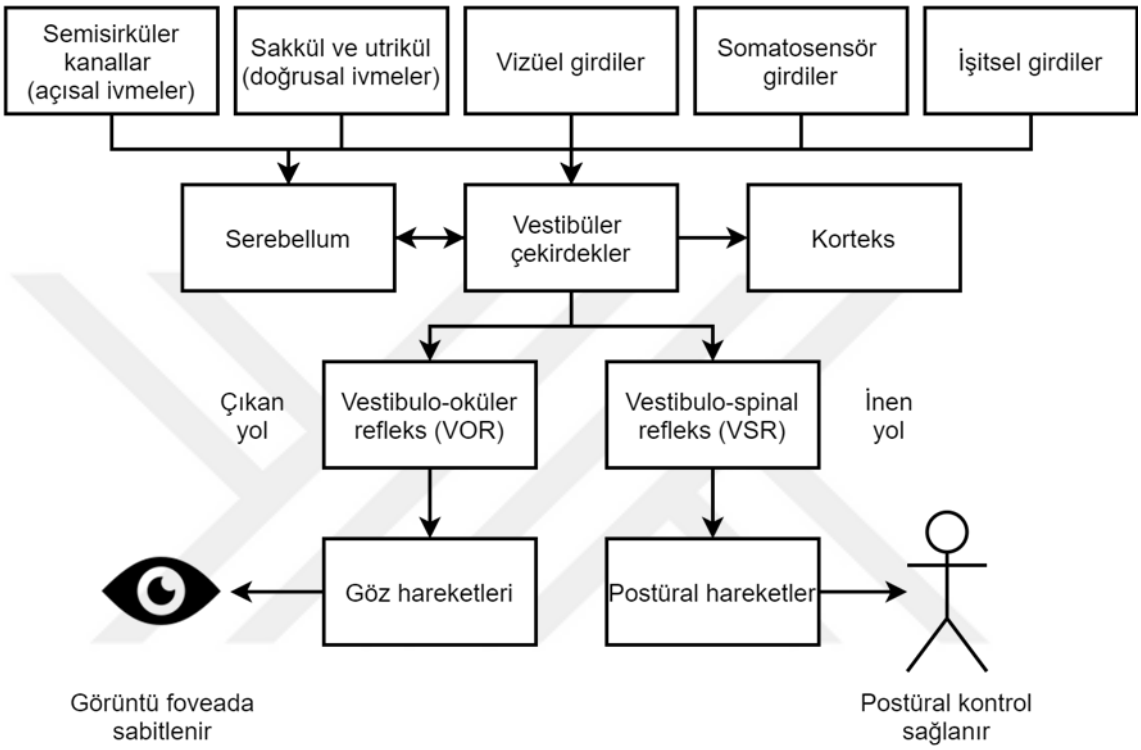
Vestibüler Labirentin Beslenmesi: Vestibüler uç organların beslenmesinde görev alan labirentin arter, anterior inferior cerebellar arter'in (AICA) bir dalıdır ancak baziler arterden de köken alabilir. Labirentin arter, iç kulağa giderken anterior vestibüler arter ve ortak (common) koklear arter dallarına ayrılır. Ortak koklear arter, vestibulokoklear arter olarak ilerler. Vestibulokoklear arter, posterior vestibüler arter dalını oluşturur. Anterior vestibüler arter, lateral ve anterior SSK'yi, utrikülü ve sakkülün küçük bir bölümünü beslerken; posterior vestibüler arter ise posterior SSK'yi ve sakkülün büyük bir bölümünü besler (Piker ve Garrison, 2015). Şekil 2-5'te vestibüler labirenti besleyen yapılar gösterilmiştir.



Şekil 2-5: Vestibüler labirentin kanlanması (Albernaz ve ark., 2019).

2.1.2. Santral Vestibüler Sistem Anatomisi ve Fizyolojisi

Dengenin korunması ve koordine hareketler için birçok sensör ve motor girdinin birleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 2-6'da bu girdiler ve oluşturduğu çıktılar genel hatlarıyla gösterilmiştir.

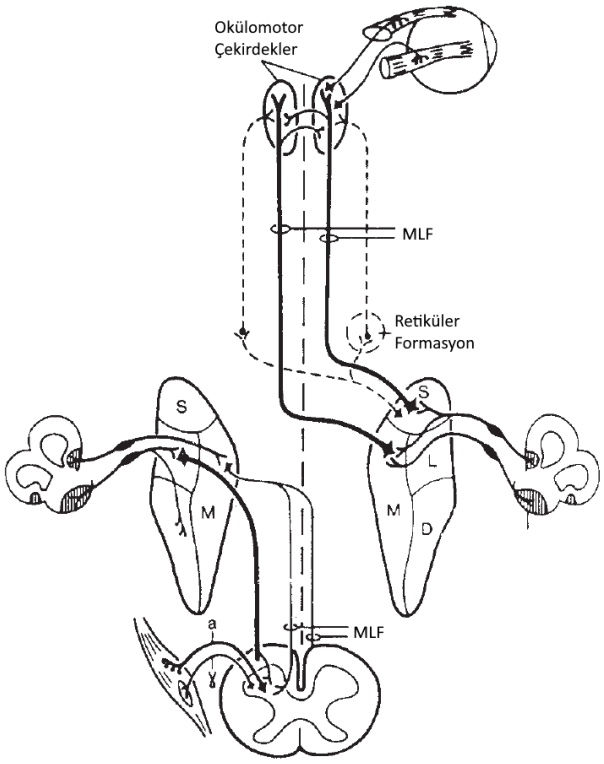


Şekil 2-6: Denge sisteminin bileşenleri (Kramer ve Brown (2019)'dan uyarlandı).

Santral vestibüler bağlantılar, vestibüler labirentten gelen girdilerin yanı sıra somatosensör ve vizüel sistemden gelen girdilerin etkileşimini sağlar (Hain ve Helminski, 2014). Ayrıca, vestibüler çekirdeklerden kortikal merkezlere kadar tüm santral seviyelerde otolit ve SSK girdilerinin birleşmesi söz konusudur (Kingma, 2006).

Vestibüler Çekirdekler: Dördüncü ventrikülde bulunurlar ve ponstan medullaya simetrik iki sütun halinde uzanırlar. Vestibüler girdinin birincil alıcılarıdır. Vestibüler çekirdekler, motor merkezlere aktarılmadan önce vestibüler girdileri işleyen medial, superior, lateral ve inferior olmak üzere dört ana çekirdekten oluşur (Şekil 2-7). Her kulakta, vestibüler sinir doğrudan ipsilateral vestibüler çekirdeğe ve birkaç ara

bağlantıyla kontralateral vestibüler çekirdeğe bağlanır. Serebellum, retiküler formasyon, omurilik ve servikal bağlantılar vestibüler çekirdeğe ek afferent bilgi sağlar. Ayrıca bu alanlara vestibüler çekirdekten efferent girdiler sağlanır (Zaleski-King ve ark., 2019).



Şekil 2-7: Vestibüler çekirdekler ve bağlantıları (Hain ve Helminski, 2014).

Superior vestibüler çekirdek, temelde SSK'lerden vestibulo-oküler reflekse (VOR) bilgi taşır. Afferent lifler esas olarak SSK'lerin kristalarından kaynak alırken, efferent lifler her iki taraftaki medial longitudinal fasikulus (MLF) ve oküler motor çekirdeklere gider (Şekil 2-7). Efferent lifler aynı zamanda serebelluma ve vestibüler komissüre giderler.

Medial vestibüler çekirdek, vestibüler çekirdeklerin en büyüğüdür ve VOR için önemli SSK girdilerini alır. Ayrıca kas tonusunu düzenlemek için vestibüler sinyalleri vestibulospinal sisteme iletir. Örneğin, lateral SSK'den gelen stimülasyon, medial vestibüler çekirdek aracılığıyla, ipsilateral kas tonusunun artmasına ve kontralateral kas tonusunun azalmasına neden olur. Özellikle hızlı veya beklenmedik kafa hareketlerinde önemli yer tutmaktadır.

İnferior vestibüler çekirdek, geniş çapta afferent girdi alır. Aldığı girdileri serebellum, omurilik ve diğer vestibüler çekirdeklere projekte eder. İnferior vestibüler çekirdek, çok çeşitli afferent ve efferent bağlantıları ile vestibüler bilgilerin, vestibüler yapıların birçoğuna entegre edilmesini sağlar.

Lateral vestibüler çekirdek (Deiters çekirdeği), ventral tarafından utriküler ve dorsal tarafından serebellar girdiler alır. Serebellar lifler, serebellar korteks, ipsilateral anterior vermis, fastigial çekirdek, flocculus ve paraflocculustan kaynak alır. Lateral çekirdeğin baskın çıktısı, inen ipsilateral lateral vestibulospinal traktı oluşturur (Fife, 2010).

Serebellum: Yokluğunda vestibüler refleks cevapları ölçüsüz ve etkisiz olarak görülür. Vestibüler afferent girdileri alan serebellum bölümleri vestibuloserebellum olarak isimlendirilir. Fastigial çekirdek ve vermisin büyük bölümü bu bölümde yer almaktadır. Nodulus, VOR süresini ve serebellar flocculus VOR kazancını düzenler. Lateral vestibulospinal ve retikulospinal yola serebellumun orta hat bölgesinden uyarılar gönderilir. Fastigial çekirdekten indirekt, vermisten direkt olarak lateral vestibüler çekirdeklere bağlantılar mevcuttur (Kingma ve Van de Berg, 2016).

2.2. Vestibüler Refleksler

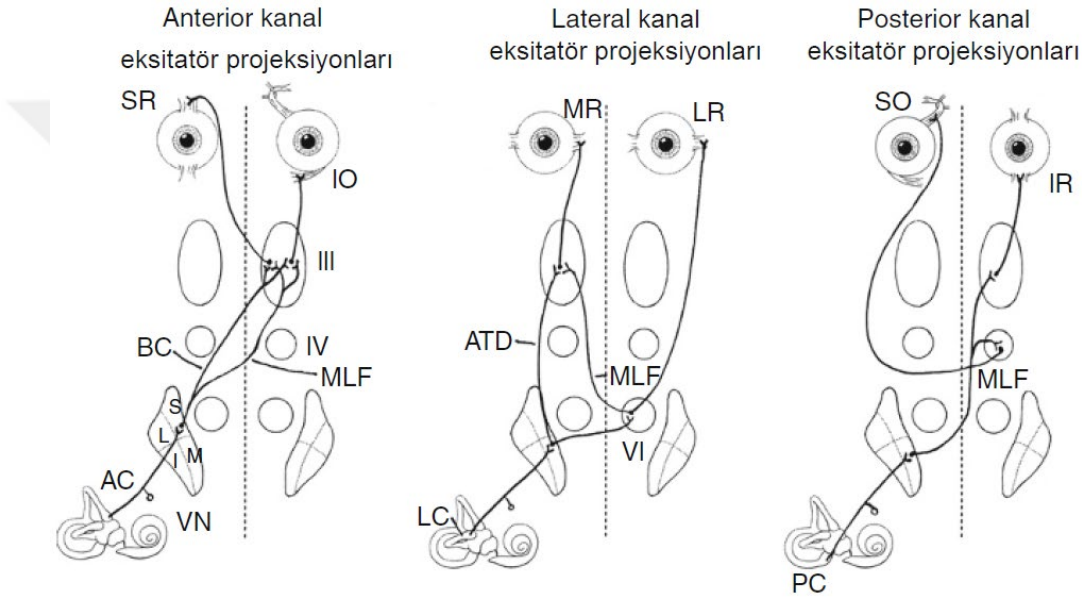
2.2.1. Vestibulo – Oküler Refleks (VOR)

VOR, kısa latanslı göz hareketleri üreterek, baş ve vücut hareketleri sırasında net görüş sağlar. Net görüş görüntünün fovea üzerinde sabitlenmesi ile sağlanır. VOR, bağlantılı olduğu sensör yapılarına göre; otolit-oküler refleksler ve kanal-oküler refleksler olmak üzere iki gruba ayrılır.

Kanal – Oküler Refleks: SSK'lerin ampullasında eksitatör cevap üretilmesi ile başlar. Anterior VOR, posterior VOR ve horizontal VOR olmak üzere SSK kaynaklı 3 kanal-oküler refleks mevcuttur (Fife, 2010).

Örnek olarak, horizontal SSK için VOR, aynı tarafta vestibüler sinirden vestibüler çekirdeğe afferent nöronları uyarır. Her iki taraftaki vestibüler çekirdekten, 6. kranial

sinirin (abducens siniri) kontralateral çekirdeğine ve 3. kranial sinirin (okülomotor sinir) ipsilateral çekirdeğine bağlantılar vardır. Bu bağlantılarla ipsilateral tarafta medial rektus kası (3. kranial sinir yoluyla) ve kontralateral lateral rektus kası (6. kranial sinir yoluyla) kasılır. Bu kasların kasılması ile ipsilateral göz mediale ve kontralateral göz laterale döner. Sonuçta baş hareketine zıt yönde ve aynı büyüklükte göz hareketi üretilmiş olur (Zaleski-King ve ark., 2019). Şekil 2-8'de kanal-oküler reflekslerin eksitatör yolları yer almaktadır.



Şekil 2-8: Sağ SSK'lerden çıkan eksitatör VOR projeksiyonları (Fife, 2010).

SO: superior oblique; IO: inferior oblique; MR: medial rectus; LR: lateral rectus; SR: superior rectus; IR: inferior rectus; AC: anterior SSK; PC: posterior SSK; LC: lateral SSK; MLF: medial longitudinal fasciculus; ATD: Deiters'in çıkan yolu; BC: brakium conjunctivum; VN: vestibüler çekirdekler (M: medial; L: lateral; S: superior; I: inferior); III: okülomotor çekirdek; IV: trochlear çekirdek; VI: abdusens çekirdeği.

Otolit - Oküler Refleks: Kanal-oküler refleksler kadar anlaşılabilmiş değildir. Kaynağının otolit organlar olduğu düşünülmektedir. Otolit düzeltme refleksi ve translasyonel olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Otolit düzeltme refleksi başın tilt (eğilme) hareketleri sırasında gözlerin horizontal planda tutulmasını sağlar. Translasyonel VOR ise başın horizontal ve sagittal planda ivmesi sırasında görüntüyü foveaya sabitler (Fife, 2010).

2.2.2. Vestibulo – Spinal Refleks

Vestibulospinal refleks (VSR), postüral stabilitenin korunmasında önemli bir role sahiptir. VSR'de, vizüel ve somatosensör girdiler, vücudun dış ortama göre konumunu korumak için VSR'den gelen bilgilerle entegre edilmektedir. VSR, medial ve lateral vestibulospinal traktlara ek olarak retikülospinal trakttan oluşur (Zaleski-King ve ark., 2019).

Medial vestibulospinal trakt (MVST) esas olarak kontralateral bir yoldur. SSK'lerden gelen stimülasyonlara üretilen yanıtlar, medial vestibüler çekirdek yoluyla MVST'yi oluşturur. Bu yol MLF boyunca iki taraflı olarak iner ve midtorasik omurilik civarında sonlanır. MVST'nin boyun ve omuz kaslarını kontrol ederek baş pozisyonu ayarladığı düşünülmektedir. Boyun kaslarından baş pozisyonunu kontrol eden bir başka refleks de vestibulokolik reflekstir. Vestibulokolik refleks, vestibüler reseptörlerin aktivasyonu ile başın mevcut hızına karşı yönde baş hareketi tetikleyerek, başı stabilize eder (Hain ve Helminski, 2014).

Başın yaw rotasyonu tipik olarak SSK aktivasyonunun medial vestibüler çekirdeklerden geçerek vestibulokolik innervasyonu başlatır. Bu uyarım MLF'den omuriliğin üst servikal seviyelerine iner (Purves ve ark., 2018).

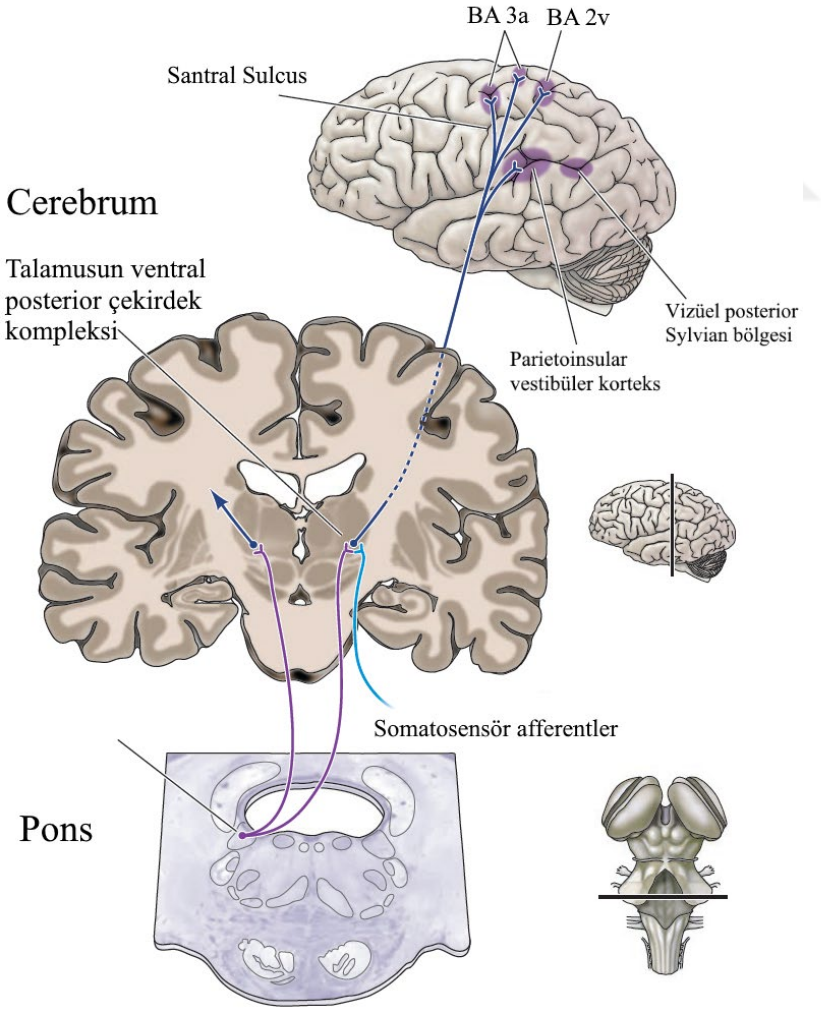
Lateral vestibulospinal trakt (LVST), lateral vestibüler çekirdekten kaynaklanan ipsilateral eksitatör yolları içerir. Bu yol inferior vestibüler çekirdek boyunca iner, omuriliğin çeşitli seviyelerinde ön boynuz hücrelerinde ve proksimal ekstremite ekstansörlerinde sonlanır (Hain ve Helminski, 2014). Eşzamanlı disinaptik bağlantılar kontralateral proksimal ekstansörleri inhibe eder (Oghalai ve Brownell, 2020). LVST'nin hareket için postural alt ekstremiteleri kontrol ettiği düşünülmektedir. Başın tilt hareketiyle hem SSK hem de otolitlerle bağlantılı olan vestibüler çekirdekler aktive edilir. LVST ve MVST'den omuriliğe impuls iletir. Bu eylem ipsilateral baş tarafında ekstansör aktivitesini ve kontralateral tarafta fleksör aktivitesini indükler (Hain ve Helminski, 2014).

Retikülospinal trakt ise retiküler formasyondan kaynaklanır. Omurilikten inerek gri maddenin orta kısımlarında sonlanır. Ekstremite ve gövde hareketlerinin düzenlenmesine katkı sağlar. Hem vestibüler çekirdekler hem de retiküler formasyon, postüral instabiliteye karşı telafi edici geri bildirim yanıtları oluşturmak için omuriliğe bilgi sağlar (Zaleski-King ve ark., 2019).

2.3. Vestibüler Kortikal Merkezler

Primat beyninde, izole vestibüler korteks tanımlanmamıştır (Lopez ve Blanke, 2011). Fakat parietal insular vestibüler korteksin (PIVC) yoğun vestibüler girdi aldığı belirlenmiştir. Bu sinyallerin harekete tepki vermekten ziyade, temelde uzayda hareket için referans olarak kullanılarak, beden ve nesne hareketi algısını beden merkezli durumdan çevre merkezli duruma dönüştürdüğü düşünülmektedir (Shinder ve Newlands, 2014).

PIVC'deki nöronlar aynı zamanda multi-sensör öz-hareket ipuçlarını nesnelerin hareket bilgisiyle birleştirilmesini sağlar (Lopez ve Blanke, 2011). Vestibüler girdiler vizüel ve somatosensör bilgileri işleyen diğer yollara kortikal projeksiyonlar yapar (Ferrè ve ark., 2015). Genel hatlarıyla vestibüler-kortikal bağlantılar Şekil 2-9'da gösterilmiştir.



Şekil 2-9: Vestibüler-kortikal bağlantılar (Purves ve ark., 2018).

2.4. Denge Sisteminin Değerlendirilmesi

2.4.1. Yatak Başı Muayene Yöntemleri

Yürüme Testi (Parmak-Topuk Yürüyüşü): Birey gözleri açık ve daha sonra gözleri kapalı olarak 6-8 metrelik düz bir hatta, parmak ucu-topuk şeklinde yürütülür. Vestibüler bozukluklarda bireyin düz hatta yürümesi sırasında sapmalar gözlenir. Periferik vestibüler bozuklukta patolojinin olduğu tarafa doğru sapma meydana gelir (Akpınar, 2005).

Fukuda Adımlama Testi: Vestibulospinal yolun değerlendirilmesi amacıyla yapılmaktadır. Fukuda testinde, bireyden gözleri kapalı bir şekilde ellerini ileriye doğru uzatarak yerinde adımlama yapması istenir ve bireyin adımlama yaparken rotasyonu değerlendirilir. Test esnasında patolojinin olduğu tarafa 45 dereceden fazla rotasyon olması unilateral vestibüler kaybı gösterebilir. Sapmanın daha net değerlendirilmesi için bireyin en az 30 saniye gözlemlenmesi gerekmektedir (Cushing ve ark., 2013).

Past - Pointing Test: Past - pointing işaretlenen yerin geçilmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu testte, bireyden her iki elinin işaret parmağını klinisyenin işaret parmakları ile uç uca gelecek şekilde uzatması istenir. Ardından klinisyen ve birey işaret parmaklarını aşağı ve yukarı doğru hareket ettirerek işaret parmaklarının uç uca gelmesi değerlendirilir. Aynı işlem gözler kapalıyken de tekrarlanır. Bozulmanın olduğu tarafta santral veya periferik vestibüler patoloji bulunmaktadır (Güneri, 2016b).

Disdiadokinezi Testi: Disdiadokinezi hızla değişen hareketleri yapabilme yeteneğinde meydana gelen bozulmadır. Bu testte bireyden elini diğerinin üzerine koyması ve ritmik bir şekilde üste gelen elini ters düz yapması istenir. Yapılan hareketlerin hız, ritim, doğruluk ve düzgünlüğü değerlendirilir. Hareketlerin yapılamaması disdiadokokinezi olarak adlandırılır ve bu durum serebellar disfonksiyonu düşündürür (Brandt ve ark., 2013; Değirmenci ve Tekin Bilgin, 2019).

Parmak Burun Testi: Bu testte bireyden önce işaret parmağının ucuyla burnuna, sonra klinisyenin parmağına ve ardından tekrar burnuna dokunması istenir. Bu hareketlerin düzgünlük ve doğruluğu gözlemlenerek osilasyonlar, sıçramalar ve tremor olup olmadığı incelenir (Değirmenci ve Tekin Bilgin, 2019). Test esnasında gözlenen koordinasyon bozukluğu serebellar patolojiyi düşündürür. (Brandt ve ark., 2013).

2.5. Bilgisayarlı Dinamik Postürografi

Postüral kontrol, duyu sistemleri, merkezi sinir ve kas-iskelet sistemi dahil olmak üzere birçok vücut sistemi arasındaki dinamik etkileşimi içerir. Sürekli değişen ortamda dengeyi sağlayabilmek için:

- Vücut konumu ve hareketi, vizüel, somatosensör ve vestibüler sistemlerden toplanan bilgilerle tespit edilmelidir;
- Santral sinir sistemi bu duyusal bilgiyi bütünleştirmeli ve uygun bir cevap seçmelidir; ve
- Yanıt, kas-iskelet sistemi tarafından yeterli kuvvetle ve uygun bir zamanda yapılmalıdır.

Bu sistemlerin herhangi birinde meydana gelen bir bozukluk, postürü kontrol etme becerisinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Postürografi sistemleri ise postüral kontrolü sağlayan sistemleri değerlendirmede yararlı bir araçtır (Herdman ve Hall, 2004).

Postürografi, temelde statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılır. Statik postürografi kişinin, dışarıdan herhangi bir bozucu kuvvet uygulamadan vücudunda meydana gelen salınımların ölçülmesidir. Dinamik postürografi ise dengeyi bozucu etkiler varlığında oluşan vücut salınımlarının ölçülmesidir. Bozucu kuvvetler, çeşitli mekanik sistemlerle sağlanır. Statik ve dinamik postürografinin birleştirilip bilgisayar ile kontrol edilmesine bilgisayarlı dinamik postürografi (BDP) denir (Aksoy ve ark., 2019).

BDP, günlük yaşamda karşılaşılan koşulları etkili bir şekilde simüle eden çeşitli görevler altında denge işlevini değerlendirmek için kullanılan nicel bir yöntemdir. Test

protokolleri, dengeye katkıda bulunan temel duyusal, motor ve biyomekanik bileşenleri izole etmek ve hastanın bu bileşenleri tek başına ve dengeyi korumak için birlikte kullanma yeteneğini analiz etmek için tasarlanmıştır.

BDP'de kullanılan protokoller ve veri analizi yöntemleri normal ve anormal insan dengesi ve hareket kontrolü üzerine deneysel araştırmalardan türetilen bir postür modeline dayanmaktadır (Nashner, 2016b).

Postürografik değerlendirmeler denge ve hareket bozukluklarında, vestibüler, somatosensör ve vizüel girdilerin organizasyonu, motor cevaplar ve stratejilerin düzenlenmesi, istemli motor yanıtların düzenlenmesi, ağırlık aktarma becerisi ve ağırlık merkezinin kontrolü durumlarının değerlendirilmesini niceliksel olarak sağladığından oldukça önemlidir (Aksoy ve ark., 2019).

BDP, denge bozukluklarının kaynağını belirlemek ve patoloji mekanizmalarını sınıflandırmak amacıyla kullanılan test bataryalarını tamamlayıcı bir özelliğe sahiptir (Schubert, 2014).

BDP testi tipik olarak hem duyusal hem de motor bileşenleri içerir. Duyusal bileşen, hastanın dengeyi korumak için vizüel, vestibüler ve somatosensör girdileri bütünleştirme yeteneğini değerlendirmek için kullanılan bir postüral kontrol test bataryasını içerir. Bu genellikle bireylerden altı farklı durumda bir süre beklemelerini isteyerek yapılır. Hastanın ağırlık merkezi alanı ve hızı basınç sensörleri ile kaydedilirken bireyden mümkün olduğunca hareketsiz durması istenir (Aksoy ve ark., 2019).

BDP'nin motor bileşeni genellikle motor kontrol testini ve postüral uyarılmış yanıt testlerini içerir. Bu testler postüral kontrole bozucu etki yapacak uyaranlar varlığında postüral stabiliteyi değerlendirir (Schubert, 2014).

BDP İçin Gerekli Minimum Fiziksel Özellikler: Hastalar en az 1 dakika süreyle gözleri açık ve desteksiz olarak dik durabilmelidir. Spontan olarak düşen bireylerden sağlıklı bilgi elde edilecektir. Ayak bileklerini, dizleri, kalçaları veya sırtını etkileyen şiddetli artritik veya ortopedik durumları olan hastalara özel dikkat gösterilmelidir. Klinisyen, iki bacağın göreli uzunluklarını, ayak bileğini, diz ve kalça eklemi hareket aralıklarını, bacak ve alt gövde kaslarının güçlerini, ekstremitelerin veya gövdenin postüral yönelimini etkileyen kas-iskelet sistemi anomalilerini not etmelidir. Bu kas-

iskelet sistemi rahatsızlıkları BDP testini engellemese de özellikle santral sinir sistemine göre motor koordinasyon sonuçlarının ve periferik duyusal fonksiyonların yorumlanmasını etkileyebilir (Nashner, 2016b).

BDP Test Bataryası: Test sistemi, 5 basınç sensörü kullanarak ağırlık merkezi hizasını hesaplamayı sağlayan, mekanik olarak hareket ettirilebilen platform, kişide görsel çevrenin hareket ettiğini hissetmesini sağlayan paravan ve testleri kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır.

Kliniklerde sıklıkla kullanılan equitest sistemi (NeuroCom) 6 alt test içermektedir:

1. Sensör Organizasyon Testi
2. Adaptasyon Testi
3. Çömelmede Ağırlık Dengesi
4. Tek Ayak Üzerinde Durma
5. Ritmik Ağırlık Aktarma
6. Denge Sınırları Testi

2.4.2. Sensör (Duyu) Organizasyon Testi (SOT/DOT)

SOT, kişinin postürünü korumak için vizüel, vestibüler ve somatosensör sistemler tarafından sağlanan bilgileri kullanma yeteneğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Test somatosensör ve/veya vizüel girdilerin kesintiye uğradığı salınım referansı adı verilen bir yöntemle yapılır. Salınım referansı, hastanın ön-arka salınımını takip edecek şekilde destek yüzeyinin ve/veya görsel çevrenin hareket ettirilmesi ile gerçekleştirilir (Zaleski-King ve ark., 2019). Bu duyulardan halen girdi alınıyor olsa da salınım referanslı elde edilen bilgiler fonksiyonel işlev göstermez. Bu durumda ağırlık merkezinin yer çekimine göre değişimi algılanamaz. Normal bireyler bu durumda diğer duyusal girdileri kullanarak postürlerini korurlar. Anormal denge fonksiyonları olan bireylerde ise vücut salınımları artar veya düşme görülür (Nashner, 2016b).

Klasik SOT 6 farklı durumda postüral stabiliteyi değerlendirir (Aksoy ve ark., 2019). Bunlar:

Durum 1. Gözler açık, platform sabit, çevre sabit.

Durum 2. Gözler kapalı, platform sabit, çevre sabit.

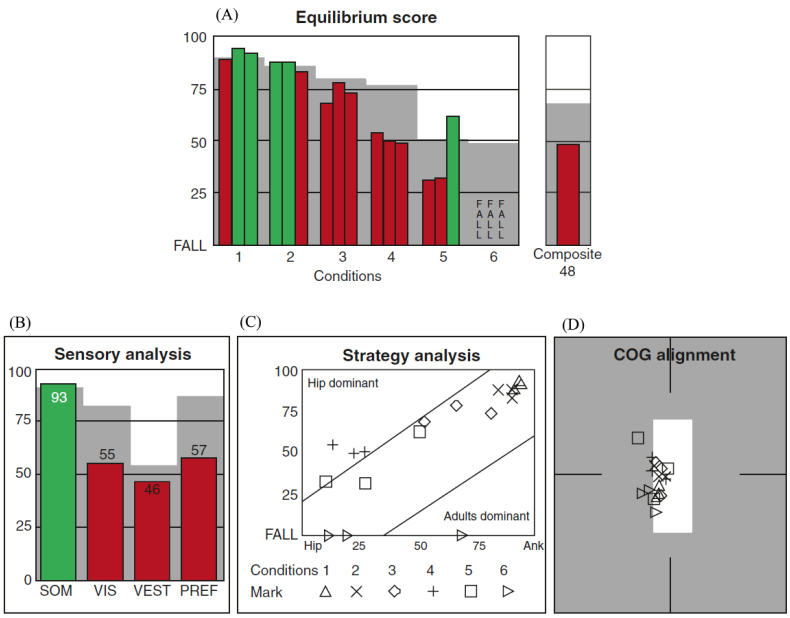
Durum 3. Gözler açık, platform sabit, çevre salınım referanslı.

Durum 4. Gözler açık, platform salınım referanslı, çevre sabit.

Durum 5. Gözler kapalı, platform salınım referanslı, çevre sabit.

Durum 6. Gözler açık, platform ve çevre salınım referanslı.

Tam protokol 6 duyusal durumun her biri için üç ardışık deneme yapılmak üzere toplamda 18 adet 20 saniyelik denemeden oluşur. Her deneme sırasında, hastaya herhangi bir yüzey veya vizüel hareketi göz ardı etmesi ve mümkün olduğunca dik ve sabit kalması talimatı verilir. Her duyusal durum için üç deneme, ortaya çıkan ölçümlerin güvenilirliğini artırır. Tekrarlanan ölçümler aynı zamanda hastanın performansının giderek iyileşme durumunu da değerlendirme imkânı sunar (Nashner, 2016b). Şekil 2-10'da denge bozukluğu olan hastaya ait SOT sonucu örneği görülmektedir.



Şekil 2-10: SOT sonucu örneği (Allsopp ve Dornhoffer, 2019).

A: Tüm durumlar için denge skoru ve kompozit skor grafiği, B: Farklı sensör girdilere ait oransal sensör analiz puanları, C: Strateji analizi sonuçları, D: Ağırlık merkezi hizalaması grafiği

Denge Skoru (DS): SOT sırasında, platformda yer alan basınç sensörleri sayesinde, basınç ölçümleri üzerinden, kişinin ağırlık merkezinin iz düşümündeki değişimler hesaplanmaktadır. Buradan elde edilen veriler, ön-arka ve sağ-sol olmak üzere 2 alt veriye ayrılır. Ön-arka salınım ölçümlerinden, öne salınımın maksimum değeri ve arkaya salınımın maksimum değeri belirlenip, değerler eşitlik 2-1'de (NeuroCom, 2001) kullanılarak denge skoru hesaplanır.

$$DS = \frac{12.5-[\theta_{max}(ant)-\theta_{max}(post)]}{12.5} * 100 \quad (2\text{-}1)$$

Burada DS: denge skoru, $\theta_{max}(ant)$: öne maksimum açı, $\theta_{max}(post)$: arkaya maksimum açıyı göstermektedir. Eşitlik (1)'de kullanılan 12.5 değeri normal bir bireyin, dengesi bozulmadan, öne ve arkaya eğilme limit açılarının toplamıdır (Nashner ve McCollum, 1985). Güncel çalışmalar birçok parametreyi hesaba katarak daha anlamlı denge skoru hesaplama yöntemleri geliştirmeyi amaçlamaktadır (Nashner, 2016b).

Ağırlık Merkezi Hizalanması (COG Alignment): Her bir SOT denemesi için, 20 saniyelik test aralığı boyunca salınım açısının ön-arka ve sağ-sol değerlerinin ortalaması alınarak, ayrı ayrı ön-arka ve sağ-sol hizalama skorları hesaplanır. Bu hesaplamalar, bireyin test süresince ağırlık merkezinin, hesaplanan hizalama noktası etrafında simetrik olarak salındığı varsayımına dayanılarak yapılır (Nashner, 2016b).

Ayak Bileği ve Kalça Hareketleri: Ayak bileği hareketleri salınımı kontrol etmek için kullanıldığında, ağırlık merkezinin düşük frekanslı hareketleri destek yüzeyine karşı düşük şiddette yatay kesme kuvveti üretir. Bunun aksine, yüksek frekanslı kalça ve üst vücut hareketleri, ağırlık merkezi pozisyonunda küçük fakat hızlı kaymalar ve çok daha büyük yatay kesme kuvvetleri oluşturur (Aksoy ve ark., 2019). Bu biyomekanik prensibe dayanarak, ayak bileği ve kalça hareketinin nispi miktarları, yatay kesme kuvvetinin tepeden-tepeye genliği ile benzer ağırlıktaki normalin teorik sınırı ile karşılaştırılarak belirlenir. Bu yöntem kalça ve üst vücut hareketi aktivitesinin boyutunun doğru bir ölçümünü sağlamasına rağmen, bu puan gerçek vücut hareketinin zamana bağlı

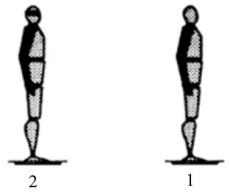
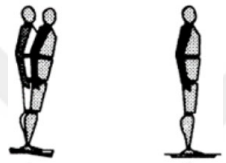
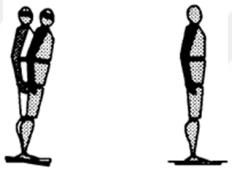
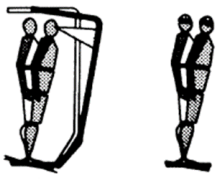
yörüngesini ölçmez. Üst vücut hareketi aktivitesinin doğruluğu ve zamana bağlı yörüngesi, vücudun çeşitli kısımlarına yerleştirilen, bir veya daha fazla ivmeölçer kullanılarak önemli ölçüde artırılabilir (Nashner, 2016b).

Strateji Analizi: Her deneme için denge skoru, hareket stratejisi skoru ile karşılaştırılır. Yatay kesme kuvveti düşükse hareket stratejisi skoru yüksek, yüksekse hareket stratejisi skoru düşüktür. Normal bireylerde hareket stratejisi skoru, denge skoru ile aynı oranda artıp azalır. Eğer denge skoruna göre oldukça yüksek hareket stratejisi skoru elde edilmişse bu durum dengeyi korumak için kalça stratejisinin kullanıldığını gösterir. Tam tersi durumda ise dengeyi korumak için ayak bileği stratejisi kullanılmaktadır. Normal bireyler, sabit zeminde genellikle ayak bileği eklemini kullanır. Postüral stabilizasyon azaldıkça kalça ekleminin kullanımı artar (Aksoy ve ark., 2019).

Kompozit Denge Skoru (KDS): SOT'un genel performans seviyesi en iyi şekilde kompozit denge skoru ile karakterize edilir. Kompozit denge skoru, durum 1'in ortalama skoru, durum 2'nin ortalama skoru ve diğer tüm durumların her birinden üç skorun toplanıp ortalamasının alınması ile elde edilir. Ortaya çıkan kompozit skor, 3-6. durumların denge skorlarını vurgulayan ağırlıklı bir ortalamadır. Sensör denge bozuklukları daha zor duyusal koşullar altında daha kolay yansıtıldığı için kompozit skor denge değerlendirmesinde oldukça önemlidir (Nashner, 2016b).

Sensör Organizasyon Analizi: Bir hastanın duyusal denge probleminin spesifik doğası, SOT'un 6 durumunun denge puanları arasındaki nispi farklılıkları hesaplayarak belirlenebilir. Farklı sensör girdiler hakkında veri elde etmeye yönelik hesaplamalar Tablo 2-1'de gösterilmiştir. Bu veriler her durumda elde edilen 3'er denge skorunun ayrı ayrı ortalamasının alınması, ardından birbiri ile oranlanmasıyla elde edilir (Allsopp ve Dornhoffer, 2019).

Tablo 2-1: Sensör analiz değerlendirmesi ve hesaplamaları (Nashner 2016b).

Sensör Analizi			
Oran Adı	**Test Durumu**	**Oran Çifti**	**Önem**
SOM Somatosensör	 2 1	$\frac{Durum\ 2}{Durum\ 1}$	Soru: Vizüel ipuçlar kaldırılınca salınım artıyor mu? Düşük Skor: Hasta somatosensör referansları doğru kullanamıyor.
VIS Vizüel	 4 1	$\frac{Durum\ 4}{Durum\ 1}$	Soru: Somatosensör ipuçları tutarsız olunca salınım artıyor mu? Düşük Skor: Hasta vizüel referansları doğru kullanamıyor.
VEST Vestibüler	 5 1	$\frac{Durum\ 5}{Durum\ 1}$	Soru: Vizüel ipuçlar kaldırılınca ve somatosensör ipuçları tutarsız olunca salınım artıyor mu? Düşük Skor: Hasta vestibüler bilgiyi doğru kullanamıyor veya vestibüler girdi bulunmuyor.
PREF Vizüel Tercih	 3+6 2+5	$\frac{Durum\ 3+6}{Durum\ 2+5}$	Soru: Tutarsız vizüel ipuçları, vizüel ipuçlarının kaldırıldığı duruma göre daha fazla salınıma neden oluyor mu? Düşük Skor: Hasta vizüel ipuçları tutarsız olsa da vizüel ipuçlarını kullanıyor.

Durum 2 ile Durum 1'in denge skorunu karşılaştıran somatosensör oran, hasta gözlerini kapattığında postüral stabilite kaybının derecesini belirler. Gözlerin kapanması görsel girişi ortadan kaldırdığından, düşük bir oran, somatosensör girdinin disfonksiyonu olarak yorumlanır. Vestibüler girdi potansiyel olarak göz kapatılması sırasında görmeye ikinci bir alternatif olsa da somatosensör girdiden önemli ölçüde daha az duyarlıdır. Çünkü, baş ve vücut hareketleri minimaldir. Bu nedenle, 2. durumda somatosensör bilginin bozuk olması ve yerine vestibüler bilginin kullanılması vücut salınımlarını artırır.

Vizüel oran, Durum 4 ile Durum 1'in denge skorunu karşılaştırır. Bu oran, baskın olan somatosensör girdinin destek yüzeyinin hareketiyle bozulması sonucu oluşan postüral stabilite kaybı derecesini belirler. Her ne kadar somatosensör girdi bozulduğunda salınım artarsa da vizüel girdiler normal olduğunda salınımdaki artış küçüktür. Fakat vizüel girdi yerine vestibüler girdi kullanılırsa salınım artışı anormal derecede büyük olacaktır. Bu nedenle, normalden daha düşük bir oran, bu durumda, vizüel denge girdisinin disfonksiyonu olarak yorumlanır.

Durum 5 ile durum 1'in denge skorunu karşılaştıran vestibüler oran, vizüel ve somatosensör girdiler aynı anda bozulduğunda postüral stabilitede göreceli bir azalmayı yansıtır. Ağırlık merkezi salınımı 5. durumda önemli ölçüde artsa da normal bireyler vestibüler girdileri kullanarak postüral stabilitelerini iyi korurlar. Bu nedenle normalden düşük bir vestibüler oran, vestibüler girdi disfonksiyonu olarak yorumlanır.

Vizüel tercih oranı, gözler açıkken uygulanan 3. ve 6. durumun denge skoru toplamını, eşdeğerleri olan fakat vizüel girdinin kaldırıldığı 2. ve 5. durum ile karşılaştırır. Salınım referanslı koşullar altında postüral stabilitenin göreceli olarak azalmasını yansıtır. Klinik olarak normal bireyin postüral stabilitesi, gözler kapalı olduğunda ve fonksiyonel olarak uygun olmayan bir görsel girişle sunulduğunda benzerdir. Her iki durumda da dengeyi kontrol etmek için yararlı hiçbir vizüel bilgi mevcut değildir. Bu nedenle, bu durumda normalden daha düşük bir oran, görme kullanımı için anormal bir tercih olarak yorumlanır. Hasta kendini referans alan vizüel girdiye eşlik etmeye çalışır ve gözlerin kapalı olduğu durumlara kıyasla daha fazla sallanır (Nashner, 2016b).

2.5. Denge ve Ses

Denge ve ses ilişkisi tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Fakat işitme ve denge sistemi arasında bağlantıların olduğu (Oort, 1918) ve işitsel uyaranların denge sistemi yapılarında etkiye sahip olduğu uzun yıllardır bilinmektedir (Tullio, 1929). Son yıllarda denge ve ses ilişkisini araştıran birçok çalışma yapılmıştır. Fakat bulgular çelişkilidir.

Statik tonal uyaranlar varlığında vücut salınımları artmaktadır (Bensel ve ark., 1968; Raper ve Soames, 1991). Buna karşın Dozza ve ark., (2007) vestibüler kaybı olan kişilere, vücut salınımına göre değişen işitsel biofeedback uygulanması sonrası, vücut salınımlarının azaldığını bildirmiştir. Bu sistem vücut salınımlarının ivmeölçer ile ölçülmesi ile salınım yönüne göre farklı frekanslarda ve şiddetlerde tonal uyaranların kulaklıklar üzerinden bireye gönderilmesi mantığı ile çalışmaktadır (Chiari ve ark., 2005).

Hareket eden sesler için de benzer çelişkiler söz konusudur. Stevens ve ark., (2016) hareket eden seslerin vücut salınımını azalttığını bildirirken, Soames ve Raper (1992) bu seslerin salınımı artıracağını bildirmiştir. Fakat çalışmalara yakından bakılırsa kullanılan uyaranların spektral özelliklerinin aslında oldukça farklı olduğu görülebilir. Her ne kadar bireysel farklılıklar bu durumda etkili olsa da farklı akustik ipuçlarının denge sisteminde farklı etkiler oluşturabileceği göz ardı edilmemelidir.

Denge bozukluğu olan bireylerde ise farklı kompanzasyonlar geliştiğinden işitsel uyaranlara farklı tepkiler gelişebilmektedir. Guigou ve ark., (2018) sanal akustik bir sahnede rotasyon yapan kokteyl parti efektinin farklı gruplarda postüral stabiliteye etkisini değerlendirmiş ve değişken sonuçlar elde etmiştir. Rotasyonel işitsel uyaran bazı olgularda postüral stabiliteyi artırırken bazı olgularda salınımları artırmıştır.

Yaklaşan ve uzaklaşan tonal seslere verilen postüral cevaplar değerlendirildiğinde, olguların çoğunluğunda yaklaşan seslerin kendisi ile aynı yönde bir postüral salınımı tetiklediği bildirilmiştir (Andreeva ve ark, 2016; Andreeva ve ark, 2018).

İşitme kaybının da denge sisteminin çalışmasını etkilediği bilinmektedir. Yapılan çalışmalar işitme kayıplarında uygulanan amplifikasyon yöntemlerinin denge fonksiyonlarını iyileştirebileceğini öngörmektedir (Rumalla ve ark., 2015; Vitkovic ve ark., 2016, Guigou ve ark, 2018).

Son yıllarda müzik ve denge ilişkisi de çalışılmaktadır. Hallemans ve ark., (2017) vestibüler bozukluğu olan koklear implant kullanıcılarına müzik dinletildiğinde yürüyüş sırasında denge kontrollerinin iyileştiğini bildirmiştir. Ritim içeren seslerin de postüral stabiliteyi etkilediği ve ritimle tetiklenen postüral salınımların görüldüğü literatürde belirtilmektedir (Park ve ark., 2011). Literatürde yer alan diğer benzer çalışmalar da göz önüne alındığında (de Bruin ve ark., 2015; Pagnacco ve ark, 2015; Siedlecka ve ark., 2015) ritim ve müzik çalışmalarının vestibüler rehabilitasyon programlarına dahil edilebileceği düşünülmektedir.

Denge sisteminin sese tepkileri kadar, akustik ipuçlarının yokluğunda oluşan tepkiler de ilgi çekicidir. Kanegaonkar ve ark., (2012) sessiz kabinde ve işitme koruyucular kullanıldığında postüral salınımların artığını belirlemişlerdir. Ayrıca başka bir çalışmada akustik ipuçlarının selektif azaltılmasının postüral stabilitede vizüel girdi kullanımını artırdığı belirlenmiştir (Maheu ve ark, 2017a). Bu durum SOT testinde bir sensör girdinin yokluğunda diğer girdilerin kullanımının artırılarak postüral stabilitenin korunması ile ilişkilendirilebilir. Sonuçta işitsel girdilerin de ikincil bir multisensör girdi olarak postüral stabiliteye katkı sağladığı söylenebilir.

Vestibüler ve işitsel uyaranların etkileşimlerinin kortikal düzeyde superior temporal gyrusun kaudali ile posterior insulada gerçekleştiği düşünülmektedir (Oh ve ark., 2018). Vestibüler girdilerin hipokampal etkileşimleri de mevcuttur. Hipokampus, özellikle öğrenme, bellek ve uzaysal navigasyon ile ilgili önemi bilinen kortikal bir yapıdır (Moser ve ark., 2017). Brandt ve ark. (2005) bilateral vestibulopatinin hipokampus atrofisine neden olduğunu keşfetmiştir. Hipokampus ayrıca birçok multisensör girdiyi entegre eden bir yapıdır (Besnard ve ark., 2015). Bunlardan biri de işitsel girdilerdir. Hayvan çalışmaları işitsel girdilerin hipokampusta selektif uyarımlar oluşturduğunu bildirmektedir (Hitier ve ark., 2020). Bu ortaklık vestibüler patolojilerin hipokampustaki etkilerinin işitsel girdilerdeki bozulmalar eşliğinde gerçekleştiğini düşündürmektedir (Dobbels ve ark., 2019).

Stevens ve ark. (2017) çalışmalarında vizüel, işitsel ve vestibüler girdilerin beyinsapı düzeyinde multisensör entegrasyonunun olabileceğini bildirmiştir. Muhtemelen superior kollikulus düzeyinde olan bu etkileşim vestibüler-işitsel entegrasyonun merkezi sinir sisteminin birçok seviyesinde gerçekleştirdiğini düşündürmektedir (Guigou ve ark., 2018). Vestibüler ve işitsel bilgilerin karmaşık

multisensör etkileşimler ile entegrasyonunun sağlandığı görülmektedir. Fakat entegrasyonun anatomisi ve fizyolojisi hakkında yeterli bilgi literatürde mevcut değildir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 12.12.2019 tarihli ve 59491012-604.01.02 sayılı karar ile etik ilkelere uygun bulunmuştur. Çalışma gönüllülük esasına dayalı olarak yürütülmüş olup, tüm katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirildikten sonra tüm katılımcılara Ek 1'de yer alan Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu imzalatılmıştır.

Çalışmamız, İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Katılımcılar

Çalışmaya, Tablo 3-1'de belirtilen çalışmaya dahil edilme ve çalışmadan dışlama kriterlerine uyan 27 katılımcı dahil edilmiştir.

Tablo 3-1: Çalışmaya dahil edilme ve çalışmadan dışlama kriterleri.

Dahil Edilme Kriterleri	Dışlama Kriterleri
• 18-24 yaş aralığında olmak. • Akustik immitansmetrik ölçümlerde bilateral Tip A timpanograma ve ipsilateral-kontralateral akustik refleks cevaplarına sahip olmak. • Bilateral normal işitmeye sahip olmak ve herhangi bir frekansta 15 dB HL ve üzeri işitme eşiğine sahip olmamak. • Tüm frekanslarda 75 dB SL'in üzerinde akustik refleks eşiğine sahip olmamak.	• Çalışmaya dahil edilme kriterlerinden herhangi birini sağlamamak. • Herhangi bir vestibüler, nörolojik ve/veya psikiyatrik hastalık tanısı almış olmak. • Test ekipmanlarının kullanımına engel olacak fiziksel problemlere sahip olmak. • İşitme ve denge sistemini etkileyebilecek ilaç kullanmak. • Dikkati etkileyen ilaç kullanmak. • Herhangi bir ortopedik ve/veya sistemik rahatsızlığa sahip olmak.

3.2. Yöntem

3.2.1. Akustik İmmitansmetrik Ölçümler

Akustik immitansmetrik değerlendirme için GSI TympStar MiddlEar Analyzer Version 2 (Grason- stadler Inc. Tiger/USA) (Şekil 3-1) cihazı kullanılmıştır. 226 Hz'de 85 dB SPL (Sound Pressure Level) şiddetinde, +200 ile -400 daPa basınç aralığında yapılan değerlendirmede Tip A timpanograma (timpanik tepe basıncı değeri +50 ile -100 daPa arasında ve statik komplians değeri 0,3-1,3 ml arasında) sahip bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. 95 dB HL (Hearing Level) ve üzeri uyaran kullanılarak 500-4000 Hz'de ipsilateral ve kontralateral akustik refleksler incelenmiştir. Akustik refleks elde edilen bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Herhangi bir frekansta 75 dB SL (Sensation Level) ve altında akustik refleks eşiğine sahip olan bireyler, çalışmada kullanılan uyaran akustik refleksi tetikleyebileceğinden, çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 3-1: GSI TympStar MiddlEar Analyzer.

3.2.2. Saf Ses Odyometri ve Konuşma Odyometrisi

Tüm katılımcıların saf ses odyometri ve konuşma odyometrisi testleri, Interacoustics Clinical Audiometer AC40 (Interacoustics A/S. Middelfart/Denmark) (Şekil 3-2) odyometre cihazı kullanılarak, IAC (Industrial Acoustic Company) standartlarındaki sessiz kabinde yapılmıştır. Hava yolu işitme eşikleri TDH39

(Telephonics Corporation 815 Broad Hollow Rd Farmingdale, NY 11735 United States) kulak üstü kulaklık kullanılarak, kemik yolu işitme eşikleri Radioear B71 (Audiometer Allé 1 5500 Middelfart Denmark) kemik vibratör kullanılarak belirlenmiştir. Hava yolu ölçümleri 125–8000 Hz aralığında, kemik yolu ölçümleri 500-4000 Hz aralığındaki oktav frekanslarda yapılmıştır. Herhangi bir frekansta 15 dB HL ve üzeri işitme eşiğine sahip bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Tüm katılımcılara, üç heceli kelime listesi kullanılarak ascending yöntemiyle konuşmayı alma eşiği (Speech Reception Threshold-SRT) testi yapılmıştır. SRT ve saf ses ortalaması arasında en fazla ± 10 dB'lik fark olan bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

Konuşmayı ayırt etme testi (Speech Discrimination Score-SDS), tek heceli kelime listesi kullanılarak en rahat ses seviyesinde (Most Comfortable Level-MCL) yapılmıştır. Kelimeler, taşıyıcı cümle kullanılarak araştırmacı tarafından bireylere okunmuştur. Rahatsız olma eşiği (Uncomfortable Loudness Level-UCL), sesin yavaşça artırılması sonucu belirlenmiştir.



Şekil 3-2: Interacoustics Klinik Odyometre AC40.

3.2.3. Yatak Başı Muayene Testleri

Tüm katılımcılara yatak başı muayene testleri uygulanmıştır. Belirtilen yatak başı muayene testlerinden herhangi birinde anormal bulgu sergileyen katılımcılar çalışmadan dışlanmıştır.

Fukuda Adımlama Testi: Katılımcıdan ellerini öne doğru uzatıp gözlerini kapatması ve olduğu yerde adımlama yapması istenmiştir. 30 saniye boyunca katılımcı izlenmiş ve başlangıca göre yöneliminde kaç derece fark olduğu değerlendirilmiştir.

Yürüme Testi (Parmak-Topuk Yürüyüşü): Katılımcıdan düz bir hatta , gözleri açıkken, parmak ucu-topuk şeklinde yürümesi istenmiştir. Ardından aynı hatta ve aynı şekilde, gözleri kapalı olarak yürümesi istenmiştir. Yürüyüş sırasında düz hattan sapmalar değerlendirilmiştir.

Disdiadokinezi Testi: Katılımcıdan bir elini diğerinin üzerine koyması ve ritmik bir şekilde üste gelen elini ters düz yapması istenmiştir. Katılımcının bu hareketi ritmi bozmadan yapma becerisi değerlendirilmiştir.

Parmak Burun Testi: Katılımcıdan, gözleri açık durumdayken, işaret parmağıyla önce araştırmacının işaret parmağına daha sonra kendi burnuna dokunması istenmiştir. Ardından gözler kapalı durumdayken aynı işlem tekrarlanmıştır. Katılımcının hedeften sapması değerlendirilmiştir.

Past-Pointing Testi: Katılımcıdan gözleri açık ve otururken işaret parmağını ileriye doğru uzatması ve karşısında bulunan araştırmacının işaret parmağınının ucuna değdirmeye çalışması istenmiştir. Ardından gözler kapalıyken aynı işlem tekrarlanmıştır. Katılımcının hedeften sapması değerlendirilmiştir.

3.2.4. Bilgisayarlı Dinamik Postürografi

Katılımcılara NeuroCom International (Clackamas, Oregon) bilgisayarlı dinamik postürografi sistemi (Şekil 3-3) üzerinden sensör organizasyon testi (SOT) yapılmıştır. Test ortamının arka plan gürültüsü Larson Davis Model 824 Ses Düzeyi Ölçer (PCB Piezotronics Inc., Provo-Utah,) (Sound Level Meter – SLM) ile monitörize edilmiştir. Testler arka plan gürültüsü 50 dBA'yı aşmayan ortamda gerçekleştirilmiştir.

SOT, kolaydan zora doğru sıralanmış 6 durumda postüral salınımları değerlendirir. Bunlar;

1- Platform ve çevre hareketsiz, gözler açık

2- Platform ve çevre hareketsiz, gözler kapalı

3- Platform sabit, çevre hareketli, gözler açık

4- Platform hareketli, çevre sabit, gözler açık

5- Platform hareketli, çevre sabit, gözler kapalı

6- Platform ve çevre hareketli, gözler açık

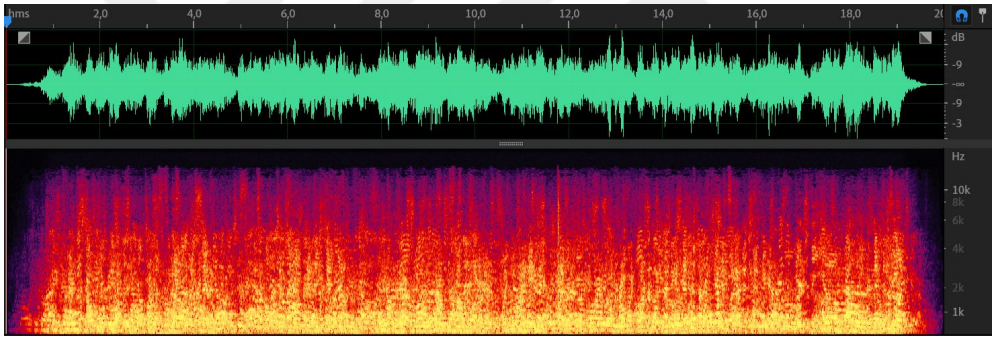


Şekil 3-3: NeuroCom International bilgisayarlı dinamik postürografi sistemi.

SOT'ta, test öncesi katılımcılara, bedenlerine uygun, güvenlik yeleği giydirilmiştir. Platforma çıkmadan önce bireylerden ayakkabılarını çıkarmaları istenmiştir. Güvenlik yeleği, test kabini içerisindeki askılara bağlanarak olası düşmelere karşı katılımcının güvenliği sağlanmıştır. Ardından katılımcılara SOT'un 6 durumunun herbirine başlamadan önce yapması gerekenler açıklanmıştır. Her bir durum için 20 saniyelik 3 tekrar yapılmıştır. Sesli uyaran içeren modalitelerde ise 2 sessiz ve 2 sesli olmak üzere toplam 4 tekrar yapılmıştır.

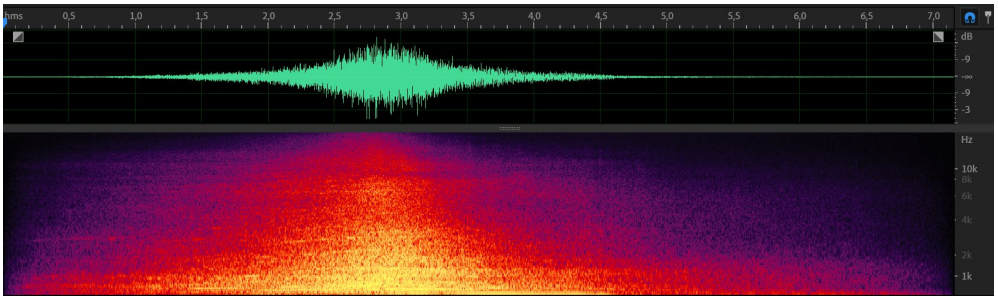
3.2.4.1. Uyaranların Oluşturulması

Kokteyl parti gürültüsü için telif hakkı ile korunmayan bir ses dosyası kullanılmıştır (Şekil 3-4).



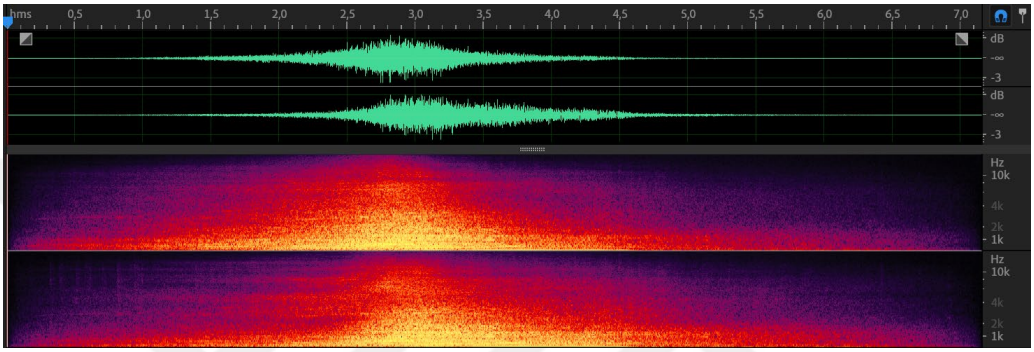
Şekil 3-4: Statik sanal işitsel sahnede kullanılan kokteyl parti gürültüsü.

Dinamik sesler için motorlu taşıt sesleri kullanılmıştır. Kullanılan sesin şiddeti artıp azalmaktadır ve ses mono formattadır (Şekil 3-5).



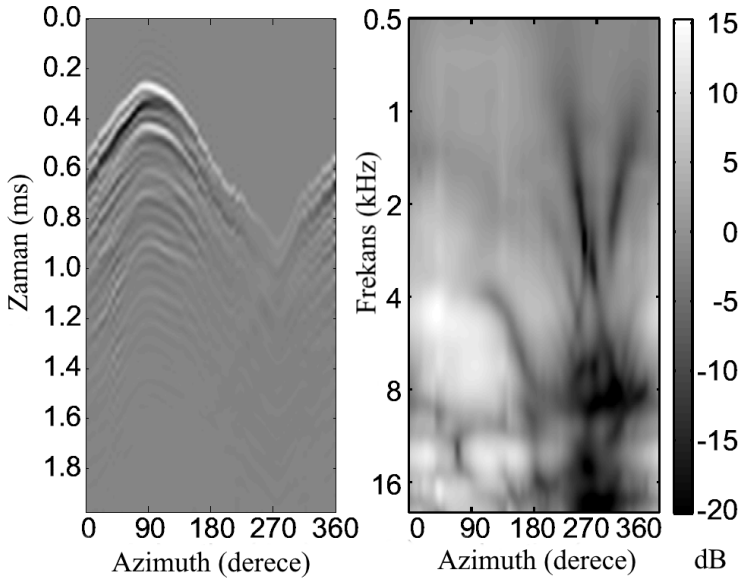
Şekil 3-5: Dinamik sanal işitsel sahnede kullanılan araç sesinin işlenmemiş formatı.

Seslerin horizontal planda hareket etmesi için CIPIC arayüz laboratuvarı tarafından (Center for Image Processing and Integrated Computing) geliştirilen HRTF (Head Related Transfer Function – Baş İlişkili Transfer Fonksiyonu) veritabanı kullanılmıştır. Sesler veritabanından alınan HRTF verileri ile Matlab R2019a (Mathworks, Natick, Massachusetts, USA) kullanılarak işlenmiş ve horizontal planda hareket edecek şekilde sanal işitsel sahneye yerleştirilmiştir (Şekil 3-6).



Şekil 3-6: Dinamik sanal işitsel sahnede kullanılan araç sesi örneği.

Kullanılan HRTF veritabanınına ait azimuth'a bağlı sırasıyla kulaklar arası zaman farkı (ITD) ve kulaklar arası şiddet farkı (ILD) fonksiyonları Şekil 3-7'de gösterilmiştir.



Şekil 3-7: CIPIC HRTF veritabanı horizontal plan ITD ve ILD verileri (Algazi ve ark. 2001).

Sesler Audition CC 2019 (Adobe™, San Jose, Kaliforniya, ABD) programı kullanılarak 20 saniye sürecek şekilde düzenlenmiştir. Dinamik sesler 20 saniye boyunca birçok kez randomize aralıklarla tekrar etmektedir.

3.2.4.2. Uyaranların Uygulanması ve Kalibrasyonu

Uyaranların katılımcılara sunumu Sennheiser RS-185 kablosuz kulaklık (Sennheiser™, Wedemark, Almanya) ile yapılmıştır. Uyaran seviyesinin hassas kontrolü için, bir dizüstü bilgisayara bağlı Focusrite Scarlett Solo MK2 stüdyo ses kartı (Focusrite Plc. ™, High Wycombe, Birleşik Krallık) kullanılmıştır. Tüm testlerde aynı ekipmanlar kullanılmıştır.

Ses çıkış seviyelerini belirlemek amacıyla SLM ile kulaklığın kalibrasyonu yapılmıştır. Bilgisayar ve stüdyo ses kartının şiddet ayarları değiştirilerek 1 dB SPL adımlarla çıkış seviyeleri belirlenmiştir (75- 90 dB SPL).

3.2.4.3. Deney Düzeneği

SOT, 3 seansta, 3 farklı modalitede uygulanmıştır.

1. seansta testler, yenilik etkisini ortadan kaldırmak ve baz oluşturmak amacıyla, herhangi bir ekstra işitsel uyaran bulunmadan gerçekleştirilmiştir.

2. seansta testler, statik gürültünün etkilerinin, dinamik gürültüden farkını ortaya koymak amacıyla kokteyl parti gürültüsü varlığında yapılmıştır. Teste başlamadan önce kablosuz kulaklık katılımcının başına yerleştirilmiştir. Ses çıkış şiddeti 75 dB SL'ye ayarlanmıştır. Şiddet ayarlaması için kalibrasyon aşamasında belirlenen prosedür uygulanmıştır. Ardından katılımcıya testin bazı aşamalarında sesler duyacağı hatırlatılmıştır. Her durum için 2 kez uyaran olmadan ve 2 kez uyaran varlığında kayıt alınmıştır. Sesler her durumda randomize sırayla gönderilmiştir.

3. seansta test, dinamik sanal işitsel sahne varlığında tekrarlanmıştır. Teste başlamadan önce kablosuz kulaklık katılımcının başına yerleştirilmiştir. Ses çıkış şiddeti 75 dB SL'ye ayarlanmıştır. Şiddet ayarlaması için kalibrasyon aşamasında belirlenen prosedür uygulanmıştır. Ardından katılımcıya testin bazı aşamalarında sesler duyacağı

hatırlatılmıştır. Her durum için 2 kez uyaran olmadan ve 2 kez uyaran varlığında kayıt alınmıştır. Sesler her durumda randomize sırayla gönderilmiştir.

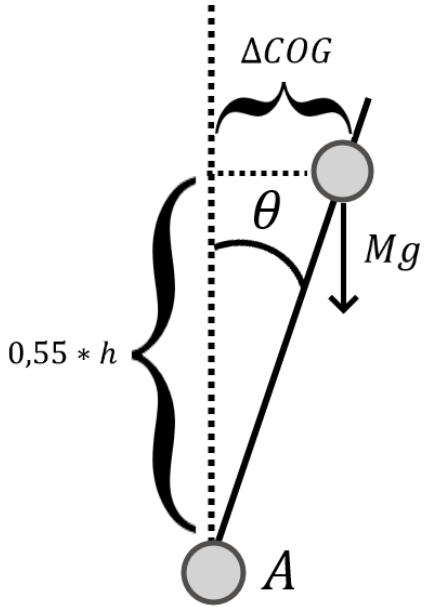
Her seansın bitiminde testlerden elde edilen ham veriler (sensör verileri) kaydedilmiştir.

3.2.5. Verilerin İşlenmesi ve İstatistiksel Analiz

3.2.5.1. Verilerin işlenmesi

Katılımcılardan elde edilen ham veriler ön-işlemeden geçirilerek matris formatına getirilmiştir. Ardından matrisler Matlab R2019a kullanılarak işlenmiştir.

Ham verilerde yer alan santimetre cinsinden ağırlık merkezi değişim verileri kullanılarak sagittal ve koronal planda ağırlık merkezinin açısal değişim verileri hesaplanmıştır. Bu işlem Şekil 3-8'te gösterilen teorik ağırlık merkezi değişimi parametreleri kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3-8: Teorik ağırlık merkezi değişim parametreleri (Chaudhry ve ark., 2004).

ΔCOG: ağırlık merkezi değişimi (cm), h : kişinin boyu (cm), Mg : Ağırlık merkezi, A: ayak tabanı

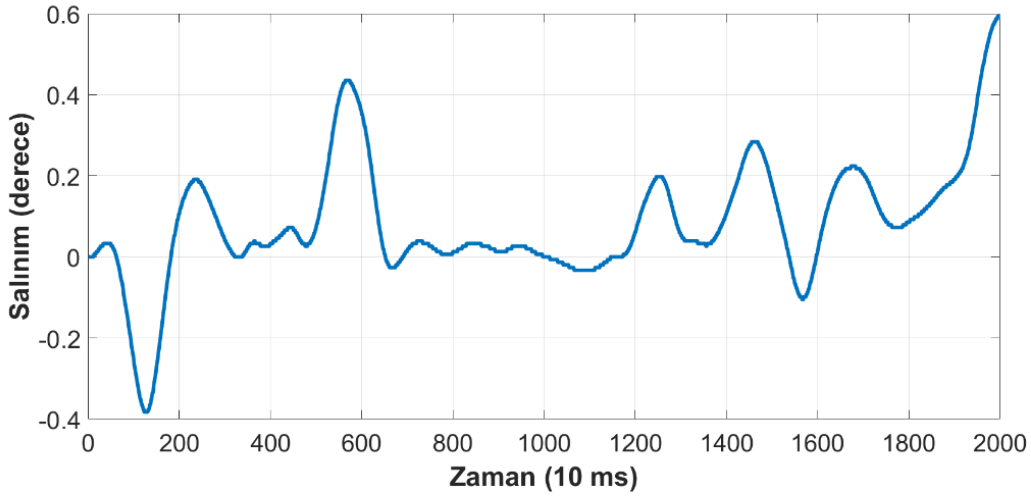
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta COG}{0{,}55*h}\right) \quad (3\text{-}1)$$

Şekil 3-8'ten yola çıkarak Eşitlik 3-1 kurulmuş ve açısal değişim hesaplanmıştır. Şekil 3-9'da bir olgudan elde edilen bir eksende ağırlık merkezinin açısal değişimi görülmektedir.

Denge skorunu (DS) hesaplamak için:

$$DS = \frac{12.5-[\theta_{max}(ant)-\theta_{max}(post)]}{12.5} * 100 \quad (3\text{-}2)$$

eşitliği kullanılmıştır (NeuroCom, 2001). Burada DS: denge skoru, $\theta_{max}(ant)$: öne maksimum açı, $\theta_{max}(post)$: arkaya maksimum açıyı göstermektedir (Eşitlik 3-2).



Şekil 3-9: Ağırlık merkezinin, zamana bağlı, açısal değişim grafiği.

Tüm durumlar için DS değerleri hesaplandıktan sonra kompozit skorlar, DS değerlerinin ağırlıklandırılmış ortalaması alınarak hesaplanmıştır. 3., 4., 5. ve 6. durumların ağırlığı daha fazladır. Bu sebeple kompozit skora etkileri de 1. ve 2. durumdan daha fazladır.

Ardından açı değişim verilerinin yerel maksimum ve minimum noktaları tespit edilmiş ve 4 ayrı yönde (ön, arka, sağ ve sol) yapılan salınımların sayıları, amplitütleri ve RMS değerleri hesaplanmıştır.

Son olarak uyaran kullanılan testlerde, uyaranlara tepki olarak oluşan, uyaran başladıktan sonra ortaya çıkan salınımların tepki süreleri ve amplitütleri hesaplanmıştır.

3.2.5.2. İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Matlab R2019a ve IBM® SPSS® Statistics v26 (Chicago, IL, USA) kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normal dağılıma uygunluğu için Jarque-Bera Testi (Jarque ve Bera, 1987) kullanılmıştır. Veriler 3 adet bağımlı değişkenden oluştuğundan normal dağılım gösteren verilerin karşılaştırılmasında Tekrarlayan Testlerde ANOVA Testi ve non-parametrik veriler için Friedmann Testi kullanılmıştır. Friedmann testi sonucunda istatistiksel anlamlı farklar tespit edilen verilerin 2'li karşılaştırmaları için Wilcoxon Testi kullanılmıştır. Tekrarlı testlerin tümünde Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır. İstatistiksel analizde güven aralığı %95 düzeyinde tutulmuş ve $p<0,05$ elde edilen analizler istatistiksel anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Genç erişkinlerde statik ve dinamik işitsel sahnelerin postüral kontrole etkisinin değerlendirildiği çalışmamızda, minimum katılımcı sayısını belirlemek amacıyla, G*Power v3.1.9.4 yazılımı kullanılarak çalışmamızın istatistiksel güç analizi yapılmıştır. Yapılacak tekrarlayan test karşılaştırmalarının 0,80 güç, %95 güven aralığı ve 0,3 etki büyüklüğü ile gerçekleştirilebilmesi için minimum örneklem büyüklüğü 27 olarak belirlenmiştir.

18-24 yaş aralığında, sağlıklı 27 katılımcıdan (14 kadın, 13 erkek) elde edilen verilerle belirlenen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Demografik Bilgiler

Katılımcılara ait yaş ve boy ortalamaları Tablo 4-1'de gösterilmiştir.

Tablo 4-1: Katılımcılara ait tanımlayıcı bilgiler.

Özellik	Değer (Ortalama ± SS)
Katılımcı sayısı	27 (14 Erkek, 13 Kadın)
Yaş ortalaması	21,66 ± 0,87
Boy	166,93 ± 7,23 (cm)

4.2. Akustik İmmitansmetrik Ölçümler ve Saf Ses-Konuşma Odyometrisi

Tüm katılımcılarda, bilateral Tip A timpanogram elde edilmiştir ve ipsilateral-kontralateral akustik refleks eşikleri normal gözlenmiştir.

Saf ses odyometri testinde, tüm katılımcılarda bilateral normal işitme bulguları gözlenmiştir. Konuşma odyometrisi sonuçları, saf ses odyometri sonuçları ile uyumlu elde edilmiştir.

Elde edilen akustik refleks eşikleri ile saf ses işitme eşikleri karşılaştırılmıştır. Tüm katılımcılarda aradaki fark 75 dB SL'den fazla elde edilmiştir.

4.3. Yatak Başı Muayene Testleri

Tüm katılımcılarda Fukuda adımlama, disdiadokinezi, past-pointing, parmak burun ve parmak-topuk yürüme test sonuçları normal elde edilmiştir.

4.4. SOT (DOT) Bulguları

Tüm katılımcıların denge skorları ve kompozit skorları yaş normallerine uygun aralıkta bulunmuştur. Testlerin detaylı karşılaştırmaları aşağıda sunulmuştur.

4.4.1. Sessiz Durum SOT Bulguları

Katılımcılara, her seansta işitsel uyaran verilmeden uygulanan SOT bulguları Tablo 4-2'de verilmiştir.

Tablo 4-2: Sessiz durumda yapılan SOT'ların denge skoru tanımlayıcı bulguları ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	SOT2 (sessiz) (Ortalama ± SS)	SOT3 (sessiz) (Ortalama ± SS)	p değeri
DS1	95,84 ± 1,18	95,89 ± 1,36	96,27 ± 1,32	
DS2	94,67 ± 1,78	94,52 ± 2,33	94,53 ± 2,02	
DS3	94,19 ± 2,07	93,78 ± 2,62	94,76 ± 1,94	
DS4	90,73 ± 5,16	90,95 ± 4,71	90,48 ± 4,20	p>0,05
DS5	76,55 ± 9,33	76,41 ± 11,03	77,09 ± 8,61	
DS6	77,13 ± 9,39	78,00 ± 13,73	79,29 ± 11,98	
KDS	86,77 ± 3,95	86,87 ± 5,43	87,40 ± 4,81	

DS: Denge Skoru (sayılar ilgili durumu göstermektedir), KDS: Kompozit Denge Skoru, SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. seansta SOT (Gürültü uyaranı), SOT3: 3. seansta SOT (Dinamik uyaran).

Uyaran gönderilmeden yapılan SOT'larda, tüm durumlardan elde edilen denge skorlarında ve kompozit skorlarda, 3 seans arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4-2).

4.4.2. Farklı Modalitelerde Denge Skoru Karşılaştırması

Sessiz durumda, kokteyl parti gürültüsü varlığında ve dinamik uyaran varlığında yapılan SOT'lardan elde edilen denge skorları tanımlayıcı bilgileri Tablo 4-3'te, farklı modalitelerin denge skorlarının ikili istatistiksel karşılaştırmaları ise Tablo 4-4'te ve Tablo 4-5'te gösterilmiştir.

Tablo 4-3: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların denge skoru tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	**SOT2 (Ortalama ± SS)**	**SOT3 (Ortalama ± SS)**
DS1	95,84 ± 1,18	95,03 ± 1,36	95,19 ± 1,32
DS2	94,67 ± 1,78	93,22 ± 2,33	93,14 ± 2,02
DS3	94,19 ± 2,07	93,49 ± 2,62	92,91 ± 1,94
DS4	90,73 ± 5,16	87,04 ± 4,71	87,75 ± 4,20
DS5	76,55 ± 9,33	69,85 ± 11,03	71,11 ± 8,61
DS6	77,13 ± 9,39	74,12 ± 13,73	74,17 ± 11,98
KDS	86,77 ± 3,95	83,92 ± 5,58	84,22 ± 4,21

DS: Denge Skoru (sayılar ilgili durumu göstermektedir), KDS: Kompozit Denge Skoru, SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. seansta SOT (Gürültü uyaranı seansı), SOT3: 3. seansta SOT (Dinamik uyaran seansı)

Tablo 4-4: Tüm testler ve durumlar için denge skorlarının istatistiksel kaşılaştırılması.

Testler	p değeri	Testler	p değeri
DS1		DS4	
SOT1 - SOT2	***0,001**	SOT1 - SOT2	***0,036**
SOT1 - SOT3	***0,003**	SOT1 - SOT3	***0,028**
SOT2 - SOT3	1	SOT2 - SOT3	1
DS2		DS5	
SOT1 - SOT2	***0,020**	SOT1 - SOT2	***0,010**
SOT1 - SOT3	***0,002**	SOT1 - SOT3	***0,002**
SOT2 - SOT3	1	SOT2 - SOT3	1
DS3		DS6	
SOT1 - SOT2	***0,004**	SOT1 - SOT2	***0,014**
SOT1 – SOT3	***0,001**	SOT1 - SOT3	***0,008**
SOT2 - SOT3	1	SOT2 - SOT3	1

DS: Denge Skoru (sayılar ilgili durumu göstermektedir), SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT , SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

* $p < 0,05$

Tüm durumlarda statik ve dinamik uyaranlar denge skorunu ve kompozit denge skorunu istatistiksel anlamlı olarak düşürmüştür (Tablo 4-4 ve 4-5).

Tablo 4-5: Tüm seanslar için kompozit denge skorlarının istatistiksel kaşılaştırılması.

KDS	p değeri
SOT1 – SOT2	***0,0010**
SOT1 – SOT3	***0,0003**
SOT2 – SOT3	1

KDS: Kompozit Denge Skoru, SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT. * $p < 0,05$

4.4.3. Sensör Analiz Bulguları

Katılımcılara her seansta işitsel uyaran verilmeden uygulanan SOT'lardan elde edilen denge skorları kullanılarak farklı sensör girdiler için karakteristik puanlar hesaplanmış ve tanımlayıcı bulguları Tablo 4-6'da sunulmuştur.

Tablo 4-6: Sessiz durumda yapılan SOT'ların sensör analiz tanımlayıcı bulguları ve istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	SOT2 (Sessiz) (Ortalama ± SS)	SOT3 (Sessiz) (Ortalama ± SS)	**p değeri**
SOM	98,78 ± 1,89	98,57 ± 2,14	98,19 ± 1,68	p>0,05
VIS	94,68 ± 5,53	94,84 ± 4,59	93,98 ± 4,07	
VEST	79,88 ± 9,80	79,67 ± 11,31	80,05 ± 8,67	
PREF	100,19 ± 5,17	100,51 ± 5,42	101,36 ± 4,06	

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT, SOM: Somatosensör girdi skoru, VIS: Vizüel girdi skoru, VEST: Vestibüler girdi skoru, PREF: Vizüel girdi tercihi skoru.

Uyaran gönderilmeden yapılan SOT'lardan elde edilen sensör girdi puanları 3 seans arasında karşılaştırılmış ve istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır (p>0,05) (Tablo 4-6).

Sessiz durumda, kokteyl parti gürültüsü varlığında ve dinamik uyaran varlığında yapılan SOT'lardan elde edilen denge skorları kullanılarak farklı sensör girdiler için karakteristik puanlar hesaplanmış ve tanımlayıcı bulguları Tablo 4-7'de sunulmuştur.

Tablo 4-7: Tüm seanslara ait sensör analiz tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	SOT2 (Ortalama ± SS)	SOT3 (Ortalama ± SS)
SOM	98,78 ± 1,89	102,02 ± 2,48	97,86 ± 3,12
VIS	94,68 ± 5,53	92,54 ± 8,11	92,16 ± 8,54
VEST	79,88 ± 9,80	73,45 ± 14,33	74,63 ± 11,39
PREF	100,19 ± 5,17	103,43 ± 9,54	102,77 ± 9,24

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT, SOM: Somatosensör girdi skoru, VIS: Vizüel girdi skoru, VEST: Vestibüler girdi skoru, PREF: Vizüel girdi tercihi skoru.

Tablo 4-8: Tüm seanslara ait sensör analiz bulgularının istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Sensör Analiz Karşılaştırması	**p değeri**	**Sensör Analiz Karşılaştırması**	**p değeri**
SOM		VIS	
SOT1 - SOT2	***0,000**	SOT1 - SOT2	0,136
SOT1 - SOT3	1	SOT1 - SOT3	0,221
SOT2 - SOT3	***0,000**	SOT2 - SOT3	1
VEST		PREF	
SOT1 - SOT2	***0,024**	SOT1 - SOT2	0,307
SOT1 - SOT3	***0,011**	SOT1 - SOT3	0,479
SOT2 - SOT3	1	SOT2 - SOT3	0,766

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT, SOM: Somatosensör girdi skoru, VIS: Vizüel girdi skoru, VEST: Vestibüler girdi skoru, PREF: Vizüel girdi tercihi skoru.

* $p < 0,05$

Sensör analiz skorları ile 3 seans arasında yapılan karşılaştırmalarda, statik işitsel sahnenin SOM skorunu 1. ve 3. seanslara göre istatistiksel olarak anlamlı artırdığı, statik ve dinamik işitsel sahnelerin VEST skorunu sessiz duruma göre istatistiksel olarak anlamlı azalttığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4-8). Ayrıca istatistiksel anlamlı farklar

olmamasına rağmen PREF skorunun işitsel uyaran varlığında arttığı gözlenmiştir (Tablo 4-7).

4.4.4. Farklı Modalitelerde Salınım Miktarları Karşılaştırması

Ağırlık merkezinin açısal değişim grafiklerinden elde edilen, öne-arkaya salınım sayısı tanımlayıcı bulguları Tablo 4-9'da ve sağa-sola salınım sayısı tanımlayıcı bulguları Tablo 4-10'da verilmiştir.

Tablo 4-9: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım miktarlarının tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	SOT2 (Ortalama ± SS)	SOT3 (Ortalama ± SS)
Durum 1	17,52 ± 3,99	18,44 ± 3,82	17,96 ± 4,52
Durum 2	17,15 ± 3,50	17,56 ± 4,14	17,89 ± 3,78
Durum 3	18,00 ± 4,14	18,74 ± 4,92	18,30 ± 5,49
Durum 4	20,15 ± 7,06	18,63 ± 6,11	18,56 ± 7,03
Durum 5	17,89 ± 5,23	15,56 ± 5,85	16,48 ± 5,66
Durum 6	18,15 ± 6,48	15,85 ± 4,62	17,04 ± 7,41

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

Tablo 4-10: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım miktarlarının tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (Ortalama ± SS)	SOT2 (Ortalama ± SS)	SOT3 (Ortalama ± SS)
Durum 1	20,07 ± 3,52	21,63 ± 3,41	20,52 ± 3,67
Durum 2	19,81 ± 4,54	21,00 ± 3,98	20,15 ± 3,30
Durum 3	20,00 ± 4,76	20,59 ± 4,24	20,26 ± 3,07
Durum 4	19,67 ± 4,68	20,74 ± 3,74	19,48 ± 3,71
Durum 5	19,26 ± 4,17	19,15 ± 4,17	19,41 ± 3,69
Durum 6	20,15 ± 4,08	19,67 ± 4,02	20,15 ± 4,32

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

Öne-arkaya ve sağa-sola salınım miktarları, tüm durumlar için, kendi içerisinde karşılaştırılmıştır ve istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4-9 ve 4-10).

4.4.5. Farklı Modalitelerde Salınım Amplitütleri Karşılaştırması

Ağırlık merkezinin açısal değişim grafiklerinden elde edilen salınımların, amplitüt verilerine ait bulgular aşağıda verilmiştir. Tablo 4-11'de öne-arkaya salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları, Tablo 4-12'de ise sağa-sola salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları yer almaktadır. Amplitüt değerleri derece cinsinden hesaplanmıştır.

Tablo 4-11: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (derece) (Ortalama ± SS)	SOT2 (derece) (Ortalama ± SS)	SOT3 (derece) (Ortalama ± SS)
Durum 1	0,14 ± 0,07	0,17 ± 0,06	0,17 ± 0,11
Durum 2	0,24 ± 0,11	0,30 ± 0,15	0,28 ± 0,16
Durum 3	0,20 ± 0,08	0,25 ± 0,12	0,21 ± 0,11
Durum 4	0,25 ± 0,21	0,36 ± 0,42	0,41 ± 0,69
Durum 5	0,66 ± 0,40	0,85 ± 0,78	0,76 ± 0,35
Durum 6	0,52 ± 0,40	0,60 ± 0,38	0,64 ± 0,53

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

Tablo 4-12: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım amplitütlerinin tanımlayıcı bulguları.

	SOT1 (derece) (Ortalama ± SS)	SOT2 (derece) (Ortalama ± SS)	SOT3 (derece) (Ortalama ± SS)
Durum 1	0,09 ± 0,05	0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,04
Durum 2	0,11 ± 0,05	0,11 ± 0,05	0,09 ± 0,05
Durum 3	0,10 ± 0,05	0,09 ± 0,05	0,08 ± 0,03
Durum 4	0,12 ± 0,06	0,11 ± 0,06	0,11 ± 0,06
Durum 5	0,22 ± 0,13	0,21 ± 0,09	0,20 ± 0,10
Durum 6	0,15 ± 0,06	0,16 ± 0,08	0,14 ± 0,09

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

Tanımlayıcı bulgulara göre statik ve dinamik uyaranların, öne-arkaya salınım ortalamalarını artırdığı, dinamik uyaranların (sağa-sola hareket eden) ise sağa-sola salınım ortalamalarını azalttığı belirlenmiştir. 3 seanstan elde edilen amplitüt verilerinin karşılaştırmaları Tablo 4-13 ve Tablo 4-14'te sunulmuştur.

Tablo 4-13: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların öne-arkaya salınım amplitütlerinin istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Testler	p değeri	Testler	p değeri
Durum 1		Durum 4	
SOT1 - SOT2	***0,048**	SOT1 - SOT2	0,205
SOT1 - SOT3	0,123	SOT1 - SOT3	0,269
SOT2 - SOT3	0,945	SOT2 - SOT3	0,514
Durum 2		Durum 5	
SOT1 - SOT2	***0,019**	SOT1 - SOT2	0,269
SOT1 - SOT3	***0,039**	SOT1 - SOT3	0,156
SOT2 - SOT3	0,625	SOT2 - SOT3	0,496
Durum 3		Durum 6	
SOT1 - SOT2	***0,024**	SOT1 - SOT2	0,203
SOT1 – SOT3	0,462	SOT1 - SOT3	***0,041**
SOT2 - SOT3	0,141	SOT2 - SOT3	0,662

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

* $p < 0,05$

Öne-arkaya salınım amplitütlerinin istatistiksel analizi sonucu, statik uyaranın 1., 2., ve 3. durumda, dinamik uyaranların ise 2. ve 6. durumda öne-arkaya salınım amplitütlerini istatiksel olarak anlamlı artırdığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4-13).

Sağa-sola salınım amplitütlerinin istatistiksel analizi sonucu, dinamik uyaranın 1., 3., ve 4. durumlarda sağa-sola salınım amplitütlerini istatistiksel anlamlı olarak azalttığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4-14).

Tablo 4-14: Sessiz durum ve uyaran varlığında yapılan SOT'ların sağa-sola salınım amplitütlerinin istatistiksel karşılaştırma sonuçları.

Testler	p değeri	Testler	p değeri
Durum 1		Durum 4	
SOT1 - SOT2	0,192	SOT1 - SOT2	0,136
SOT1 - SOT3	***0,024**	SOT1 - SOT3	***0,048**
SOT2 - SOT3	0,852	SOT2 - SOT3	0,845
Durum 2		Durum 5	
SOT1 - SOT2	0,982	SOT1 - SOT2	0,548
SOT1 - SOT3	0,218	SOT1 - SOT3	0,203
SOT2 - SOT3	0,187	SOT2 - SOT3	0,756
Durum 3		Durum 6	
SOT1 - SOT2	0,323	SOT1 - SOT2	0,755
SOT1 – SOT3	***0,021**	SOT1 - SOT3	0,239
SOT2 - SOT3	0,135	SOT2 - SOT3	0,496

SOT: Sensör Organizasyon Testi, SOT1: 1. seansta SOT, SOT2: 2. Seansta gürültü uyaranı varlığında SOT, SOT3: 3. seansta dinamik uyaran varlığında SOT.

* $p < 0,05$

4.4.6. Dinamik Uyaranlara Verilen Tepkilerin Karşılaştırılması

Dinamik uyaran gönderilmeye başladıktan sonra, salınımda ortaya çıkan tepki için geçen sürelerin tanımlayıcı bulguları Tablo 4-15'te yer almaktadır.

Tablo 4-15: Dinamik uyaran varlığında katılımcıların uyarana karşı tepki sürelerinin, tüm durumlar için tanımlayıcı bulguları.

	Tepki Süresi (ms) (Ortalama ± SS)	p değeri
Durum 1	4,97 ± 4,38	
Durum 2	6,54 ± 4,07	
Durum 3	5,20 ± 2,63	
Durum 4	6,72 ± 4,08	$p > 0,05$
Durum 5	6,22 ± 4,36	
Durum 6	5,90 ± 3,36	
Genel	5,92 ± 3,86	

Dinamik uyarana karşı tepki süreleri tüm durumlar için karşılaştırılmıştır ve istatistiksel anlamlı farklılık bulunmamıştır. Sessiz durumda ve statik uyaran varlığında SOT bulguları incelendiğinde uyaran başlangıcına tepki olarak ortaya çıkan tutarlı salınım bulgularına rastlanmamıştır.

Dinamik uyaranın başlangıcına karşı üretilen tepkilerin yönü her test için belirlenmiş ve Tablo 4-16'da yüzdelik dağılımları gösterilmiştir.

Tablo 4-16: Dinamik uyaran varlığında katılımcıların uyarana verdikleri tepkilerin, tüm durumlar için yüzdelik dağılımı.

	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4	Durum 5	Durum 6	Toplam
Sesten uzaklaşma	%59,26	%59,26	%59,26	%66,67	%59,26	%62,96	%61,11
Sese yaklaşma	%40,74	%40,74	%40,74	%33,33	%40,74	%37,04	%38,89
n	54	54	54	54	54	54	324

n: toplam ölçüm miktarı.

Dinamik uyaranın başlangıcına üretilen tepkilerin yönü açısından tüm durumlar arasında istatistiksel anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4-16). Fakat yüzdelik olarak, katılımcıların çoğunlukla uyaranın başlangıcında, uyaran yaklaşırken, uyarandan uzaklaşma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Fakat tekrar eden uyaranlarda uyarana spesifik seyreden postüral tepkilere rastlanmamıştır.

5. TARTIŞMA

Postüral stabilitenin sağlanması temelde vestibüler, vizüel ve somatosensör girdilerin entegrasyonu ile sağlanır. Fakat yapılan çalışmalar postür kontrolünde aslında birçok duyusal girdinin ve kortikal süreçlerin rolü olduğunu göstermektedir (Maheu ve ark., 2017b). İşitsel uyaranların vestibüler refleks arklarında oluşturduğu cevaplar uzun yıllardır bilinmekte ve mevcut test yöntemleri ile klinik rutinde değerlendirilmektedir (Colebatch ve ark, 1994; Colebatch, 2010; Dlugaiczyk, 2020). Basit akustik uyaranlarla birlikte kompleks uyaranların ve işitsel sahnelerin postüral cevaplar ürettiği yapılan çalışmalarda gözlenmiştir (Soames ve Raper, 1992; Chen ve ark., 2017; Guigou ve ark., 2018). Fakat vestibüler-işitsel entegrasyon henüz tam olarak anlaşılabilmiş olmasa da bazı çalışmalar kortikal ve subkortikal düzeylerde entegrasyonla ilişkili olduğu düşünülen nöral kaynaklar belirlemiştir. Oh ve ark. (2018) superior temporal gyrusun kaudalinde ve posterior insulada vestibüler ve işitsel uyaranlara birlikte tepki veren nöral topluluklar belirlemiştir. Stevens ve ark. (2017) çalışmalarında vizüel, işitsel ve vestibüler girdilerin beyinsapı düzeyinde multisensör entegrasyonunun olabileceğini bildirmiştir. Superior kollikulusun retiküler formasyona yaptığı projeksiyonlar göz önüne alındığında (Kawamura ve ark., 1974) entegrasyonun beyinsapı düzeyinde başladığı düşünülebilir. Lateral retiküler çekirdeğin multisensör girdileri serebelluma ileterek postüral düzenlemelere katkı sağlaması (Alstermark ve Ekerot, 2013), işitsel ve vestibüler girdilerin beyinsapı düzeyinde entegre edilmesi fikrini desteklemektedir.

Ön uyaran aracılıklı inhibisyon teorisi kullanılarak yapılan işitsel irkilme refleksi çalışmalarında insanların 90 dB SPL civarında impulsif uyaranlara işitsel irkilme refleksi cevapları ürettiği bildirilmiştir (Kedzior ve ark., 2006; Balogiannis ve ark., 2020). İrkilme refleksinin olası etkileri uyaranlarımızın yükselme ve alçalma zamanları uzun tutularak ve uyaranlarımız impulsif komponentlerden arındırılarak engellenmeye çalışılmıştır. Çalışmamızda uyaran şiddeti 75 dB SL olarak belirlenmiştir. Bu değer akustik stapedial refleksin olası etkilerini ortadan kaldırmak için belirlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar işitsel uyaran şiddetindeki artışın oluşan postüral yanıtlarla korele olmadığını göstermektedir (Sakellari ve ark., 1996; Polechonski ve Blaszczyk, 2006; Park ve ark., 2011; Siedlecka ve ark., 2015). Sonuç olarak çalışmamızdan olası yüksek şiddet ilişkili etkiler dışlanmıştır.

Çalışmamızda statik ve dinamik işitsel sahnelerin ürettiği postüral cevaplar birçok parametre üzerinden değerlendirilmiş olup öncelikle uyaran verilmeyen durumda denge skorlarının tekrarlayan seanslardaki değişimi karşılaştırılmıştır. 3 seansta uyaran verilmeyen durumların denge skorları ve kompozit denge skorları arasında herhangi bir istatistiksel anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bu durum test-tekrar güvenirliğinin yüksek olduğunu ve uyaran varlığında denge parametrelerinde gözlenecek değişimlerin seans bağımlı etkisinin olmadığını düşündürmüştür. Çalışmamızda kullandığımız BDP sisteminin test-tekrar test güvenirliği yüksektir ve bulgularımız literatürle koreledir (Dickin, 2010).

Literatürde işitme kaybının ve akustik ipuçlarındaki azalmanın postüral salınımları artırdığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Rumalla ve ark., 2014; Vitkovic ve ark., 2016; Guigou ve ark., 2018). Maheu ve ark. (2017a) işitsel girdilerdeki azalmanın sensör yeniden ağırlıklandırmayı tetiklediğini ve vizüel girdilerin kullanımını artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda kullandığımız kulaklıklar minimal düzeyde çevreden gelen işitsel girdiyi azaltmaktadır. Bu durumun sensör analiz bulgularına göre kulaklık kullanılan durumlarda vizüel tercih skorunu minimal düzeyde artırması ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Statik ve dinamik işitsel sahneler varlığında sessiz durumlara göre denge skorlarında anlamlı azalmalar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Denge skoru açısından statik ve dinamik sahneler arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Guigo ve ark. (2018) akustik sahne içerisinde dönen kokteyl parti gürültüsünün normal ve vestibüler disfonksiyonu olan bireylerde postüral salınımları artırdığını bildirmiştir. Ayrıca vestibüler patolojisi olan kişilerin işitsel uyaran varlığında postüral salınımların, normal bireylerden daha fazla etkilediğini bildiren çalışmalar literatürde mevcuttur (Vitkovic ve ark., 2016; Guigo ve ark., 2018; Maheu ve ark., 2019). Denge skorundaki düşüş SOT'un 1. durumunda minimal olmakla birlikte, durumlar zorlaştıkça skordaki düşüş de artmıştır. SOT sırasında kullandığımız işitsel uyaranlar sanal bir çevre algısı oluşturmaktadır. Sanal sahnenin olası bozucu etkileri, kolay durumlarda, temel sensör denge girdileri ile telafi edilebilmektedir. Bu durum telafi mekanizması sensör girdilerin yeniden ağırlıklandırılmasından kaynaklanır. Genelde yalnızca bir sensör girdi bozulduğunda diğer girdilerin ağırlığı artırılır ve postüral stabilite korunur (Pasma ve ark., 2014). Fakat durumlar zorlaştıkça sensör girdilerin güvenirliği azalmakta ve postüral stabiliteyi

korumak için diğer sensör girdilerin baskınlığı da artmaktadır. Örneğin 5. durumda vizüel girdinin olmaması ve somatosensör girdinin güvenirliğinin azalması kişinin vestibüler girdilere odaklanarak postürünü korumasınına neden olmaktadır. Dolayısıyla denge skorlarındaki düşüş eğiliminin kullanılan sensör girdilerin güvenirliğinin azalması ve/veya hiç kullanılmaması ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Van Kordelaar ve ark. (2018) vestibüler patolojilerin şiddeti arttıkça denge kontrolünde vestibüler girdilere olan güvenin azaldığını bildirmiştir. Bu bilgi çalışmamızın bulgularını ve literatürü ortak paydada birleştirmektedir (bkz. Vitkovic ve ark., 2016; Guigo ve ark., 2018; Maheu ve ark., 2019).

3 modalitenin kompozit denge skorları arasında da denge skorları ile uyumlu farklar bulunmuştur. Statik ve dinamik işitsel sahneler kompozit denge skorlarını azaltmıştır ($p<0,05$). Ortalamalara bakılınca düşüş istatistiksel olarak anlamlı olsa da düşüşün göz ardı edilebilecek kadar küçük olduğu düşünülebilir. Fakat denge bozukluğu yaşayan bireylerde sensör ağırlıklandırma nedeniyle etkilenim daha fazla olacaktır (Vitkovic ve ark., 2016; Guigo ve ark., 2018; Maheu ve ark., 2019).

Sensör girdilerin ayrı ayrı analizi ile kullanılan işitsel sahnelerin hangi girdiler üzerine daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Öncelikle sessiz modaliteler arasında farklı sensör girdi oranları açısından anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu durum denge skorlarından elde edilen sonuçlar ile uyumludur.

Statik kokteyl parti gürültüsü somatosensör girdi skorunu diğer modalitelere göre artırmıştır ($p<0,05$). Bu durumun sensör girdilerin yeniden ağılıklandırılması ile ilişkili olduğu düşünülmüştür (Pasma ve ark., 2014). Birçok çalışma statik geniş bant gürültülerin postüral salınımları azalttığını bildirmektedir (Zhong ve ark., 2013; Ross ve Balasubramaniam 2015; Ross ve ark., 2016; Stevens ve ark., 2017; Maheu ve ark., 2017b; 2019). Park ve ark., (2011) farklı frekansta saf seslerin, farklı postüral etkileri olduğunu göstermiştir. Ayrıca Seiwerth ve ark. (2020) farklı frekans bantlarında gürültülerin farklı postüral çıktılar verdiğini çalışmalarında göstermiştir. Çalışmamızda kullandığımız uyaran geniş bant olsa da zaman ekseninde spektral değişiklikler içermektedir. Bu nedenle, bahsi geçen çalışmaların sonuçları birlikte ele alındığında, statik kokteyl parti gürültüsünün denge skorlarını düşürürken somatosensör girdilerin kullanımını da artırması makul bulunmuştur.

Statik ve dinamik işitsel sahneler sessiz duruma göre vestibüler girdi skorunu azaltmıştır ($p<0,05$). Bu durum işitsel girdinin, somatosensör ve vizüel girdiler dışlandığında, vestibüler girdiler üzerinde bozucu etki yaptığını göstermektedir. İşitsel uyaranların dengeye etkisini araştıran çalışmalar farklı sonuçlar sunmaktadır. Bazı çalışmalarda işitsel uyaranlar postüral salınımları azaltırken (bkz. Gandemer ve ark., 2014; Gandemer ve ark., 2016; Maheu ve ark., 2019) bazı çalışmalar tam aksini öne sürmektedir (bkz. Agaevea ve Altman, 2005; Gago ve ark., 2015; Stevens ve ark., 2016; Vitkovic ve ark., 2016;). Gago ve ark. (2015) arka plan gürültüsü azaldığında alzheimer hastalığı olan kişilerin postüral salınımlarının azaldığını bildirmiştir. Bu nedenle çalışmalarda dikkat becerileri de ele alınmalıdır. Ayrıca bahsi geçen çalışmalara yakından bakılırsa aslında deney düzeneklerinin ve kullanılan işitsel uyaranların farklı olduğu görülecektir. İşitsel uyaranın, spektral özelliklerinin, denge kontrolüne etkisini değiştirdiği de göz önüne alınırsa (Park ve ark., 2011) çalışmalar arası tutarsızlıklar açıklanabilir.

Tüm seanslar ve durumlarda salınım miktarları arasında, bireysel farklılıklar görülmekle beraber, anlamlı farklar gözlenmemiştir ($p>0,05$). Bu durum, denge skorlarındaki düşüşten hareketle, işitsel uyaranların salınımların frekansını değil amplitütlerini etkilediğini düşündürmüştür.

Statik uyaranlar 1. 2. ve 3. durumlarda, dinamik uyaranlar ise 2. ve 6. durumlarda sessiz duruma göre öne arkaya salınım amplitütlerinde istatistiksel anlamlı artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Genel tabloda ise tüm durumlarda işitsel uyaran varlığında öne-arkaya salınım amplitütlerinin arttığı görülmektedir. Burada amplitüt verileri öne-arkaya veya arkaya-öne duraklama olmadan yapılan salınımları derece cinsinden ifade etmektedir. Eşitlik 3-2'de de görüldüğü üzere denge skorları öne-arkaya maksimum salınım açıları kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle amplitüt ve denge skorları farklı becerileri ifade etmektedir. Yapılan çalışmalar test durumları zorlaştıkça işitsel uyaranların etkisinin arttığını göstermektedir (Tanaka ve ark., 2001). Çalışmamızda da ortalama amplitütler test zorlaştıkça daha fazla artmaktadır. Literatürde postüral salınımlar çoğunlukla salınım alanı ve ağırlık merkezinin yer değiştirmesi üzerinden hesaplanmaktadır (Soames ve Raper, 1992; Tanaka ve ark., 2001; Guigou ve ark., 2018). Eşitlik 3-1 düzenlenirse,

$$\Delta COG = \frac{\tan\theta}{0{,}55 * h} \quad (5\text{-}1)$$

eşitliği elde edilir. Burada ΔCOG: ağırlık merkezinin yer değiştirmesini, θ: salınım açısını ve h: bireyin boyunu göstermektedir (Eşitlik 5-1). Burada ΔCOG kişinin boyuna bağlıyken θ değildir. Bu nedenle çalışmamızda hesaplamalar açılar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Sağa-sola salınım amplitütlerine bakıldığında ise sağa-sola hareket eden dinamik işitsel sahnelerin 1. ve 4. durumlarda sağa-sola salınım amplitütlerini istatistiksel olarak anlamlı olarak azalttığı görülmektedir ($p<0,05$). Genel tabloda ise tüm durumlarda ortalama dinamik uyaran, sağa-sola salınım amplitüt ortalamasını azaltmıştır. Fleszar ve ark. (2018) işitsel biofeedback sistemlerinin dejeneratif ataksi vakalarında postüral kontrolü iyileştirdiğini bildirmiştir. Çalışmada kullanılan sistem farklı yönlerde postüral salınımların farklı frekans ve şiddette akustik feedback üretmesi esasına dayanmaktadır (Chiari ve ark., 2005). Sanal işitsel sahnede sağa-sola hareket eden seslerin de kendi eksenlerindeki postüral salınımı azaltıyor olması, bu seslerin akustik biofeedback sistemlerinde ve vestibüler rehabilitasyon programlarında kullanılabileceğini düşündürmüştür.

Dinamik uyaran varlığında uyaranla tetiklenen, tutarlı, sağa-sola postüral salınımlar belirlenmiştir. Uyarandan sonra oluşan tepkiler için geçen süreler, bireysel farklılıklar olmakla birlikte 5,92 ± 3,86 ms olarak olarak hesaplanmıştır. Fakat çalışmada kullanılan BDP cihazı 100 Hz'de sensör kayıtları almaktadır. Dolayısıyla yapılan hesaplamada ekstra ± 10 ms hata payı söz konusudur. Tepki sürelerinin daha hassas hesaplanması ve hataların azaltılması için daha yüksek frekanslarda kayıtlar alabilen sensörlere sahip bir sistem kullanılmalıdır. Hesaplanan uyaran tepki süreleri, vestibüler-işitsel entegrasyonun beyinsapı düzeyinde de gerçekleşmesi hipotezini desteklemektedir.

Uyarana oluşturulan tepkilerin yönüne bakıldığında istatistiksel anlamlılık bulunmamakla beraber ($p>0,05$), çoğunlukla ilk oluşan tepkinin sesten uzaklaşma olduğu görülmüştür (%61,11). Andreeva ve ark. (2017) yaklaşan seslerin kendileri ile aynı yönde bir postüral salınım tetiklediğini bildirmiştir. Ayrıca farklı algısal becerilere sahip bireylerin işitsel uyaranlara farklı postüral tepkiler verdiği gösterilmiştir (Andreeva ve

ark., 2018). Çalışmamızda da katılımcılar çoğunlukla dinamik uyaranın başlangıcına uyaranla aynı yönde postüral salınım oluşturarak tepki vermiştir. Çalışmamızda da tepki yönlerindeki değişkenliğin katılımcıların farklı algısal yatkınlıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat çalışmamızda katılımcıların algısal yatkınlıkları değerlendirilmemiştir.

Uyaranın başlangıcına senkronize olan postüral salınımlar tekrar eden uyarımlarda senkronizasyonunu kaybetmektedir. Bu durumun birçok sebebi olabilir. Öncelikle işitsel uyarana verilen postüral tepkinin fizyolojik latansı bilinmemektedir. Ayrıca uyarana verilen ilk tepkinin refleksif olması ve ardından gelen tepkilerde kortikal ve serebellar süreçlerin etkili olması muhtemeldir. Bu nedenle sürecin anlaşılabilmesi için sistemin ürettiği elektrofizyolojik cevapları belirleyecek çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Literatürde ritim içeren işitsel uyaranların ritimlerine uygun postüral salınımlar tetiklediğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Chen ve ark., 2017; Costa ve ark., 2018). Fakat çalışmamızda kullanılan uyaranlar randomize üretilmiştir ve ritim içermemektedir. Ayrıca kullandığımız uyaranların kompleks yapıda olması nedeniyle, uyaran başlangıcından sonra tetiklenen postüral düzeltmelerde, kortikal süreçlerin daha etkili olduğu düşünülmektedir.

Lubetzky ve ark. (2020) çalışmamızın başlangıcından sonra hazırladıkları literatür derlemesinde, literatüre günlük hayatta karşılaşılan daha kompleks seslerin postüral kontrole etkisini araştıran çalışmaların kazandırılmasının gerekliliğinden bahsetmektedir. Bu yönüyle çalışmamızın literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan sistemde denge skorları sadece öne ve arkaya maksimum salınımları baz alarak hesaplanmaktadır. Fakat postüral kontrol sürekli bir sistemdir. Bu nedenle sadece çalışmamızda değil, postüral kontrolü ikincil uyaranlar varlığında değerlendiren tüm çalışmalarda, ölçümleri bir bütün olarak ele alan hesaplama yöntemlerini kullanmanın, daha hassas sonuçlar elde etmeyi sağlayacağı düşünülmektedir.

Elde ettiğimiz sonuçlarda, çalışmanın doğası gereği, yalnızca sessiz durumlarda test-tekrar test güvenirliği değerlendirilmiştir. Gelecek çalışmalarda kullandığımız uyaranlar ile aldığımız sonuçların tekrarlanabilirliğinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Denge dikkat ilişkisi bilinmektedir (Huxhold ve ark., 2006; Zettel ve ark., 2008; Cluff ve ark., 2010). Fakat çalışmamızda katılımcının dikkat durumunu değerlendirecek herhangi bir batarya kullanılmamıştır. Bu durum işitsel sahnelerin etkisinde değişikliğe yol açabilir. Yine de sessiz durumlarda 3 seans için denge skorlarında anlamlı farkların olmaması, katılımcıların dikkat durumlarının seanslar arasında benzer olduğunu düşündürmüştür.

Sonuç olarak:

- Statik kokteyl parti gürültüsü somatosensör girdilerin kullanımı artırmaktadır.
- Normal bireylerde, statik ve dinamik işitsel uyaranlar, vestibüler girdilerin kullanımını olumsuz etkilemektedir.
- Sağa-sola hareket eden sesler kendi eksenlerinde salınımı azaltmaktadır ve bu durum denge bozukluklarında akustik biofeedback yöntemlerinin faydalı olabileceğini düşündürmektedir.
- Elde edilen bulgular ışığında, işitsel uyarımların postüral kontrol mekanizmaları ile doğrudan etkileşim halinde olduğu düşünülmektedir.
- Ayrıca işitsel uyaranların vestibüler rehabilitasyon yaklaşımlarında da kullanılabileceği öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

Agaeva, M. Yu., & Altman, Ya. A. (2005). Effect of a Sound Stimulus on Postural Reactions. *Human Physiology*, 31(5), 511-514.

Akpınar Z. (2005) Vestibüler testler ve yorumu. Turkiye Klinikleri J Med Sci.25:724-731.

Aksoy, S., Börü, A., Kılıç, R.T., (2019) Postürografi İçinde Ardıç F.N. (Ed.) Vertigo genişletilmiş ikinci baskı (syf. 113-151). İzmir: US Akademi.

Albernaz, P. L. M., Zuma e Maia, F., Carmona, S., Cal, R.V. R., Zalazar, G. (2019). The new neurotology: a comprehensive clinical guide Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG; 1-39.

Allsopp, T.J. ve Dornhoffer, J.L. (2019) Dynamic posturography İçinde Babu, S., Schutt, C.A., Bojrab, D.I. (Eds.) Diagnosis and treatment of vestibular disorders. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG; 100-105

Alstermark, B., & Ekerot, C.-F. (2013). The lateral reticular nucleus: a precerebellar centre providing the cerebellum with overview and integration of motor functions at systems level. A new hypothesis. The Journal of Physiology, 591(22), 5453-5458.

Andreeva, I. G., Bobrova, E. V., Antifeev, I. E., & Gvozdeva, A. P. (2017). Aftereffects of Approaching and Receding Sound Sources on Postural Responses in Humans. Neuroscience and Behavioral Physiology, 48(1), 45–53.

Andreeva, I. G., Gvozdeva, A. P., Bobrova, E. V., & Gerasimenko, Y. P. (2018). Differences in the Postural Responses to Approaching and Receding Sound Images in Subjects with Different Perceptual Styles. Doklady Biological Sciences, 482(1), 178–181.

Ardıç, F.N., (2019) Denge sisteminin işleyişi İçinde Ardıç F.N. (Ed.) Vertigo (2nd ed.), İzmir: US Akademi; 1-20.

Balogiannis, G., Stachtea, X., Yova, D., & Papageorgiou, C. (2020). A novel optical non-intrusive method for measuring acoustic startle reflex in humans. Physiological Measurement, 41(6), 065003.

Bensel, C. K., Dzendolet, E., & Meiselman, H. L. (1968). Body sway during long-term standing and as affected by pure tones. Perception & Psychophysics, 4(3), 171-174.

Besnard, S., Lopez, C., Brandt, T., Denise, P., & Smith, P. F. (2015). Editorial: The Vestibular System in Cognitive and Memory Processes in Mammalians. Frontiers in Integrative Neuroscience, 9.

Brandt, T., Dieterich, M., Strupp, M. (2013). Vertigo and Dizzines: Common Complaints. Springer Science and Business Media; 31-32.

Brandt, T., Schautzer, F., Hamilton, D. A., Brüning, R., Markowitsch, H. J., Kalla, R. ve ark. (2005). Vestibular loss causes hippocampal atrophy and impaired spatial memory in humans. Brain, 128(11), 2732-2741.

Chaudhry, H., Findley, T., Quigley, K. S., Bukiet, B., Ji, Z., Sims, T., & Maney, M. (2004). Measures of postural stability. The Journal of Rehabilitation Research and Development, 41(5), 713.

Chen X, Qu X. (2017) Influence of affective auditory stimuli on balance control during static stance. Ergonomics; 60(3):404-409.

Chiari, L., Dozza, M., Cappello, A., Horak, F. B., Macellari, V., & Giansanti, D. (2005). Audio-Biofeedback for Balance Improvement: An Accelerometry-Based System. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 52(12), 2108-2111.

Cluff, T., Gharib, T., & Balasubramaniam, R. (2010). Attentional influences on the performance of secondary physical tasks during posture control. Experimental Brain Research, 203(4), 647-658.

Colebatch JG, Halmagyi GM, Skuse NF. (1994) Myogenic potentials generated by a click-evoked vestibulocollic reflex. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 57: 190–7.

Colebatch, J. G. (2010). Sound conclusions? Clinical Neurophysiology, 121(2), 124-126.

Coste, A., Salesse, R.N., Gueugnon, M., Marin, L., Bardy, B.G. (2018). Standing or swaying to the beat: discrete auditory rhythms entrain stance and promote postural coordination stability. Gait Posture; 59:28-34.

Cushing, S.L., Levi, J.R., O'Reilly, R.C. (2013). History and Physical Examination of the Child with a Balance Disorder İçinde O'Reilly, R.C., Morlet, T., Cushing, S.L. (Eds.), Manual of Pediatric Balance Disorders. United Kingdam: Plural Publishing; 35-47

de Bruin N, Kempster C, Doucette A, Doan JB, Hu B, Brown LA. (2015). The effects of music salience on the gait performance of young adults, J Music Ther., 52(3):394-419.

Değirmenci, E., Tekin Bilgin, S., (2019). Erişkin Nörolojik Muayene İçinde Ardıç, F.N. (Ed.), Vertigo (2nd ed.), İzmir, US Akademi; 53-63.

Desmond, A.L. (2004). Function and dysfunction of the vestibular system. İçinde Liu, S. (Ed.) Vestibular function evaluation and treatment. New York, USA: Thieme Medical Publishers, Inc; 21-44.

Dickin, D. C. (2010). Obtaining Reliable Performance Measures on the Sensory Organization Test: Altered Testing Sequences in Young Adults. Clinical Journal of Sport Medicine, 20(4), 278-285.

Dlugaiczyk, J. (2020). Evidence-based diagnostic use of VEMPs. HNO.

Dobbels, B., Peetermans, O., Boon, B., Mertens, G., Van de Heyning, P., & Van Rompaey, V. (2019). Impact of Bilateral Vestibulopathy on Spatial and Nonspatial Cognition. Ear and Hearing, 40(4), 757-765.

Dozza, M., Horak, F. B., & Chiari, L. (2007). Auditory biofeedback substitutes for loss of sensory information in maintaining stance. Experimental Brain Research, 178(1), 37-48.

Ferrè, E.R., Walther, L.E., Haggard, P. (2015). Multisensory interactions between vestibular, visual and somatosensory signals. PLoS One.;10(4):e0124573.

Fife, T.D. (2010) Overview of anatomy and physiology of the vestibular system İçinde Eggers, S.D.Z., Zee, D.S., (Eds.) Vertigo and Imbalance: Clinical Neurophysiology of the Vestibular System Handbook of Clinical Neurophysiology. Netherlands, Elsevier B.V.; 5-18.

Fleszar, Z., Mellone, S., Giese, M., Tacconi, C., Becker, C., Schöls, L. ve ark. (2018). Real-time use of audio-biofeedback can improve postural sway in patients with degenerative ataxia. Annals of Clinical and Translational Neurology, 6(2), 285-294.

Gago, M. F., Fernandes, V., Ferreira, J., Yelshyna, D., Silva, H. D., Rodrigues, M. L. ve ark. (2015). Role of the Visual and Auditory Systems in Postural Stability in Alzheimer's Disease. Journal of Alzheimer's Disease, 46(2), 441-449.

Gandemer, L., Parseihian, G., Kronland-Martinet, R., & Bourdin, C. (2017). Spatial Cues Provided by Sound Improve Postural Stabilization: Evidence of a Spatial Auditory Map? Frontiers in Neuroscience, 11.

Gandemer, L., Parseihian, G., Kronland-Martinet, R., & Bourdin, C. (2014). The influence of horizontally rotating sound on standing balance. Experimental Brain Research, 232(12), 3813-3820.

Goldberg, M.E., Walker, M.F., Hudspeth, A.J. (2013). The vestibular system İçinde Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessell, T.M., Siegelbaum, S.A., Hudspeth, A.J., (Eds.) Principles of Neural Science (5th Ed.).The McGraw-Hill Companies, Inc.; 917-934.

Guigou, C., Toupet, M., Delemps, B., Heuschen, S., Aho, S., & Bozorg Grayeli, A. (2018). Effect of Rotating Auditory Scene on Postural Control in Normal Subjects, Patients With Bilateral Vestibulopathy, Unilateral, or Bilateral Cochlear Implants. Frontiers in Neurology, 9.

Güneri, E.A. (2016a) Vestibüler sistemin anatomisi ve fizyolojisi İçinde Önerci, M. (Ed.), Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi Nörootoloji Cilt 2. Ankara, Matsa Basımevi; 393-404.

Güneri, E.A. (2016b) Vertigolu hastaya yaklaşım ve yatak başı testleri. İçinde Önerci, M. (Ed.), Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi Nörootoloji Cilt 2. Ankara, Matsa Basımevi; 486-495.

Hain, T.C. ve Helminski, J. (2014). Anatomy and physiology of the normal vestibular system. İçinde Herdman, S.J., Clendaniel, R.A. (Eds.) Vestibular rehabilitation (4th Ed.), Philadelphia: F.A. Davis Company; 2-20.

Hallemans, A., Mertens, G., Van de Heyning, P., & Van Rompaey, V. (2017). Playing Music May Improve the Gait Pattern in Patients with Bilateral Caloric Areflexia Wearing a Cochlear Implant: Results from a Pilot Study. Frontiers in neurology, 8, 404.

Herdman, S.J. ve Hall, C.D., (2004) Dynamic posturography İçinde Jackler, R.K. ve Brackmann, D.E., (Eds.) Neurotology (2nd ed.). Philadelphia, Pennsylvania: Elsevier Mosby Inc.; 256-269.

Hitier, M., Zhang, Y.-F., Sato, G., Besnard, S., Zheng, Y., & Smith, P. F. (2020). The effects of selective electrical stimulation of the rat cochlea on hippocampal field potentials. Hearing Research, 395, 108023.

Huxhold, O., Li, S.-C., Schmiedek, F., & Lindenberger, U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. Brain Research Bulletin, 69(3), 294-305.

Kanegaonkar, R. G., Amin, K., Clarke, M. (2012). The contribution of hearing to normal balance. J Laryngol Otol, 126, 984–988.

Kawamura, K., Brodal, A., & Hoddevik, G. (1974). The projection of the superior colliculus onto the reticular formation of the brain stem an experimental anatomical study in the cat. Experimental Brain Research, 19(1).

Kedzior, K. K., Koch, M., & Basar-Eroglu, C. (2006). Prepulse inhibition (PPI) of auditory startle reflex is associated with PPI of auditory-evoked theta oscillations in healthy humans. Neuroscience Letters, 400(3), 246-251.

Kingma H. (2006) Function tests of the otolith of statolith system. Curr Opin Neurol.19(1):21–5.

Kingma, H., ve Van de Berg, R. (2016). Anatomy, physiology, and physics of the peripheral vestibular system İçinde Furman, J.M. ve Lempert,T. (Eds.) Handbook of Clinical Neurology. Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V. 1–16.

Kramer, S. ve Brown, D.K. (2019). Vestibular system. İçinde Stach, B.A. (Ed.). Audiology: Science to practice (3rd ed.). San Diego, CA: Plural Publishing, Inc.; 361-383.

Lee, A. T. H. (2012) Diagnosing the cause of vertigo: a practical approach. Hong Kong Med J;18:327-32

Lopez, C., Blanke, O. (2011) The thalamocortical vestibular system in animals and humans. Brain Res Rev.; 67(1-2):119–46.

Maheu M, Behtani L, Nooristani M, et al. (2019) Vestibular function modulates the benefit of hearing aids in people with hearing loss during static postural control. Ear Hear.;40(6):1418- 1424.

Maheu M, Sharp A, Pagé S, Champoux F. (2017b) Congenital deafness alters sensory weighting for postural control. Ear Hear.;38(6):767-770.

Maheu, M., Sharp, A., Landry, S. P., et al. (2017a). Sensory reweighting after loss of auditory cues in healthy adults. Gait Posture, 53, 151–154.

Moser, E. I., Moser, M.-B., & McNaughton, B. L. (2017). Spatial representation in the hippocampal formation: a history. Nature Neuroscience, 20(11), 1448-1464.

Nashner, L. M., ve McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. Behavioral and Brain Sciences, 8, 135–172.

Nashner, L.M. (2016a) Practical Biomechanics and Physiology of Balance İçinde Jacobson, G.P., Shepard, N.T. (Eds.), Balance function assessment and management (2nd ed.). San Diego, CA: Plural Publishing.; 431-451.

Nashner, L.M. (2016b) Computerized dynamic posturography İçinde Jacobson, G.P., Shepard, N.T. (Eds.), Balance function assessment and management (2nd ed.). San Diego, CA: Plural Publishing.; 451-480.

NeuroCom Int. (2001). Smart Equitest System operator's manual. Clackamas (OR), NeuroCom International.

Oghalai, J.S. ve Brownell, W.E. (2020) Anatomy & physiology of the ear. İçinde Lalwani A.K., (Ed.) Current diagnosis & treatment in otolaryngology—head & neck surgery (4th ed.). New York: McGraw-Hill Medical.; 715-735.

Oh, S.-Y., Boegle, R., Ertl, M., Stephan, T., & Dieterich, M. (2018). Multisensory vestibular, vestibular-auditory, and auditory network effects revealed by parametric sound pressure stimulation. NeuroImage, 176, 354-363.

Oort H (1918) Über die Verästelung des Nervus octavus bei Säugetieren. Modell des Utriculus und Sacculus des Kaninchens. Anat Anz, 51:272

Pagnacco, G., Klotzek, A.S., Carrick, F.R., Wright, C.H., Oggero E. (2015) Effect of tone-based sound stimulation on balance performance of normal subjects: preliminary investigation, Biomed Sci Instrum., 51:54-61

Park, S. H., Lee, K., Lockhart, T., & Kim, S. (2011). Effects of sound on postural stability during quiet standing. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 8, 67.

Pasma, J. H., Engelhart, D., Schouten, A. C., et al. (2014). Impaired standing balance: The clinical need for closing the loop. Neuroscience, 267, 157–165.

Piker, A.G. ve Garrison, D.B. (2015). Clinical neurophysiology of the vestibular system. İçinde Chasin, M., English, K., Hood, L.J., Tillery, K.L., (Eds.) Handbook of clinical audiology, (7th ed.), Wolters Kluwer Health; 381-399.

Polechonski, J., & Blaszczyk, J. (2006). The effect of acoustic noise on postural sway in male and female subjects. Journal of Human Kinetics, 15, 37.

Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Hall, W.C., LaMantia, A.S., Mooney, R.D., Platt, M.L., White LE. (2018) Neuroscience (6th ed.). Sunderland, MA: Oxford University Press; 305-321.

Raper, S. A., & Soames, R. W. (1991). The influence of stationary auditory fields on postural sway behaviour in man. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 63(5), 363-367.

Ross, J. M., & Balasubramaniam, R. (2015). Auditory white noise reduces postural fluctuations even in the absence of vision. Experimental Brain Research, 233(8), 2357-2363.

Ross, J. M., Will, O. J., McGann, Z., & Balasubramaniam, R. (2016). Auditory white noise reduces age-related fluctuations in balance. Neuroscience Letters, 630, 216-221.

Rumalla, K., Karim, A. M., & Hullar, T. E. (2014). The effect of hearing aids on postural stability. The Laryngoscope, 125(3), 720-723.

Sakellari, V., & Soames, R. W. (1996). Auditory and visual interactions in postural stabilization. Ergonomics, 39(4), 634-648.

Schubert, M.C. (2014) Vestibular function tests İçinde Herdman, S.J. (Ed.) Vestibular rehabilitation (4th ed.). Philadelphia: F.A. Davis Company; 178-194.

Schubert. M.C. ve Shepard N.T. (2016). Practical anatomy and physiology of vestibular system İçinde Jacobson, G.P., Shepard, N.T. (Eds.), Balance function assessment and management (2nd ed.). San Diego, CA: Plural Publishing; 431-451.

Seiwerth, I., Jonen, J., Rahne, T., Lauenroth, A., Hullar, T. E., Plontke, S. K., & Schwesig, R. (2020). Posturale Regulation und Stabilität unter akustischem Input bei Normalhörenden. HNO.

Semaan, M.T., Wick, C.C., Megerian, C.A. (2015) Vestibular physiology. İçinde Pensak, M.L., Choo, D.I. (Eds.). Clinical Otology. (4th ed.). Thime Medical Publishers, Inc.; 35-45.

Shinder, M.E., Newlands, S.D. (2014). Sensory convergence in the parieto-insular vestibular cortex. JNeurophysiol.;111(12):2445–64.

Siedlecka, B., Sobera, M., Sikora, A., & Drzewowska, I. (2015). The influence of sounds on posture control. Acta of bioengineering and biomechanics, 17(3), 96–102.

Soames, R. W., & Raper, S. A. (1992). The influence of moving auditory fields on postural sway behaviour in man. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 65(3), 241-245.

Stevens, M. N., Barbour, D. L., Gronski, M. P., & Hullar, T. E. (2017). Auditory contributions to maintaining balance. Journal of Vestibular Research, 26(5-6), 433-438.

Truchet, B., Benoit, A., Chaillan, F., Smith, P. F., Philoxene, B., Guillamin, M. ve ark. (2018). Hippocampal LTP modulation and glutamatergic receptors following vestibular loss. Brain Structure and Function, 224(2), 699-711.

Tullio., P. (1929). Das Ohr und die Entstehung der Sprache und Schrift. Urban and Schwarzenberg, Berlin

van Kordelaar, J., Pasma, J. H., Cenciarini, M., Schouten, A. C., van der Kooij, H., & Maurer, C. (2018). The Reliance on Vestibular Information During Standing Balance Control Decreases With Severity of Vestibular Dysfunction. Frontiers in Neurology, 9.

Vitkovic, J., Le, C., Lee, S.-L., Clark, R.A. (2016) The contribution of hearing and hearing loss to balance control. Audiol Neurootol., 21(4):195-202.

Zaleski-King, A.C., Lai, W. ve Sweeney, A.D. (2019). Anatomy and physiology of the vestibular system İçinde Babu, S., Schutt, C.A., Bojrab, D.I. (Eds.) Diagnosis and treatment of vestibular disorders. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG; 3-16

Zettel, J. L., McIlroy, W. E., & Maki, B. E. (2008). Effect of Competing Attentional Demands on Perturbation-Evoked Stepping Reactions and Associated Gaze Behavior in Young and Older Adults. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 63(12), 1370-1379.

Zhong, X., & Yost, W. A. (2013). Relationship between Postural Stability and Spatial Hearing. Journal of the American Academy of Audiology, 24(9), 782-788.

FORMLAR

EK 1: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Tarih: ...../...../20.....

GENÇ ERİŞKİNLERDE STATİK VE DİNAMİK
SANAL İŞİTSEL SAHNELERİN POSTÜRAL STABİLİTEYE ETKİSİ

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Katıldığınız bu çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı "Genç Erişkinlerde Statik ve Dinamik Sanal İşitsel Sahnelerin Postüral Stabiliteye Etkisi"dır. Bilgisayarlı Dinamik Postürografi cihazı aracılığıyla farklı işitsel uyaranların denge kontrolüne etkisinin değerlendirilmesi sağlanacaktır.

Çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz A.B.D, İşitme ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi bünyesinde sürdürülecektir ve kurum olarak bu çalışmaları sürdürebilmek için gerekli personel ve cihaz altyapısı mevcuttur.

Araştırmamıza 30 katılımcının katılması beklenmektedir. Her katılımcı için tüm ölçüm ve değerlendirmelerin tahmini 1,5 saat içerisinde tamamlanması planlanmaktadır

Uygulanacak İşlemler:

Yapılacak işlemler, herhangi bir tıbbi müdahale içermemektedir.

Bu çalışma kapsamında adaylara yapılacak ölçümler herhangi bir zarar verici etki içermemektedir. Öncelikle kulağınıza bir prob yerleştirilerek akustik immitansmetri testleri yapılacak ve orta kulak fonksiyonlarımız değerlendirilecektir. Ardından saf ses odyometri ve konuşma odyometrisi,ile işitmeniz değerlendirilecektir. Bu testlerden elde edilen sonuçların çalışmaya dahil edilme kriterlerine uygun olması halinde size yatakbaşı muayenesi adı verilen bir dizi muayene yöntemleri uygulanacaktır. Ardından Berg Denge Ölçeği ile denge becerileriniz değerlendirilecek ve çalışmanın son aşamasına geçilecektir. Bu aşamada bilgisayarlı dinamik postürografi adı verilen ekipman ile sesli uyaranlar olmadan ve sesli uyaranlar varlığında denge becerileriniz değerlendirilecektir. Postürografi ölçümleri toplamda 3 seansta gerçekleştirilecektir.

Yukarıda belirtilen testlerden herhangi birinden patolojik sonuç elde edilmesi veya yanıt elde edilememesi durumunda çalışmaya katılımınız sonlandırılacaktır.

Araştırmada, herhangi bir tedavi prosedürü veya alternatif tedavi metotları uygulanmayacaktır.

Riskler:

Kişinin sağlık bütünlüğünü etkileyecek bir uygulama ve riski bulunmamaktadır.

Tarih: ...../...../20.....

Katılımcı Hak ve Sorumlulukları:

Elde edilen tüm veriler, gizlilik ilkesine bağlı kalınarak saklanacaktır. Elde edilecek veriler kamuoyuna açıklanmayacaktır. Çalışmada kullanılacak verilerde, kişilerin isimleri gizli tutulacaktır.

Araştırmayla veya araştırma yöntemiyle ilgili bir değişiklik olduğunda, bu durum katılımcılara veya yasal temsilcilerine zamanında iletilecek ve bu kişiler bilgilendirilecektir

Ölçüm sonuçları ve kişisel bilgiler hiçbir ortamda paylaşılmayacak, ancak ve ancak siz istediğiniz takdirde tarafınıza verilecektir.

Yapılacak işlemlerde; sizden herhangi bir ücret talep edilmeyecektir. Size de herhangi bir ücret verilmeyecektir. Bağlı bulunduğunuz Sosyal Güvenlik Kurumu'ndan (SGK) herhangi bir ücret alınmayacaktır.

Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayanmaktadır. Katılımcı olarak istediğiniz zaman, gerekçeli veya gerekçesiz olarak, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkınızı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilirsiniz.

Çalışma sırasında katılımcı olarak sorumluluğu, çalışmayı yürüten sorumlu tarafından verilen yönergelere dikkatle uymaktır.

Gönüllülük Beyanı:

.

Söz konusu araştırmaya; hiçbir zorlama yapılmadan, tamamen kendi arzum ile katılabileceğim, yine arzu ettiğim zaman çalışma grubundan çıkabileceğim, katıldığım takdirde, benden ve kurumdan ücret talep edilmeyeceği, kişisel bilgilerimin hiçbir ortamda paylaşılmayacağı, yapılan bu testlerin hiçbir zararlı etki yaratmayacağı bana açık bir şekilde anlatıldığından ve bu çalışma grubuna katılmakta sakınca görmediğimden kabul ediyorum.

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu'ndaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama, aşağıda adı geçen uzman tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılacağımı biliyorum.

Katılımcı Adı Soyadı:	**Açıklamaları Yapan Adı Soyadı:** Talha ÇÖGEN
Tarih:	**Tarih:**
Tel:	**Tel:** (05**) *** ****
İmza:	**İmza:**

ETİK KURUL KARARI

Tarih ve Sayı: 09/01/2020-4193

BE8R7NBYB

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Dekanlığı

Sayı :59491012-604.01.02-
Konu :Yüksek Lisans Öğrencisi Talha ÇÖGEN'in etik kurul kararı A-35

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 12.12.2019 tarih,13022260-300-190613 sayılı yazı

Enstitünüz Odyoloji, Dil ve Konuşma Bozuklukları Anabilim Dalı'nda görevli **Dr.Öğr.Üyesi Eyyüp KARA'nın** danışmanlığında **Yüksek Lisans Öğrencisi Talha ÇÖGEN'in** yürütücülüğünde **"Genç Erişkinlerde Statik ve Dinamik Sanal İşitsel Sahnelerin Postüral Stabiliteye Etkisi"** başlıklı Yüksek Lisans Tezi hakkında ilgi yazınız ve ekleri **07 Ocak 2020** tarihinde toplanan Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kurulunca müzakere edilmiş olup; etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

e-İmzalı
Prof. Dr. Özgür KASAPÇOPUR
Başkan

e-İmzalı
Prof. Dr. Muhlis Cem AR
Dekan a.
Dekan Yardımcısı

NOT: Yönetmelik gereği Sonuç Raporunun Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna iletilmesi gerekmektedir.

EK :
1 dosya elden teslim edilecektir.

Doğrulamak İçin:http://dogrulama.istanbulc.edu.tr/enVision.sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BE8R7NBYB

Ayrıntılı bilgi için irtibat : Güler SOYDANER Dahili : 22300
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 34303 Cerrahpaşa/ İSTANBUL
Tel : 0 (212) 414 30 00 Faks : 0 (212) 632 00 33
e-posta : ctfpersonel@istanbul.edu.tr Elektronik Ağ : www.istanbulc.edu.tr

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununu Gereğince E-imzaladır.
Doğrulamak için : http://dogrulama.istanbulc.edu.tr/enVision.sorgula/belgedogrulama.aspx?V=BE8R7NBYB

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

GENÇ ERİŞKİNLERDE STATİK VE DİNAMİK SANAL İŞİTSEL SAHNELERİN POSTÜRAL STABİLİTEYE ETKİSİ

ORIJINALLIK RAPORU

%10	%5	%1	%9
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	%1
2	Submitted to Bahcesehir University Öğrenci Ödevi	%1
3	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%1
4	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	%1
5	Submitted to Kirikkale University Öğrenci Ödevi	%1
6	Submitted to Baskent University Öğrenci Ödevi	<%1
7	Submitted to Marmara University Öğrenci Ödevi	<%1
8	acikerisim.baskent.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Talha	**Soyadı**	ÇÖGEN
Doğ.Yeri	Üsküdar	**Doğ.Tar.**	10.12.1994
Uyruğu	T.C.	**TC Kim No**	48*********
Email		**Tel**	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	**Mez. Yılı**
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans	İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü	2017
Lise	İstanbul Üsküdar Çağrıbey Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	**Kurum**	**Süre (Yıl - Yıl)**
1.	Araştırma Görevlisi	Bingöl Üniversitesi	2020 - Halen
2.	Öğretim Görevlisi	Biruni Üniversitesi	2017 - 2019
3.			-

Yabancı Dilleri	**Okuduğunu Anlama***	**Konuşma***	**Yazma***	**KPDS/ÜDS Puanı**	**(Diğer) Puanı**
İngilizce	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	98,75	

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	**Eşit Ağırlık**	**Sözel**
LES Puanı	89,80738	91,21034	76,88097
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	**Kullanma becerisi**

Yayınları/Tebligleri Sertifikaları/Ödülleri

Özel İlgi Alanları (Hobileri):