

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

**KOKLEAR İMPLANT AKTİVASYONUNUN POSTÜRAL
STABİLİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

Uzm. Ody. Volkan TUTAR

**Odyoloji Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ANKARA

2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez sürecimde deneyim ve bilgisini hiç esirgmeden bana yardımcı olan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Merve BATUK'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli katkıları ve destekleri için değerli hocam Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na,

Eğitimim süresince bilgi ve birikimleri ile değerli katkıları bulunan başta Prof. Dr. Gülsüm Aydan GENÇ, Prof. Dr. Songül AKSOY, Prof. Dr. Esra YÜCEL, Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ olmak üzere değerli tüm bölüm öğretim üyelerine,

Çalışmamızın istatistiksel sürecinde desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Murat ATAN'a,

Tüm hayatım boyunca varlıklarını her zaman hissettiğim ve attığım adımlarda bana destek olan aileme,

Tez süresince en büyük destekçim olan ve hayatıma her daim güzellikler katan Ody. Türkan Özlem BAYÜLGEN'e

Sonsuz teşekkürler.

ÖZET

Tutar V., Koklear İmplant Aktivasyonunun Postüral Stabilite Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2020. Literatürde işitsel uyarının postüral kontrol üzerinde etkisi farklı sonuçları içeren bir çalışma konusudur. Önceki çalışmalarda akustik uyarının varlığının postüral kontrol üzerine etkisi, normal işiten bireylerde ve işitme kayıplı bireylerde değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı; yetişkin koklear implant kullanıcılarında ses işlemcisi açık beyaz gürültü uyarını varlığında, ses işlemcisi açık ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemci kapalı olmak üzere üç farklı durumda katılımcıların denge performanslarını incelemek ve beyaz gürültü uyarının denge üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaçla çalışmaya 18-35 yaş aralığında unilateral koklear implant kullanıcısı olan 34 genç yetişkin dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylere öncelikle Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) uygulanmıştır. BEE sonucuna göre 16 puan altında alan katılımcılara sırasıyla Keskinleştirilmiş Romberg Testi, Fukuda Adımlama Testi ve Statik Postürografi değerlendirilmiştir. Statik Postürografi test bataryasından Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (mCTSIB) ve Tek Taraflı Duruş Testi ile ses işlemcisi açık beyaz gürültü varlığında, ses işlemcisi açık ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda denge performansları kıyaslanmıştır. Beyaz gürültü uyarını katılımcıların 1 metre önünde kulak hizasında hareketsiz bir hoparlör ile 65 dB’de sunulmuştur. Çalışmanın sonucunda, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı Fukuda Adımlama Testinde yer değiştirme (cm) bakımından anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=,004$). Yapılan mCTSIB testinde en iyi denge performansı ortam gürültüsünde elde edilmiş olmasına rağmen üç farklı durum arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>,05$). Tek Taraflı Duruş testinde ise en iyi denge performansı anlamlı olarak beyaz gürültü uyarını varlığında elde edilmiştir ($p<,05$). Genç yetişkin koklear implant kullanıcılarında işitsel uyarının denge performansı üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: beyaz gürültü, işitme kaybı, koklear implantasyon, , postüral kontrol, statik postürografi

ABSTRACT

Tutar V., The Effect of Cochlear Implant Activation on the Postural Stability, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Department of Audiology, Master of Science Thesis, Ankara, 2020. In the literature, the effect of auditory stimulus on postural control is a study subject with different results. In previous studies, the effect of acoustic stimulus on postural control was evaluated in normal hearing individuals and hearing impaired individuals. The aim of the present study was to evaluate the postural stability in young adults with cochlear implant and to investigate the effect of the white noise stimulus on the balance in three different situations: (1) Presence of the white noise stimulus while sound processor is activated, (2) Presence of the open ambient noise while sound processor is activated, (3) The sound processor is deactivated. For this aim, 34 young adults with unilateral cochlear implant between the ages of 18 and 35 included in the study. Firstly, Dizziness Handicap Inventory (DHI) was applied to the subjects. According to the DHI, subjects with scores of less than 16 points were evaluated with Sharpened Romberg Test, Fukuda Stepping Test and Static Posturography, respectively. Modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance (mCTSIB) and the Unilateral Stance Test from the Static Posturography test battery were used. The balance performances were compared in three different conditions as explained above. The speaker was located 1 meter away from the subject and the white noise stimulus was presented at 65 dB. As a result of the study, a significant difference was obtained in the presence of white noise while sound processor activated and the sound processor deactivated conditions in Fukuda Stepping Test ($p=.004$). Although the highest balance performance was obtained in ambient noise in the mCTSIB test, no significant difference was found between the three different conditions ($p>.05$). In Unilateral Stance test, the balance performance was significantly higher in the presence of a white noise stimulus ($p<.05$). It was concluded that the auditory stimulus has a positive effect on balance performance in young adults with cochlear implants.

Key words: white noise hearing loss, cochlear implantation, postural control, static posturography

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Denge Sistemi	3
2.1.1. Periferik Vestibüler Sistem	3
2.1.2. Santral Vestibüler Sistem	5
2.1.3. Vestibüler Bozukluklarda Kompanzasyon	8
2.1.4. Statik ve Dinamik Denge	11
2.2. Denge Fonksiyonunun Değerlendirilmesi	11
2.2.1. Statik Dengenin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler	12
2.2.2. Bilgisayarlı Statik Postürografi ve Kullanım Alanları	14
2.2.3. Subjektif Değerlendirme Yöntemleri	17
2.3. Koklear İmplantasyon	18
2.3.1. Koklear İmplantasyonun Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi	19
3. BİREYLER VE YÖNTEM	22
3.1. Çalışmanın Türü	22
3.2. Çalışmanın Örnekleme	22
3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi	22
3.2.2. Bireylerin Seçim ve Dışlanma Kriterleri	23
3.3. Yöntem	25
3.3.1. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE)	26
3.3.2. Keskinleştirilmiş Romberg Testi	26

3.3.3. Fukuda Adımlama Testi	27
3.3.4. Statik Postürografi Ölçümleri	28
3.4. İstatistiksel Değerlendirme	32
4. BULGULAR	33
4.1. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) Bulguları	33
4.2. Fukuda Adımlama Testi Bulguları	33
4.3. Statik Postürografi Test Bulguları	35
4.3.1. Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (mCTSIB) Bulguları	35
4.3.2. Tek Taraflı Duruş Testi (TTD)	38
4.3.3. mCTSIB ve TTD Test Bulgularının Göz Açık ve Göz Kapalı Durumlarda Karşılaştırılması	41
5. TARTIŞMA	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
7. KAYNAKLAR	61
8. EKLER	
EK-1. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri -1	
EK-2. Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri -2	
EK-3. Veri Toplama Formu	
EK 4. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri	
EK 5. Turnitin Dijital Makbuz	
EK 6. Tez Orijinallik Raporu	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

% :	Yüzde
± :	Artı/Eksi
° :	Derece
AP:	Anterior-Posterior
BEE:	Baş Dönmesi Engellilik Envanteri
BOS:	Beyin Omurilik Sıvısı
COG:	Center of Gravity
COM:	Center of Mass (Kütle Merkezi)
DOT:	Duyu Organizasyon Testi
EMG:	Elektromiyografi
İAK:	İnternal Akustik Kanal
İK:	İşitme Kaybı
K:	Potasyum
Kİ:	Koklear İmplant
mCTSIB:	Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi
ML:	Medial-Lateral
NA:	Sodyum
RP:	Reference Position (Referans Pozisyon)
SLS:	Single Leg Stance (Tek Ayaklı Duruş)
SSK:	Semisirküler Kanallar
TTD:	Tek Taraflı Duruş Testi
VKR:	Vestibülo-kolik Refleks
VN:	Vestibüler Nükleus
VOR:	Vestibülo-oküler Refleks
VSR:	Vestibülo-spinal Refleks
WBB:	Nintendo Wii Balance Board

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Denge sistemi organizasyonu şeması	6
2.2.	Koklear implant çalışma sistemi	19
3.2.	Keskinleştirilmiş Romberg Testi uygulaması	27
3.3.	Fukuda adımlama testi platformu	28
3.4.	Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi ekran görseli	30
3.5.	Tek taraflı duruş testi ekran görseli	31

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Statik Postürografi değerlendirme protokolleri ve alt testleri	15
2.2. Baş Dönmesi ve <i>Dizziness</i> için kullanılan ölçekler	17
3.1. Katılımcılara ait demografik bilgiler	23
4.1. Katılımcıların işitme kaybı süreleri ve koklear implant kullanım süreleri	33
4.2. Baş dönmesi engellilik envanteri sonuçları	33
4.3. Fukuda adımlama testi bulguları	34
4.4. Koklear implant kullanıcılarının fukuda adımlama test bulguları	34
4.5. Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi (mCTSIB) bulguları	35
4.6. Sert zemin gözler açık mCTSIB analiz sonuçları	36
4.7. Sert zemin gözler kapalı mCTSIB analiz sonuçları	37
4.8. Yumuşak zemin gözler açık mCTSIB analiz sonuçları	37
4.9. Yumuşak zemin gözler kapalı mCTSIB analiz sonuçları	38
4.10. Tek taraflı duruş (TTD) testi bulguları	39
4.11. Sol ayak üzerinde gözler açık TTD analiz sonuçları	39
4.12. Sol ayak üzerinde gözler kapalı TTD analiz sonuçları	40
4.13. Sağ ayak üzerinde gözler açık TTD analiz sonuçları	41
4.14. Sağ ayak üzerinde gözler kapalı TTD analiz sonuçları	41
4.15. mCTSIB testi göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları	42
4.16. TTD testi göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları	43

1. GİRİŞ

İşitsel sistemin, denge kontrolünü destekleyen mekansal ses ipuçlarına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, işitsel sistemin katılımının doğası net değildir ve ses ipuçlarının eksikliği (1), veya sesin varlığının normal işitmeye sahip kişilerde postüral salınımı artırabileceğini gösteren çalışmalar arasında çelişkili sonuçlar vardır (2, 3).

İşitsel ortamın denge kontrolüne katkısı değerlendirildiğinde işitme kaybının dengeyi olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (4). Bu bulgusunun aksine literatürdeki bir başka çalışma, her bireyin postüral kontrole yardımcı olan önceden var olan bir işitme mekansal haritasına sahip olmasının önemini vurgulayarak, işitsel ipuçlara aşına olmanın postür salınımına etki edebileceğini bildirmiştir (1). Duyusal girdi önceden var olan bu harita ile çeliştiğinde, denge bozukluğu ortaya çıktığı gösterilmiştir. Bu çelişkinin işitme kaybı yoluyla akustik ipuçlarına erişimin azalmasıyla veya ses içermeyen bir ortamda bulunma durumunda akustik ipuçlarına erişimdeki bir değişiklikten kaynaklanabileceği bildirilmiştir (1). İşitsel ortam varlığı ile postüral salınım arasındaki ilişkide işitme cihazının etkisi önceki çalışmalarda araştırılmıştır. İşitme kaybı olan bir kişinin işitsel ortamdaki ipuçlarının duyulabilirliğini artıran işitme cihazından postüral kontrolü arttırmada faydalanabileceği varsayılmaktadır. Buna ek olarak, normal işiten bireylerde daha az ses ipuçlarının olduğu koşullarda postüral salınımın arttığı bildirilmiştir (4). Dengenin sağlanmasında akustik ipuçlarından yararlanma kullanılan akustik uyarana, dengenin sağlanmasında etkili olan somatosensöriyel, görsel ve vestibüler girdilerde etkilenim olmamasına, işitme kaybının konfigürasyonuna ve amplifikasyon türüne göre çeşitlilik gösterebilmektedir (4). Bu varsayımın etkisi koklear implant kullanıcılarında değişiklik gösterebilir.

İşitme kaybı, yaşlanma ve düşme riski arasında önemli ilişkiler vardır (5-7). Akustik ipuçları normal işitmeye sahip ve işitme kayıplı cihaz kullanan kişilerde postüral kontrolü kolaylaştırır. Akustik uyarının diğer duyu sistemlere katkısı nispeten sınırlı olmasına rağmen, vestibüler bozukluğu olan hastalarda katkısının arttığı görülmektedir (4).

Literatürdeki çalışmalarda koklear implantasyon cerrahisi sonrası çok çeşitli vestibüler semptomların ortaya çıkabileceği ifade edilmiştir (8, 9). Koklear implant

cerrahisi sonrası ortaya çıkan vestibüler semptomlar genellikle geçici olmasına rağmen postoperatif takip sürecinde koklear implant kullanıcılarının bir kısmı dengelerini sağlamakta zorluk yaşayabilmektedirler. Çalışmamızda koklear implant kullanıcılarında işitsel ortam/uyaran varlığının denge performansı üzerinde etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmamızda akustik uyaran/ortam varlığının denge performansına etkileri ortam gürültüsü varlığında, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı olmak üzere üç farklı durumda değerlendirilmiştir. Çalışmamızın hipotezleri aşağıda sıralanmıştır:

H0: Beyaz gürültü, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda postüral salınım ve denge performansında farklılık yoktur.

H1: Beyaz gürültü, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda postüral salınım ve denge performansında farklılık vardır.

H0: Beyaz gürültü ve ortam gürültüsünün postüral stabilite üzerine olumlu etkisi yoktur.

H2: Beyaz gürültü ve ortam gürültüsünün postüral stabilite üzerine olumlu etkisi vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Denge Sistemi

İnsanda vestibüler sistem üç komponentten oluşur: periferik duyuşal aparat, merkezi bir işlemci ve motor çıkışı için bir mekanizma (Şekil 2.1). Periferik aparat, santral sinir sistemine (özellikle vestibüler nükleus kompleksi ve serebellum) başın açısal hızı ve doğrusal ivme hakkında bilgi gönderen bir dizi hareket sensöründen oluşur. Santral sinir sistemi bu sinyalleri işler, kafa ve vücut oryantasyonunu tahmin etmek için bunları diğer duyuşal bilgilerle birleştirir. Santral vestibüler sistemin çıktıkları, üç önemli refleks olan vestibülo-oküler refleks (VOR), vestibülo-kolik refleks (VKR) ve vestibülo-spinal refleks (VSR) aktive etmek için oküler kaslara ve spinal kord'a gider. VOR, baş hareket halindeyken net görüş sağlayan göz hareketleri oluşturur. VKR, başı stabilize etmek için boyun kas sisteminin üzerine etki eder. VSR, kafa ve duruş stabilitesini korumak ve böylece düşmeleri önlemek için telafi edici vücut hareketi oluşturur. VOR, VKR ve VSR'nin performansı, santral sinir sistemi tarafından izlenir, serebellum tarafından gerektiği gibi yeniden ayarlanır ve kortikal süreçlerle desteklenir (10).

2.1.1. Periferik Vestibüler Sistem

Periferik vestibüler sistem, membranöz ve kemik labirentlerin yanı sıra vestibüler sistemin hareket sensörleri olan tüy hücrelerini içerir. Periferik vestibüler sistem iç kulakta yer alır. Kokleanın posteriorunda, hava ile dolu orta kulağın laterali ve temporal kemiğin mediali ile sınırlanmıştır (11).

Kemik Labirent

Kemik labirent, üç semisirküler kanaldan (SSK), koklea ve vestibülden oluşur. Kemik labirent, beyin omurilik sıvısına (BOS) benzer bir kimyaya sahip olan perilenfatik sıvıyla doludur (yüksek Na: K oranı). Perilenfatik sıvı, "cochlear aquaduct" aracılığıyla BOS ile bağlantılıdır. Bu bağlantı nedeniyle, beyin omurilik sıvısının basıncını etkileyen bozukluklarda iç kulak fonksiyonu da etkilenebilmektedir (12).

Zar Labirent

Zar labirent, perilentafik sıvı ve destekleyici bağ dokusu tarafından kemik labirent içinde askıda olacak şekilde yer almaktadır. SSK'ların membranöz kısımları ile utrikül ve sakkül olmak üzere beş duyuşsal organı içerir. Her bir SSK'ın uç kısmının çapı genişler ve bu kısım ampulla ismini alır. Zar labirent endolenfatik sıvı ile doludur. Perilenfatik sıvının aksine, endolenf elektrolit içerik açısından hücre içi sıvıya benzerdir (yüksek K: Na oranı) (13).

Tüy Hücreleri

Her ampulla ve otolit organında bulunan özelleşmiş tüy hücreleri, baş hareketine bağlı yer değiştirmeyi nöral ateşlemeye dönüştüren biyolojik sensörlerdir. Her bir tüylü hücre, ampullaya yakın konumda bulunan vestibüler (*Scarpa's*) gangliyonunda bulunan afferent bir nöron tarafından innerve edilir. Tüy hücreleri en uzun bölümüne doğru büküldüğünde vestibüler sinirde ateşlenme hızı artarken, en uzun bölümünden uzaklaştığında azalır (14).

Periferik Vestibüler Sistem Fizyolojisi

Semisirküler kanalların ve otolitlerin tüy hücreleri, baş hareketi tarafından oluşturulan mekanik enerjiyi beyin sapı ve serebellumdaki spesifik alanlara yönelik nöral desarjlara dönüştürür. Oryantasyonları sayesinde, kanallar ve otolit organlar belirli yönlerde baş hareketine seçici olarak cevap verebilirler. Akışkanlar mekaniğindeki farklılıklar nedeniyle, SSK'lar açısız, otolitler ise doğrusal harekete cevap verirler (13).

Semisirküler Kanallar

Semisirküler kanallar baş hareketinin hızına eş bir göz hareketi oluşturmayı sağlayan VOR'u aktive etmek için baş hızı hakkında duyuşsal girdi sağlar. İstenilen sonuç, gözün baş hareketi sırasında sabit kalması ve net görmeyi sağlamasıdır. Vestibüler sinirde nöral ateşleme, başın çoğunlukla hareket ettiği frekans aralığı (0,25–7 Hz) boyunca baş hızıyla orantılıdır (15).

Otolitler

Otolitler yerçekimi eksenine göre hem doğrusal baş hareketine hem de statik tilt hareketine tepki verirler. Otolitlerin işlevi uçaktaki bir yolcunun durumu ile örneklendirilebilir. Yolcu uçuş sırasında sabit bir hızda, saatte 300 mil hızla yolculuk yaptığını hissetmez, bununla birlikte kalkış ve iniş sürecinde, hızdaki değişimin (ivme) yanı sıra yükselişte düzlemin eğimini de algılar. Bu nedenle otolitler SSK'lardan iki temel yolla farklılık gösterir. Açısal hareket yerine doğrusal harekete ve hız yerine ivmeye tepki verirler (15).

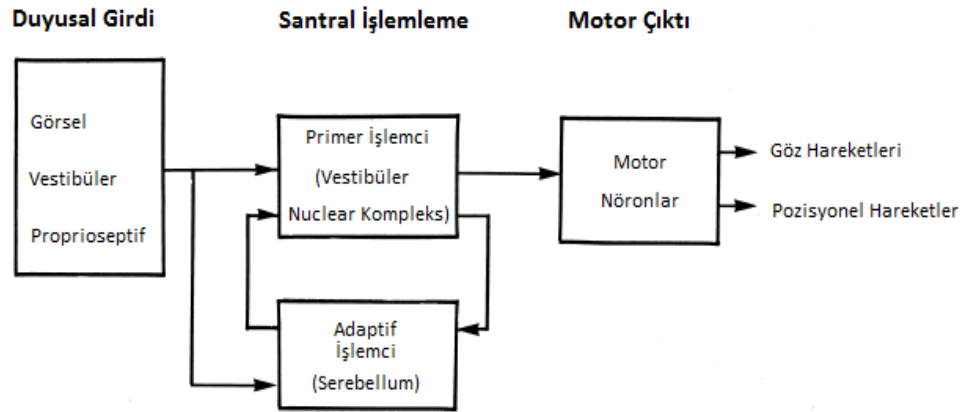
Dik duran bir bireyde, sakkül dikeydir (parasagittal), buna karşılık utrikül yatay konumdadır (lateral SSK düzleminin yakınında). Bu postürde, sakkül kendi düzleminde yukarı-aşağı yönde doğrusal (lineer) ivmeyi algılayabilir. Utrikül kendi düzleminde, interaural eksen boyunca hem medial-lateral hem de anterior-posterior hareketi algılar (16).

Vestibüler Sinir

Vestibüler sinir lifleri, Scarpa (vestibüler) gangliyonun bipolar nöronlarından alınan afferent projeksiyonlardır. Vestibüler sinir, labirentlerden gelen afferent sinyalleri internal akustik kanal (İAK) üzerinden iletir. İnternal akustik kanal (İAK); vestibüler sinire ek olarak, koklear sinir (işitme), fasiyal sinir, *nervus intermedius* (fasiyal sinirin duyu taşıyan bir dalı) ve labirentin arteri içerir. Vestibüler sinir pontomedüller kısımdan beyin sapına girer. Vestibüler sinir labirent ile beyin sapı arasına girdiğinden, bazı yazarlar bu siniri periferik bir yapı olarak değerlendirirken (13), diğerleri merkezi bir yapı olarak kabul eder (17).

2.1.2. Santral Vestibüler Sistem

Vestibüler, görsel ve propriyoseptif sistemden gelen duyuşal girdiler santral vestibüler sistemde işlenip motor çıktılara dönüştürülür (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Denge sistemi organizasyonu şeması (13)

Primer afferentlerden gelen uyarılar vestibüler girdi için, vestibüler nükleer kompleksine ve serebelluma iletilir. Vestibüler nükleer kompleksi, vestibüler girişin primer işlemcisi olup, gelen afferent bilgiler ile motor çıkış nöronları arasında doğrudan bağlantı kurar. Serebellum ise adaptif işlemcidir; vestibüler performansı izler ve gerekirse santral vestibüler işlemlemeyi yeniden ayarlar. Her iki yerden gelen vestibüler duyuşal girdi, somatosensör ve görsel duyuşal girdi ile birlikte işlenir (13).

Vestibüler Nükleuslar

Vestibüler nükleuslar beyin sapında pons ve medulla içerisinde yer alır (18, 19). Beyin sapı içerisinde bulunan 4 ana vestibüler nükleus (VN) süperior, lateral, medial ve inferior vestibüler nükleuslardır (20).

Vestibüler nükleuslar primer girdilerini VIII. kranial sinirin vestibüler bölümünden çoklu sinir lifleri ile alırlar. Vestibüler nükleuslar primer vestibüler sinyallere ek olarak görsel ve propriyoseptif afferent bilgileri de alır (21). Vestibüler nükleuslar ayrıca hareket algısı için serebral kortekse ve postüral değişiklikleri kompanse edici göz ve baş hareketlerini koordine etmek için de serebellar yollara projeksiyonlar gönderir (22).

Serebellum

İnferior ve medial VN'daki afferentlerin projeksiyonları serebellum'un fastigial çekirdeklerine, uvula, nodulus, flokulus'e yönelir (23). Serebellum'un vestibüler afferentler alan bu bölümleri toplu olarak "*vestibulocerebellum*" olarak anılmaktadır. Efferent serebellovestibüler yolaklar vermiş, flokulus ve fastigial çekirdeklerden devam eder ve lateral VN'da sonlanır. Bu yolakların uyarılması, VN aktivitesinin inhibisyonu ile sonuçlanır (24). Bu yol vestibülo-oküler refleks (VOR) supresyonu ve santral vestibüler kompanzasyonu kapsar (22). Serebellar flokulus VOR kazancını, nodulus ise süresini kontrol eder (13).

Vestibülo-oküler refleks'in bireyin yararına olmadığı durumlarda göz hareketi üzerindeki etkilerini iptal etmek için önemli olan "*vestibulocerebellum*", unilateral bir vestibüler kaybın kompanzasyon sürecinde de önemlidir (25-27).

Vestibülo-oküler Refleks (VOR)

Vestibülo-oküler refleks, baş hareket halindeyken oküler stabiliteye katkıda bulunan reflekstir. Vestibüler sistem tarafından tetiklenen göz hareketleri kompanse edicidir (28). Yani, retinanın foveasını bir nesne üzerinde sabit tutmak için baş hareketlerine ya da baş pozisyonundaki değişikliklere karşı gelirler (22). Bu, kafanın fiziksel ivmesinin, kafa hareketinin aynı ve zıt yönündeki göz hareketini yönlendiren biyolojik sinyallere dönüştürülmesi yoluyla gerçekleştirilir.

Vestibülo-oküler refleks, düzlemsel işleve dayalı olarak üç farklı alt tipte düzenlenebilir: baş rotasyonunu kompanse eden horizontal (rotasyonel) VOR; doğrusal baş hareketini kompanse eden translasyonel VOR ve başın tilt hareketini kompanse eden oküler counter-roll (29).

Vestibülo-spinal Refleks (VSR)

Vestibülo-spinal refleks postürü, hareket sırasında dengeyi ve kas tonusunu korumak için geçici kas kasılmalarını üretmek amacıyla kullanılır. VOR'un efektör organları ekstra oküler kaslar iken VSR'nin efektör organları boyun, gövde ve ekstremitelerin ekstansörleridir. SSK'ların ve otolit reseptörlerin uyarılması, boyun ve vücut kaslarının çeşitli aktivasyon paternlerine yol açar.

2.1.3. Vestibüler Bozukluklarda Kompanzasyon

Vestibüler bozukluğun belirti ve semptomlarının şiddeti; hasarın derecesine, başlangıç hızına, ve hasarın unilateral ya da bilateral olmasına göre değişiklik gösterir. Akut unilateral etkilenimde baş dönmesi semptomları genellikle şiddetli olarak görülmektedir. Kademeli olarak artış gösteren unilateral kayıpta; vestibüler fonksiyondaki kademeli olan değişikliklerin merkezi sinir sisteminde de kademeli olarak kompanse edilmesi nedeniyle akut bir olayla ilişkili semptomlar görülmemektedir. Benzer bir şekilde kademeli olarak gerçekleşen bilateral vestibüler kayıpta da baş dönmesi ortaya çıkmayabilir. Bunun yerine dinamik koşullar altında ataksi ve osilopsi gözlenebilmektedir (22).

Unilateral akut vestibüler end organ etkileniminde, aynı taraftaki vestibüler end organdan sinire ve aynı taraftaki VN'ye elektriksel uyarımda azalmaya neden olur. Bu etkilenimin sağ taraflı bir etkilenim olduğunu varsayarak daha ayrıntılı olarak açıklayalım. Sağ etkilenim; sola doğru bir kafa hareketinin sağa doğru yavaş fazlı bir göz hareketi oluşturmasının ardından, sola doğru hızlı fazlı bir göz hareketinin (harekete bağlı sola çakan nistagmus) takip etmesine benzerlik gösteren bir elektriksel kod ile sonuçlanır (6). Akut bir bozulma durumunda, taraflar arasında asimetri olduğu için nistagmus devam edecektir (7). Sağ vestibüler sinirin lezyonu, sürekli sola çakan bir nistagmusun sonucunda çevrenin hareket ettiği yanılsaması ile hasta tarafından baş dönmesi şeklinde algılanacaktır (8). Akut dönemde, nistagmus her yöne olan bakışla ortaya çıkacak ve yönü sabit olacaktır (22). Bu durum Alexander yasasının belirttiği şekilde gerçekleşir yani hızlı faz yönünde bakarken nistagmusun genliği artar (30).

Kompanzasyon, unilateral periferik vestibüler hasarın gerçekleşmesinin ardından saatler içinde başlamaktadır. İlk olarak vestibüler nöronların ateşleme hızındaki asimetri ortadan kaldırılır. Serebellum, sağlam taraftaki VN'nin elektriksel aktivitesini düşürerek düzenlediği zaman, nöral ateşleme hızlarındaki asimetri ve spontan nistagmus azalacaktır (22).

Lezyonun ilk haftasında, etkilenen tarafın VN nöral aktivitesi artar. Bu aktivite etkilenen taraftaki vestibüler end organ veya vestibüler sinirden kaynaklanmayıp santral kaynaklardan yani vestibuloserebellumdan tarafından başlatılır. Sağlam VN'deki aktivite serebellumdan gelen azaltım yönlü düzenleme

sona erdiğinde artmaya başlar. Üç hafta sonra statik kompanzasyon tamamlanmalıdır. Bu durumda sağlam taraftaki azaltılmış olan elektriksel ateşleme lezyon öncesi seviyesine geri dönmesi için arttırılır. Lezyon tarafındaki nöral aktivite ise kompanse edilen VN'ye geri kazandırılır. Statik kompanzasyon tamamlandığında, hastanın baş dönmesi durur, spontan nistagmus kaybolur ve postüral kontrol geri kazanılır. Ancak, hızlı kafa hareketleri sırasında hala retina kayması meydana gelir ve hastalar bir miktar osilopsinin devam ettiğini bildirebilir (22).

Tek taraflı girdi kaybı olanlarda baş hareketi sırasında, dinamik kompanzasyon ile vestibüler yolak kazancı uygun hale getirilir. Başın rotasyon farkındalığı için gereken nöral asimetri VN düzeyinde gerçekleşir. Dinamik kompanzasyon sırasında vestibüler yollar yeniden kalibre edilir. VOR kazancı, lezyondan önce oluşturulan aynı telafi edici göz hareketini oluşturmak için artırılmalıdır. Hızlı baş hareketleriyle oluşan retinal kayma; nöral integratörü hız depolamasını azaltmaya zorlar. Hız depolama mekanizmasının çıkışındaki artış, nöral integratörün ve VOR'un kazancını arttırır böylece kompansatuar göz hareketleri dinamik kafa hareketleri sırasında meydana gelir. VOR asimetrisi ve osilopsinin ortadan kalkmasıyla dinamik kompanzasyon tamamlanır. Santral kompanzasyon sırasında, spontan bir nistagmusun lezyonlu kulağa paradoksal olarak çakması mümkündür. Bu durum "*Bechterew Nistagmus*" olarak adlandırılmaktadır ve genellikle fluktuan vestibüler bozukluğu olan kişilerde görülür. Fluktuan olmayan bir etkilenimde statik kompanzasyon bu şekilde özetlenebilir (22).

Vestibüler lezyon stabil olduğunda, kompanzasyon süreci baş dönmesinin geçmesine, dengenin eski durumuna dönmesine ve görsel stabilizasyona izin verir. Bu süreç iki ana görevin yerine getirilmesine dayanır (31-33):

1) Kas-iskelet sistemi kasları ve göz kaslarının tonusuna yansıyan vestibüler çekirdeklerdeki statik asimetriyi azaltarak veya kaldırarak dengenin yeniden sağlanması.

2) Vücudun ve kafanın hareketi sırasında simetrik telafi edici vestibülo-spinal ve VOR aktivitesini sağlamak için dinamik vestibüler reflekslerin kazanımının yeniden ayarlanması.

Fluktuan bir lezyonda ise, hasarlı taraf işlevi kendiliğinden düzelebilmektedir. Kompanzasyon sırasında bu durum meydana gelirse, taraflar arasında hala asimetri olur ancak bu kez hasarlı kulağın VN'si sağlam kulağa göre daha fazla sinirsel aktivite gösterir (22).

Merkezi kompanzasyonun, beyin sapı ve serebellum içindeki merkezi sinir sisteminin plastisitesi sayesinde gerçekleştiğine inanılmaktadır. Bu durum **nörofizyolojik motor yeniden öğrenme fenomeni** olarak tanımlanmış, literatürde hayvan ve insan modelleri ile gösterilmiştir (34, 35). Merkezi sinir sistemi, günler, haftalar veya aylar içinde asimetric labirentin fonksiyonuna uyum sağlayacak ve herhangi bir harici yardım olmadan VOR fonksiyonunu yeniden düzenleyecektir (22).

Kompanzasyon ya hep ya hiç prensibine göre çalışmaz. Bu nedenle hastalar zamanla ilerleme gösterebilirler. Kompanzasyon sürecini etkileyebilecek faktörlere; hareket ve aktivite eksikliği, bazı ilaçlara fiziksel veya psikolojik olarak bağımlılık, migren öyküsü olan bireyler arasında yaygın olarak görülen hareket intoleransına yatkınlık örnek verilebilir (22).

Çocuk veya yetişkin koklear implant (Kİ) kullanıcılarına baş dönmesi veya *dizziness* anketleri uygulanırsa çoğunlukla vestibüler semptomlardan şikayet etmedikleri görülür (36, 37), bu durumun kompanzasyon mekanizmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (37). Koklear implantasyon ameliyatından sonra, 1 hafta veya daha uzun süren önemli bir vestibüler rahatsızlık yaşayan hastalara basit bir vestibüler rehabilitasyon programı sunulmalıdır. Rehabilitasyonun istenmeyen vestibüler semptomlara karşı etkili bir rahatlama sağladığı gösterilmiştir (13). Vestibüler rehabilitasyona, ameliyattan 3 gün sonra VOR refleksini uyaran basit bakış stabilite egzersizleri ile başlanabilir. Bu basit egzersizlerin daha önce unilateral vestibüler kayıpta kompanzasyon ve iyileşmeyi sürecini hızlandırdığı gösterilmiştir (38).

Literatürde dinamik ve statik postürografinin Kİ öncesinde ve sonrasında yetişkin ve çocukların postüral kontrollerinin hızlı ve objektif değerlendirilmesine olanak sağladığı bildirilmektedir (39, 40). Statik ve dinamik postürografi yalnızca vestibüler sistemi değil aynı zamanda görsel ve propriyoseptif sistemi de analiz

etmektedir, bu nedenle ölçümler tüm denge sisteminin kompanzasyonunun değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (41).

2.1.4. Statik ve Dinamik Denge

Denge, vücudun ağırlık merkezini minimum salınım ile destek yüzeyi içinde tutma potansiyeli olarak tanımlanabilir (42). Statik denge stabil bir destek yüzeyinde ve hiçbir dış kuvvete ihtiyaç duyulmadan genel postürün veya vücut bölümlerinin belirli pozisyonda korunması amacıyla sağlanan denge (43); dinamik denge ise destek yüzeyinin veya gövdenin hareketli olması durumunda sağlanan denge olarak tanımlanmaktadır (44). Diğer bir deyişle; statik denge, minimum hareketle bir destek tabanında kalma yeteneği iken; dinamik denge stabil bir pozisyonda dengeyi yeniden sağlarken ya da korurken bir görevi tamamlama yeteneği (45) veya minimum hareketle stabil olmayan bir yüzey üzerinde dengeyi yeniden sağlama/koruma yeteneği olarak tanımlanır (46).

Biyomekanik açıdan, statik ve dinamik denge çarpıcı biçimde birbirinden farklıdır. Statik koşullarda (yani sabit duruşta), dengenin korunması genellikle ağırlık merkezinin zemin üzerinde izdüşümü olan kontrollü değeriyle ters çevrilmiş bir sarkaç olarak modellenir. Öte yandan, yürüyüş sırasındaki dinamik dengenin ağırlık merkezi üzerinde daha da kontrol gerektirmesine karşın, ağırlık merkezinin ayakla sınırlanan alanda konumlanmasını gerektirmez (45, 47, 48). Kontrol belirli bir gidişat boyunca yeni pozisyonlara ulaşarak sağlanır (49).

Ağırlık merkezi (*center of gravity*; COG), insan vücudundaki tüm ağırlık kuvvetinin hareket ettiği ve destek yüzeyine dikey olarak yansıtılan noktayı ifade eder (42). Dik postürün korunması ya da sürdürülmesi için ağırlık merkezinin destek tabanı içerisinde tutulması gerekmektedir (50). Ağırlık merkezinin destek tabanı içinde tutulması, kas kasılmalarını yöneten vestibüler, görsel ve proprioseptif sistem girdileri ile motor kontrol sistem çıktılarının bütünleştirilmesini içerir (42).

2.2. Denge Fonksiyonunun Değerlendirilmesi

Postüral kontrol, vücut kütle merkezinin destek tabanı üzerinde korunması ya da destek tabanı üzerine getirilmesiyle yerçekimi alanında dengeyi koruma yeteneğidir (51, 52). Sağlam denge kontrolü sadece postüral stabiliteyi sağlamak için

değil; aynı zamanda yürümek, dönmek ya da sandalyeden kalkmak gibi günlük aktiviteleri güvenli bir şekilde yapabilmek için gereklidir. Denge bozuklukları nörolojik hastalık, duyuşsal eksiklik veya kas güçsüzlüğü gibi patolojilerin bir sonucu olabileceğı gibi yaşlanmadan da etkilenebilir. Yaşlanma ile beraber kas gücünde, duyuşsal işlevde veya sensörimotor yanıt hızında azalma görülebilir. Erken yetişkin dönemde optimum seviyeye ulaşan denge sisteminde yaklaşık 50 yaşından itibaren zayıflıklar görülebilir (53, 54).

Denge bozukluklarında fiziksel fonksiyonların (yaralanmaya yol açan düşmeler) yanı sıra sosyal fonksiyonlar (etkinlik kısıtlamasına yol açan düşme korkusu ve sosyal izolasyon) üzerinde etkilenim görülmektedir. Denge bozukluklarının etkisi bireyde belirgin biçimde azalan yaşam kalitesi olarak geri dönmektedir (55). Bu nedenle, klinik uygulamada hem tanısal hem de terapötik amaçlar için kapsamlı bir klinik denge değerlendirmesi önemlidir (55, 56). Klinik denge değerlendirmelerinin temel amaçları; hastanın denge bozukluğunun olup olmadığını belirlemek ve denge bozukluğunun altında yatan nedene yönelik araştırma yapmaktır. Bu sonuçlar ile hastanın düşme riskini tahmin etmek ve müdahalenin etkinliğini belirlemek gerekir (57).

2.2.1. Statik Dengenin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Tek ayaklı duruş (*single leg stance*; SLS), Romberg, keskinleştirilmiş Romberg veya tandem Romberg testleri genellikle statik denge testi bataryasına dahildir. Gözler açık veya gözler kapalı olarak uygulanabilirler (58-60).

Romberg Testi

Romberg, vestibüler ve propriyoseptif girdiler ile birlikte dik postürü korumak için alt spinal reflekslerin işlevini değerlendiren statik bir denge testidir. Hastadan ayakları bitişik, kolları göğüs üzerinde katlanmış bir şekilde minimum salınım ile sessiz bir duruş sergilenmesi istenir. Hasta bu duruşu gözleri açıkken etkili bir şekilde yapabiliyorsa, duruş gözler kapalı olarak tekrarlanır. Her duruşa yaklaşık 30 saniye boyunca veya bir düşme pozisyonu yaklaşıncaya kadar devam edilir. Testin modifiye edilerek zorluğunun artırılmasına keskinleştirilmiş Romberg denir (22).

Keskinleştirilmiş Romberg Testi'nde ise hastadan tandem pozisyonda (topuk-parmak ucu bitişik) veya yumuşak zemin üzerinde durması istenerek denge performansı gözlemsel olarak ölçülür. Keskinleştirilmiş Romberg'te propriyoseptif girdi miktarı azalır, böylece vestibüler girdiler daha ön plana çıkar. Hasta ayakta durma pozisyonunda düşmeden veya salınımında önemli bir artış olmadan 30 saniye boyunca dengesini gözleri kapalı olarak koruyabilirse, test negatiftir. Gözler kapalı konumda artan sallanma ya da bir düşüş gözlenirse test pozitif olarak kabul edilir (22).

Artan sallanma veya düşmeler, alt ekstremitelerden propriyoseptif kayıp ile ilişkilidir. Akut vestibüler zayıflığı ve serebellar disfonksiyonu olan hastalar da artmış sallanma paterni gözlenebilir, ancak serebellar disfonksiyon gözün açık ya da kapalı oluşundan etkilenmez. Akut ve henüz kompanse edilmemiş vestibüler bozukluğu olan hastalar, gözler kapalıyken lezyon tarafına doğru düşme eğilimi gösterebilir; ancak kompanse edilmiş veya kronik vestibüler kayıpları olan hastalar genellikle Romberg testinde normal olarak performans gösterecektir (22).

Fukuda Adımlama Testi

Fukuda adımlama testi, alt ekstremitte vestibülospinal refleks fonksiyonunda bir asimetri olarak ortaya çıkan periferik vestibüler bir bozukluğun varlığını tanımlamak için kullanılan bir tarama testidir. Fukuda adımlama testi sadece gözler kapalı iken Romberg test sonucu negatif olan hastalarda kullanılmalıdır. Hastadan gözler kapalı, kollar vücudun önünde dışa doğru uzatılmış (avuç içi aşağı) pozisyonda olduğu yerde 50 adım atması istenir. Orijinal başlangıç noktasından açı, yön ve sapma, 50 adım tamamlandıktan sonra klinisyen tarafından gözlemlenir. Hastadan belirgin açısız sapma (45 dereceden az) ve belirgin doğrusal yer değiştirme olmadan (1 metreden az) tamamlanması beklenir. Herhangi bir yönde 45 dereceden fazla bir dönüş anormal kabul edilir (61, 62).

Tek taraflı vestibüler bozukluğu olan hastalar, etkilenen labirent yönünde sapma (45 dereceden daha fazla dönme) eğilimine sahip olacaktır. Ancak daha yakın tarihli araştırmalar bunun evrensel olarak doğru olmayabileceğini ve dönme yönünün patolojiye bağlı olabileceğini öne sürmüştür (63). Klinik değerlendirmede, dönme açısı 45 dereceyi aşarsa veya aşırı salınım görülürse, Fukuda adımlama testi pozitif

kabul edilir. Fukuda Adımlama Testi vestibüler sistem lezyonlarını lateralize veya lokalize etmek için tek başına kullanılmamalıdır. Diğer objektif ve subjektif test bataryaları ile birlikte değerlendirmek gerekir (22).

2.2.2. Bilgisayarlı Statik Postürografi ve Kullanım Alanları

Hareketsiz duruş sırasında, postüral kontrol genellikle birden çok bağlantısı olan ters çevrilmiş bir sarkacın dengesini sağlamasının devam eden bir süreci olarak görülür (64, 65). Statik postürografide bu süreç, vücudun kütle merkezinin (*Center of mass*; COM), destek tabanı içinde önceden tanımlanmış stabilite alanı içinde referans konumunda (*reference position*; RP) tutulmasına karşılık gelir (66). Günümüzde, kuvvet platform postürografisi dengeyi değerlendirmek için en güvenli yöntemlerden biri olmaya devam etmektedir (67-69).

Statik postürografi aslında statik değildir ancak kişi mümkün olduğunca hareketsiz dururken postüral salınım miktarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Postüral salınım genellikle ayak basıncı merkezinin kuvvet platformundaki yer değiştirme miktarı ile nitelendirilir (70). Kantitatif (sayısal) postürografi, fonksiyonel klinik denge muayenesinin; test performansındaki değişkenlik, puanlama sisteminin öznellik etkisi ve küçük değişikliklere duyarlılık gibi temel bazı dezavantajların üstesinden gelinmesini sağlayabilir (55). Ayrıca terapötik etkinliği değerlendirmek (71, 72) ve düşme riskini tahmin etmek için de kullanılabilir (73).

Postüral salınım, merkezi ve periferik sinir sistemi ve kas-iskelet sisteminin birçok parçasına bağlı olan kompleks bir davranış olduğundan, salınım özelliklerinin neden değiştiğini belirlemek genellikle zordur. Postüral salınım, tüm sistem sağlığını gösteren önemli bir ölçüttür; ancak bir patofizyolojinin değerlendirme ölçütü olarak kullanılması uygun olmayabilir. Bunun nedeni; birçok farklı bozukluğun postüral salınımın artmasına neden olabilecek olmasıdır (70). Dengeleme görevini daha zor hale getirmek için statik postürografiye çeşitli manipülasyonlar uygulanabilir. Örneğin; destek tabanının boyutunu küçülterek, görsel geribildirim azaltarak (gözlerin kapatılması), propriyoseptif geri beslemeyi (yumuşak yüzey) azaltarak veya dengeyi korurken ikincil bir görevin gerçekleştirilmesini sağlamak dengeleme görevini daha zor hale getirecektir (55).

Statik Postürografi Alt Testleri

Denge kontrolünün temel değerlendirmeleri; bireyin denge kontrolü için duyuşal girdiyi kullanma, beynin bu girdileri birleştirme ve uygun motor yanıtı oluşturma kabiliyetini değerlendirmemizi sağlamaktadır. Bunlar, üç alt testten oluşan denge kontrolünün değerlendirilmesinde kullanılan minimum test bataryalarıdır (74).

1. Duyu
2. İstemli Motor
3. Fonksiyonel Limitasyonlar

Denge kontrolünün tamamlayıcı değerlendirmeleri; bireyin günlük yaşam aktivitelerindeki görevlerini güvenli ve verimli bir şekilde yerine getirme yeteneğini ölçmektedir. Özellikle alt ekstremite ağırlık dağılımı, hareket alanı ve motor kontrolü açıklarından kaynaklanan performans kısıtlamalarına duyarlıdırlar (74).

Statik Postürografi değerlendirme protokolleri ve alt testleri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir (74).

Tablo 2.1. Statik Postürografi değerlendirme protokolleri ve alt testleri (74)

Protokoller	Alt Testler
Duyu	Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi
İstemli Motor	Stabilite Sınırları Ritmik Ağırlık Aktarma Ağırlık Aktarma/Çömelleme
Fonksiyonel Limitasyonlar	Tek Taraflı Duruş Otur-Kalk Düz Yürüme Tandem Yürüyüş Adım/Hızlı Dönme Adım Yukarı/Aşağı Öne Hamle

Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (*Modified Clinical Tests of Sensory Interaction on Balance*; mCTSIB)

Bu test katılımcının sırasıyla dört farklı değerlendirme pozisyonundaki postüral salınım hızını derece/saniye ($^{\circ}/s$) olarak raporlandırır. Bu değerlendirme pozisyonları sırasıyla aşağıdaki gibidir (75):

- 1) Gözler açık, sert zemin üzerinde değerlendirme

- 2) Gözler kapalı, sert zemin üzerinde değerlendirme
- 3) Gözler açık, yumuşak zemin üzerinde değerlendirme
- 4) Gözler kapalı, yumuşak zemin üzerinde değerlendirme

Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testinin amacı nörolojik problemler, inme, periferik nöropati ve alt ekstremite amputasyonu olan hastalarda ayakta durma pozisyonunda duyuşal etkileşimin postüral stabilite üzerine etkisini değerlendirmektir (76). Ayrıca klinik uygulamada denge bozukluğu olan kişileri tanımlamak ve müdahalelerin etkilerini izlemek için yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra çeşitli patolojilerin veya koşulların, denge ve postüral stabilite üzerindeki etkilerini araştırmak için de kullanılır (77).

Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testinde yumuşak yüzeyin üzerinde ayakta durmak ve gözleri kapatmak; somatosensoryel girdiyi değiştirir ve görsel girdiyi ortadan kaldırır. Bu durumda, vestibüler girdi postüral stabilite hakkında en doğru bilgiyi sağlar (13). Literatürdeki mCTSIB testinin denge problemlerini duyuşal organizasyon testinden (DOT) daha fazla gösterdiğini, daha hızlı ve uygun fiyatlı olduğu ifade edilmiş (78), mCTSIB testinin rehabilitasyon değerlendirmesine dahil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (79, 80).

Tek Taraflı Duruş Testi (*Unilateral Stance*)

Tek taraflı duruş testi, statik koşullar altında postüral salınımı değerlendirmek için tek bir ayak üzerinde gözlerin açık ve kapalı olduğu dört farklı pozisyonda değerlendirme içerir. Bu duruş pozisyonları aşağıdaki gibidir (81).

- 1) Sol ayak üzerinde, gözler açık duruş
- 2) Sol ayak üzerinde, gözler kapalı duruş
- 3) Sağ ayak üzerinde, gözler açık duruş
- 4) Sağ ayak üzerinde, gözler kapalı duruş

Tek Taraflı Duruş testi salınım hızını derece/ saniye ($^{\circ} / s$) olarak raporlandırır. Testte sert bir yüzey üzerinde her ayak için 10 saniye süren üç değerlendirme yapılmaktadır. Test sırasında katılımcının test edilmeyen bacağına 0° kalça fleksiyonu ve 90° diz fleksiyonu pozisyonunda tutması gerekmektedir (75). Tek taraflı duruş testi gözlerin açık ve kapalı olması koşullarında duyuşal denge

kontrolü de dahil olmak üzere alt ekstremité gücünün ve ağırlık kontrolünün bir ölçümü olarak yaygın olarak kullanılır (82).

2.2.3. Subjektif Değerlendirme Yöntemleri

Baş dönmesinin değerlendirilmesinde objektif ölçümlerin yanı sıra farklı anket ve ölçekler kullanılarak sübjektif değerlendirme yapmak amacıyla günlük yaşam becerilerinin ve yaşam kalitesinin etkilenimini değerlendirmek önemlidir. Baş dönmesi ve *dizziness* için kullanılan ölçeklerin sınıflandırması Tablo 2.2.'de verilmiştir (83).

Tablo 2.2. Baş Dönmesi ve *Dizziness* için kullanılan ölçekler (83)

Sınıflandırma	İsim
Yaşam Kalitesi	<ul style="list-style-type: none"> •Baş dönmesi Engellilik Envanteri-BEE (<i>Dizziness Handicap Inventory-DHI</i>) •Vestibüler Bozukluklarda Günlük Yaşam Aktiviteleri Ölçeği (<i>Vestibular Disorders Activities of Daily Living</i>) •Aktiviteye Özgü Denge Güvenlilik Ölçeği (<i>Activities-specific Balance Confidence</i>) •Baş Dönmesi Engellilik Anketi (<i>Vertigo Handicap Questionnaire</i>)
Semptomatik	<ul style="list-style-type: none"> • Baş Dönmesi Belirti Ölçeği (<i>Vertigo Symptom Scale</i>) • Avrupa Baş Dönmesi Değerlendirme Ölçeği (<i>European Evaluation of Vertigo</i>)
Karma	<ul style="list-style-type: none"> • Vertigo, <i>Dizziness</i> Dengesizlik Anketi • UCLA <i>Dizziness</i> Ölçeği • <i>Dizzy Factor Inventory</i>

Çalışmamızda kullanılan ölçek detaylı olarak açıklanmıştır.

Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE)

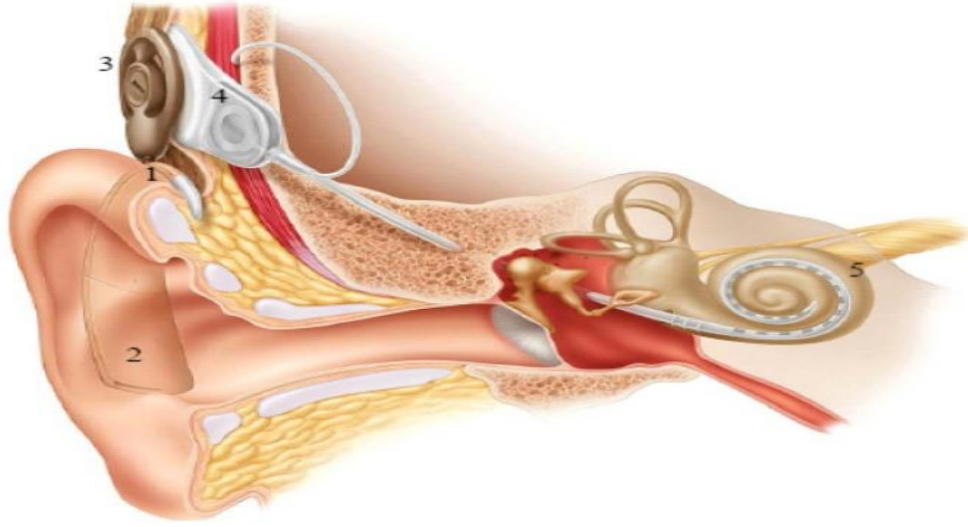
Baş Dönmesi Engellilik Envanteri bir kişinin denge probleminin günlük yaşamı üzerindeki etkisini kendi değerlendirmesiyle ölçen 25 sorudan oluşan klinik olarak onaylanmış bir envanterdir (84). BEE, *dizziness* ile ilişkili fonksiyonel, duygusal veya fiziksel sorunları tanımlamak için kullanılabilir (13). 25 maddelik ankette 9 fonksiyonel, 9 duygusal ve 7 fiziksel içerikli soru bulunmaktadır. Hastalar soruların her birine 'evet', 'bazen' veya 'hayır' şeklinde cevap verir ve her cevap için

sırasıyla 4 puan, 2 puan veya 0 puan verilir. 25 maddenin toplamı, 0 ile 100 arasında ölçeklendirilmiş bir puanla sonuçlanır; 0, “handikap yok” ve 100, “anlamli” kendi kendine algılanabilen yetersizliği gösterir. Bu test yüksek güvenilirliğe ($\alpha=0.72-0.89$) ve test-tekrar güvenilirliğine ($r=0.92-0.97$) sahiptir (84).

Bugüne kadar çok sayıda çalışmada kullanılmış olup, bir hastanın vestibüler bozukluklardan kaynaklanan zayıflığını doğru bir şekilde belirleyebildiği kabul edilmektedir (36). Hasta sadece fiziksel semptomlar bildirmişse, hastanın *dizziness* şikayetini ve/veya düşmesini arttıran pozisyonların ve spesifik hareketlerin değerlendirilmesi önerilmektedir (13). BEE, klinisyenin düşme riski olan hastaları belirlemesine de yardımcı olabilir. Whitney ve ark. (85) vestibüler disfonksiyonu olan hastaların envanterde 60’dan daha yüksek puana sahip olmasını hastanın düşme riski ile ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca BEE’nin postüral salınım ile iyi derece korele olduğu bildirilmiştir (86). Envanterin Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Canbal ve ark. (2016) tarafından yapılmıştır (87).

2.3. Koklear İmplantasyon

Koklear implantasyon, dil edinimi öncesi veya sonrasında geleneksel işitme cihazlarından fayda görmeyen bilateral ileri/çok ileri derecede sensörinöral işitme kayıplı bireylerde etkili işitsel fonksiyonun yeniden kazandırılmasını sağlayan sistemdir (88). Koklear implantın, en temel amacı fonksiyonel işitmeyi sağlamak için elektriksel stimülasyonu güvenli bir şekilde kullanmaktır (89). Koklear implant çalışma sisteminin şematik gösterimi Şekil 2.2.’de verilmiştir (90).



Şekil 2.2. Koklear implant çalışma sistemi (91)

1. Ortamdan sesleri alan bir mikrofona; 2. Analog sesleri dijital olarak kodlanmış bir sinyale dönüştüren bir ses işlemcisi; 3. Bu bilgiyi ileten bir iletici bobin; 4. Ses işlemcisine iletilen radyo frekans sinyallerinin kodunu çözen alıcı stimülatör; 5. Koklea içinde uyarım sağlayan elektrot dizisi.

Ses işlemcisinin mikrofona ortam seslerini toplar, ses işlemcisi tarafından dijital bir sinyale dönüştürür. İşlenen dijital sinyal bir radyo frekansı sinyaline kodlanarak iletici bobine gönderilir. İletici bobin, derinin altına yerleştirilmiş alıcı stimilatore radyo frekans sinyallerini iletir. Alıcı stimülatör, sinyali elektrik akımlarına dönüştürerek kokleaya yerleştirilen elektrot dizisine yönlendirir. Elektriksel uyarımın iletilmesiyle, işitme siniri uyarılır (89).

İşitme siniri liflerini uyarın elektrotları yerleştirmek için farklı cerrahi yaklaşımlar vardır (92). En yaygın yaklaşım, elektrot dizisini yuvarlak pencere yaklaşımı aracılığı ile skala timpani (*scalatympani*) boyunca yerleştirmesidir (93-95).

2.3.1. Koklear İmplantasyonun Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi

Koklear implantasyonun vestibüler sistem üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda koklear implantın denge ve VOR yanıtı üzerindeki etkilerini objektif olarak değerlendirmek amacıyla sıklıkla perioperatif anketler, kalorik test, rotasyonel sandalye testi ve platform postürografisi gibi testler kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda koklear implant cerrahisi sonrası

vestibüler semptomların hastaların % 0.33 ila % 75'inde meydana geldiği bildirilmiştir (9). Hastaların % 23 ila % 100'ünde VOR işlevinde azalma gözlenmiştir (96). Postüral stabilitenin ise koklear implantasyon sonrasında etkilenmiş (97, 98), iyileşmiş (99) veya aynı kalmış (100) olarak bildirildiği çalışmalar bulunmaktadır.

Literatürde çalışmalardaki değişkenliklerin; retrospektif çalışma tasarımı, standardizasyonu yapılmamış anketler, bireylerin hem ameliyat öncesi hem de ameliyat sonrası testlerinin eksikliği, farklı hasta popülasyonları, programlama stratejileri, cerrahi prosedürler ve farklı test protokollerinin kullanımı nedeniyle gözlenmiş olabileceği bildirilmiştir (36).

Klinik uygulamada koklear implantın çok sık olmasa da baş dönmesi, diziness ve dengesizlik gibi postoperatif vestibüler semptomlarla sonuçlanabileceği yaygın olarak kabul edilmektedir (36). Bu semptomlar genellikle geçicidir ve zamanla tamamen düzelmektedir.

Düzelmeyen şiddetli baş dönmesi olgularında öncelikle perilenf fistülünden şüphelenilebilir (92). Koklear implantasyon için aday olan konjenital veya edinilmiş çok ileri derecede sensörinöral işitme kaybı (İK) olan çocuklar ve yetişkinler, vestibüler testlerde sıklıkla vestibüler zayıflıklar göstermektedir (36, 37, 39). Altta yatan iç kulak patolojisinin bir sonucu olarak implantasyondan önce çok sayıda Kİ adayını önemli vestibüler bozukluğa sahip olabileceğinden Kİ'nin vestibüler fonksiyon üzerindeki etkisi cerrahi öncesinde değerlendirme yapılmamış olgularda göz ardı edilebilir (36). Akut vestibüler semptomlara elektrot yerleşimi sırasındaki cerrahi travma, iç kulak sıvılarının kaybı, perioperatif oksidatif basınç veya titreşim kaynaklı travmaya bağlı BPPV'nin neden olabileceği düşünülmektedir. Akut semptomlar genellikle cerrahiden sonraki ilk birkaç ay ile sınırlıdır (101, 102).

Koklear implantasyon, labirentin vestibüler duyuşal fonksiyonlarının patolojik olarak bozulması, tek taraflı afferent sinir sisteminin uyarıyı iletememesi (deafferentasyon), değişkenlik gösteren vestibülopatiyle ya da vestibüler sistemin elektriksel uyarılmasıyla vestibüler sistemi etkileyebilir (36).

Teorik olarak, koklear implantasyon normal iç kulak sıvısı homeostazını değiştirebilir, vestibüler duyuşal yapılarda doğrudan travmaya neden olabilir ya da ortaya çıkan fibröz doku veya tüy hücresi kaybıyla cerrahi olarak inflamasyona

neden olabilir. Sonuç olarak, vestibüler lezyonun bir sonucu olarak şiddetli baş dönmesi, *dizziness* ve dengesizlik ortaya çıkacaktır. Bu semptomlar konuşma işlemcisinin aktivasyonundan bağımsız olarak görülecektir (36).

Koklear implant ameliyatı olan hastalarda SSK'larda ya da vestibülde fibröz doku, sakküler membran distorsiyonu olan hidrops, osteoanagenez ve reaktif nöronlar gözlenebilir (36). Yuvarlak pencerenin yakınındaki spiral lamina patolojisinin bir sonucu olarak skala vestibülü tutulumu ile karşılaşılabilir (103). Hastanın statik vestibüler lezyonlardan kaynaklanan semptomlarının kompanzasyon, substitüasyon ve habituasyon süreçleriyle zaman içinde iyileşmesi beklenmektedir (36). Buna rağmen kalorik ve postürografik analizlere göre, Kİ'nin nadiren semisirküler kanal sistemi ve postüral stabilite üzerinde önemli ve kalıcı etkilere yol açtığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (41). Bir diğer nokta ise elektriksel uyarımın iç kulakta patolojik değişimlere neden olmasıdır. Elektriksel uyarım, vestibüler disfonksiyon ve dengesizlikle sonuçlanan tutarsız duyuşal girdiler sağlayabilir. Bu durumlarda cihaz aktivasyonu *dizziness*, baş dönmesi ya da nistagmus semptomlarına neden olur (36).

Bu lezyonların veya implante edilen elektrot dizisinin yol açabileceği sonuçların yanı sıra iç kulakta inflamasyon, fibröz doku ve endolenfatik hidrops gibi sekonder reaksiyonların gözleendiği çalışmalar da mevcuttur (104, 105). Ameliyat sonrası denge bozukluklarına neden olan vestibüler fonksiyon bozukluğu, santral kompanzasyonun devreye girmesi ile birlikte haftalar veya aylar içerisinde iyileşebilir (106).

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Türü

Çalışmamız Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı Odyoloji Tezli Yüksek Lisans Programı'nda Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 11.09.2018 tarihinde GO 18/804 no'lu izni ile yapılmıştır. Etik Kurul izin yazısı Ek-1'de verilmiştir. Etik kurul başvurusunda katılımcı alınmadan önce yapılan güç analizine göre belirlenen 56 katılımcı sayısı öngörülen sürede tamamlanamamıştır. Çalışma verilerimiz ile güç analizi yeniden yapılmış, %95 güven aralığında katılımcı sayısının 34'e azaltılması talep edilmiştir. Etik kurulun çalışma süresi uzatma ve katılımcı sayısını azaltmaya ilişkin onayı Ek-2'de verilmiştir.

Çalışmamız, koklear implant kullanıcısı yetişkinlerde işitsel girdilerin postüral stabilite üzerine etkisini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Çalışmaya katılan tüm katılımcılara çalışma konusu hakkında bilgi verilmiştir. Gönüllülük esasına göre yapılan bu çalışmada her bir katılımcının yazılı izni alınmıştır. Çalışmaya katılan bireyler randomize olarak seçilmiştir.

3.2. Çalışmanın Örneklemi

3.2.1. Katılımcıların Belirlenmesi

Çalışmaya koklear implant cerrahisi Hacettepe Üniversitesi Erişkin Hastanesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen ve Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü'nde düzenli takipleri yapılan ve koklear implantlı işitme eşikleri odyogramdaki konuşma muzu içerisinde yer alan 18-35 yaş aralığındaki 34 koklear implant kullanıcısı (19 kadın, 15 erkek) genç yetişkin dahil edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin değerlendirmeleri Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Bölümü Vestibüler Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilen tüm katılımcıların cinsiyet ve yaş ortalaması Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Katılımcılara ait demografik bilgiler

Sayı	Cinsiyet		Yaş	
	Kadın	Erkek	X±SS (yıl)	Değer Aralığı (yıl)
34	19	15	27.4±0.962	18-35

X: ortalama yaş, SS: standart sapma

3.2.2. Bireylerin Seçim ve Dışlanma Kriterleri

Çalışmaya aşağıda belirtilen kriterlere sahip olan bireyler dahil edilmiştir:

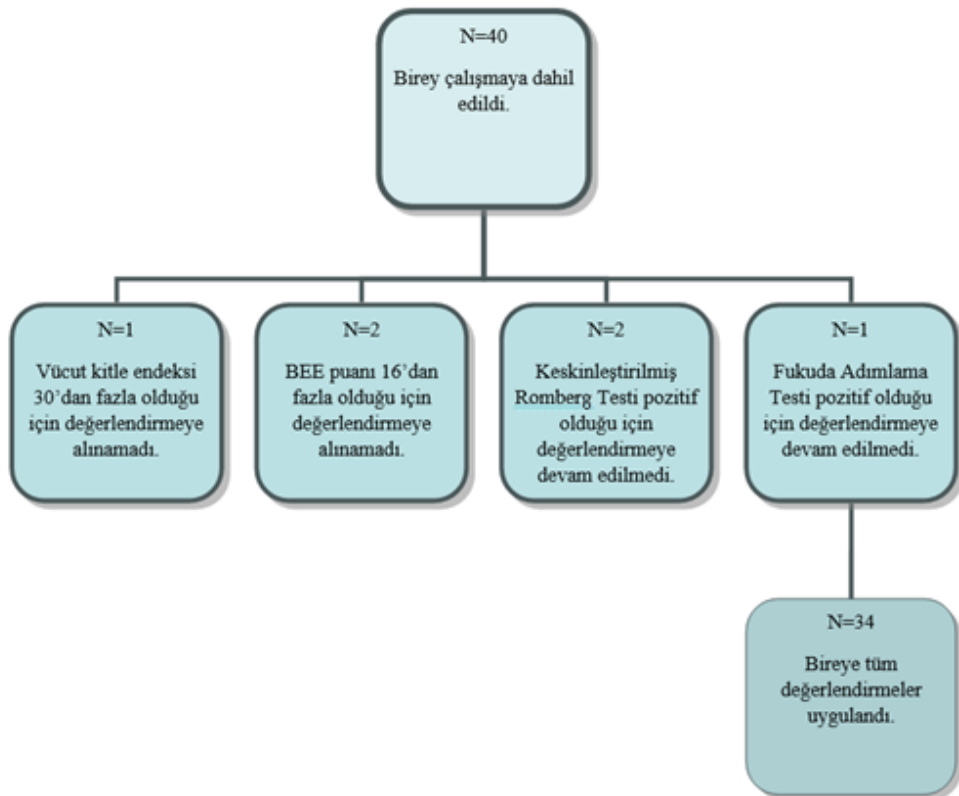
- 18-35 yaş arasında olması
- En az 6 aydır unilaterale (tek taraflı) koklear implant kullanıyor olması
- Tanılanmış iç kulak anomalisi, retrokoklear patoloji, nörolojik bozukluk olmaması
- Aktif denge bozukluğu şikayetinin olmaması
- Bir yürüme yardımcısı (baston veya yürüteç) olmadan bağımsız olarak hareket edebilmesi
- Baş Dönmesi Engellilik Envanteri'nde 16 puan altında alması
- Keskinleştirilmiş Romberg Testi negatif olması
- Tanılanmış ortopedik problem, görme problemi veya bilişsel problemi olmaması
- Vücut kitle indeksinin 30'dan düşük olması
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olması

Bu kriterler dışında aşağıda belirtilen özelliklere sahip katılımcılar çalışma dışı bırakılmıştır:

- Koklear implant kullanım süresinin 6 aydan az olması
- Etiyolojide iç kulak anomalisi veya retrokoklear patoloji olması
- Aktif denge bozukluğu şikayeti olması
- Tanılanmış nörolojik bozukluğu olması
- Baş Dönmesi Engellilik Envanteri'nden 16 puan veya daha yüksek alması
- Keskinleştirilmiş Romberg Testi pozitif olması
- Tanılanmış ortopedik problemi, görme problemi veya bilişsel problemi olması

- Vücut kitle indeksinin 30'dan yüksek olması
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmaması

Çalışma hakkında bilgi verilen ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan 40 bireyden 1 kişi vücut kitle endeksi 30'dan fazla olması nedeniyle, 2 kişi BEE puanı 16'dan fazla olması nedeniyle değerlendirmelere alınamamıştır. 37 katılımcı arasından 2 kişinin keskinleştirilmiş Romberg Testi pozitif olması nedeniyle, 1 kişinin ise Fukuda Adımlama Testi pozitif olması nedeniyle değerlendirilmeye devam edilmeyerek bu kişiler çalışma dışı bırakılmıştır. Sonuç olarak çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 34 bireye sırasıyla BEE, keskinleştirilmiş Romberg Testi, Fukuda adımlama testi ve Statik Postürografi uygulanarak çalışma tamamlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmaya dahil edilen bireylerin akış şeması

3.3. Yöntem

Çalışmaya katılan her birey için oluşturulan katılımcı bilgi formu doldurulmuştur. Oluşturulan bilgi formu Ek-3'te verilmiştir. Çalışmaya katılan bireylere öncelikle Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) uygulanmıştır. BEE sonucuna göre 16 puan altında alan katılımcılara sırasıyla Keskinleştirilmiş Romberg Testi, Fukuda Adımlama Testi ve Statik Postürografi değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirmeler herhangi bir dikkat dağıtıcı unsur olmayan, ortam gürültüsünün 41 dB(A) olarak ölçüldüğü sessiz bir odada gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara teste rahat bir ayakkabı ile gelmeleri bilgisi verilmiştir ve her değerlendirme sonrası katılımcı 10 dakika dinlendirilmiştir. Teste başlamadan önce katılımcılar test prosedürleri hakkında bilgilendirilmiştir.

Çalışma dizaynında üç farklı durumda değerlendirmeler yapılmıştır:

1) Ses işlemcisi kapalı: Test öncesinde ses işlemcisi açık iken teste uygun yönergeler verilmiş, test sırasında katılımcıdan ses işlemcisini çıkarması istenmiştir.

2) Ses işlemcisi açık, ortam gürültüsü mevcut: Ses işlemcisinin açık olduğu, herhangi bir akustik uyarın sunumu (konuşma uyarını dahil) olmaksızın doğal ortam gürültüsü varlığında değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme öncesinde WINTACT WT1357 (*Shenzhen Huitianyi Electronics Co. Ltd., Shenzhen, China*) marka dijital ses seviyesi ölçer (*sound level meter; SLM*) kullanılarak yapılan ölçümde doğal ortam gürültüsü yaklaşık 41dB(A) olarak ölçülmüştür.

3) Ses işlemcisi açık, beyaz gürültü varlığında: Teste katılımcının 1 metre önünde kulak hizasına göre yerleşimli bir düzenek üzerinde Philips marka BT6900B model (Akustik Frekans Tepkisi 0.8-20 kHz) hoparlör konumlandırılmıştır. Teste başlamadan önce WINTACT WT1357 (*Shenzhen Huitianyi Electronics Co. Ltd., Shenzhen, China*) marka dijital ses seviyesi ölçer (*sound level meter; SLM*) kullanılarak ölçüm yapılmıştır ve 65dB(A) ses şiddetinde beyaz gürültü varlığında test yapılmıştır. Beyaz gürültü PRAAT programı kullanılarak oluşturulmuştur (0-20 kHz).

Keskinleştirilmiş Romberg testi tüm katılımcılara yalnızca ses işlemcisi açık, ortam gürültüsü durumunda uygulanmıştır. Keskinleştirilmiş Romberg testi negatif olan katılımcılara diğer testler uygulanmıştır.

Fukuda Adımlama testi iki farklı durumda planlanmıştır: (1) Ses işlemcisi açık ve beyaz gürültü varlığında Fukuda Adımlama Testi uygulanması; (2) Ses işlemcisi kapalı durumunda Fukuda Adımlama Testi uygulanması. Bu iki protokolda yapılan değerlendirme sırası her katılımcı için randomize olarak seçilmiştir.

Daha sonra Statik Postürografi Değerlendirmesi Test Bataryası içerisinde Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi ve Tek Taraflı Duruş Testi kullanılmıştır. Her iki test için 3 farklı durumda değerlendirme planlanmıştır: (1) Ses işlemcisi açık ve beyaz gürültü varlığında değerlendirme; (2) Ses işlemcisi açık ve ortam gürültüsü varlığında değerlendirme; (3) Ses işlemcisi kapalı değerlendirme. Bu protokoller her bir katılımcı için randomize olarak seçilmiştir.

3.3.1. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE)

Baş dönmesinin günlük yaşam üzerine etkisi BEE kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcılar soruların her birine “evet”, “bazen” veya “hayır” şeklinde cevap vermişlerdir. Ölçek puanlaması evet 4 puan, bazen 2 puan, hayır ise 0 puan olacak şekilde yapılmıştır. Test sonucunda 0 ile 100 arasında bir puan elde edilmiştir. Jacobson ve ark. (84) tarafından geliştirilen bu envanter puanlamasında 0, “handikap yok” ve 100, “anlamlı” kendi kendine algılanabilen yetersizliği göstermektedir. Envanterden 16 puan altında alan katılımcılar diğer değerlendirmelere alınmıştır. Envanterin Türkçe sürümü Ek-4’te verilmiştir.

3.3.2. Keskinleştirilmiş Romberg Testi

Katılımcı çevresinde kısıtlayıcı öğelerin bulunmadığı, ferah bir yere konumlandırılmıştır. Daha sonra katılımcıya ayaklarını *tandem pozisyonuna* (topuk-parmak ucu bitişik) getirmesi ve gözlerini kapatması söylenmiştir (Şekil 3.1.). Ardından katılımcıdan kolları göğüs üzerinde katlanmış bir şekilde minimum salınım ile sessiz bir duruş sergilenmesi istenmiştir. 30 saniye boyunca katılımcı gözlemsel olarak incelenmiştir. Katılımcının güvenliğini sağlamak için, katılımcının 1 metre önünde test süreci izlenmiştir. Katılımcılar gözleri kapalı pozisyonda düşmeden veya salınımda önemli bir artış olmadan 30 saniye boyunca dengesini koruyabilmeleri durumunda test sonucu negatif olarak raporlanmıştır. Katılımcıların gözleri kapalı konumda artan sallanma ya da bir düşüş gözlenirse test pozitif olarak

değerlendirilmiştir (22). Keskinleştirilmiş Romberg Testi pozitif bulunan katılımcılar çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 3.2. Keskinleştirilmiş Romberg Testi uygulaması

3.3.3. Fukuda Adımlama Testi

Katılımcı açı ve mesafe ölçer bir zeminin orta noktasına konumlandırılmıştır (Şekil 3.2.). Teste başlamadan önce katılımcılar ayakta, platformun ortasında ve kolları vücudun yanında olacak şekilde dik olarak beklemişlerdir. Fukuda Adımlama Testi değerlendirmesine başlarken katılımcının gözleri kapalı ve kolları omuz yüksekliğinde uzanmış (avuç içleri aşağıya bakacak şekilde) olduğu yerde 50 adım boyunca yürüyüş yapması istenmiştir (61, 107). Test sürecinde katılımcının güvenliği nedeniyle katılımcının önünde ve hep aynı mesafede test süreci izlenmiştir. Değerlendirme için planlanan iki ayrı değerlendirme protokolü katılımcıya gösterilerek anlatılmıştır.

Randomize olarak uygulanan protokoller aşağıdaki gibidir:

1) Ses işlemcisi kapalı uygulamada yukarıda anlatıldığı gibi standart Fukuda Adımlama Testi yapılmıştır.

2) Ses işlemcisi açık uygulamada ise katılımcının 1 metre önünde ve kulak hizasına konumlandırılmış hoparlör düzeneğinden 65dB(A) beyaz gürültü uyararı varlığında Fukuda Adımlama Testi yapılmıştır.

Her iki protokol sürecinde 50 adımın tamamlandığı noktadan, katılımcının döndüğü yön (sağ-sol), kat ettiği mesafe (cm) ve başlangıç noktasına göre açısız (derece) dönüşü kaydedilmiştir. Katılımcının başlangıç noktasına göre yer değişiminin 1 metreden daha az ve dönüş açısının 45 dereceden daha az olması durumunda performans normal kabul edilmiştir (61). Başlangıç noktasına göre yer değişiminin 1 metreden ya da dönüş açısının 45 dereceden daha fazla olduğu katılımcılar çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 3.3. Fukuda adımlama testi platformu

3.3.4. Statik Postürografi Ölçümleri

Postüral kontrolün değerlendirilmesi *Balance Master* Statik Postürografi cihazı (*NeuroCom, Clackamas, OR, USA*) ile yapılmıştır. Sistemin bünyesinde bulundurduğu kristal yapıdaki alıcılara dışarıdan uygulanan basınç miktarı ile orantılı olarak elektrik üretebilen özelliği sayesinde kayıt yapmaktadır (74). Katılımcıların boy uzunluğunun sisteme kaydedilmesi, her bir katılımcı için ağırlık merkezinin değerlendirilmesine olanak sağlar (108).

Değerlendirme öncesi sırasıyla aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

1. Kalibrasyon: Sistem her açıldığında kendi kendini kalibre eder. Bu işlemler sırasında üzerinde hiçbir yük olmaması gerekmektedir.
2. Kişinin bilgileri ve kullanıcı bilgileri sisteme girilmelidir.
3. Standart ayak pozisyonu ayarlanmalıdır;
 - Medial malleol horizontal (yatay) çizgide,
 - Kalkaneus (ayağın laterale gelen kısmı) uygun yükseklik çizgisinde,
 - Arka ayağın yayvan, dışa doğru genişleyen (lateral rotasyon) şeklinde olması gerekmektedir.
4. Veriler, ayakkabısız ve kaymayan çorap giydirilerek, rahat kıyafetler ile toplanmalıdır (74).

Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (*Modified Clinical Tests of Sensory Interaction on Balance; mCTSIB*)

Katılımcı sırasıyla aşağıdaki dört farklı pozisyonda değerlendirilmiştir:

- 1) Gözler açık, sert zemin üzerinde
- 2) Gözler kapalı, sert zemin üzerinde
- 3) Gözler açık, yumuşak zemin üzerinde
- 4) Gözler kapalı, yumuşak zemin üzerinde

Her test 10 saniye sürmüştür ve üç kez tekrarlanarak salınım derecelerinin ortalaması alınmıştır. Test öncesinde katılımcılara dik bir şekilde, kollarını hareket ettirmeden ve mümkün olduğunca hareketsiz durması gerektiği söylenmiştir. Test esnasında katılımcıya herhangi bir yönerge verilmemiştir. Her test sonrası katılımcı 10 saniye dinlendirilmiştir. Test sonucunda her katılımcı için postüral salınım hızı derece/saniye olarak raporlandırılmıştır.

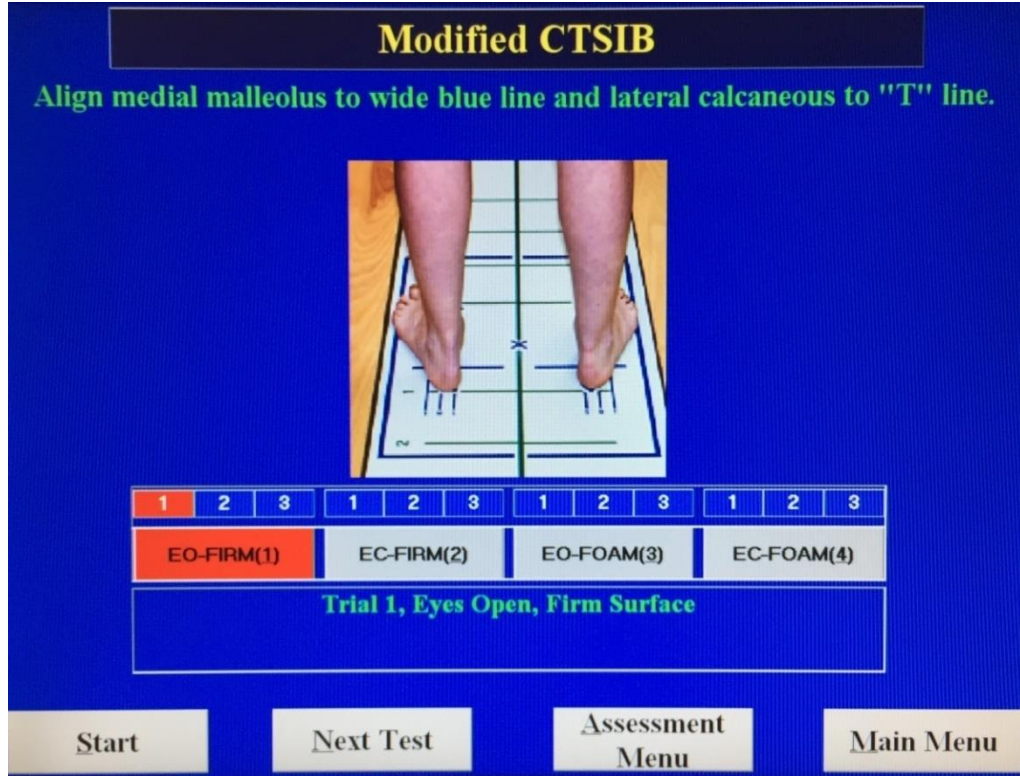
Testin skorlaması, vücudun lateral, anterior ve posterior yönlerdeki salınım miktarına ve dengeyi koruma süresine dayanarak sistem tarafından otomatik verilmiştir (109).

Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (mCTSIB) değerlendirmesi aşağıdaki üç farklı protokolda randomize olarak uygulanmıştır:

- 1) Ses işlemcisi kapalı değerlendirme yapılmıştır.
- 2) Ses işlemcisi açık, ortam gürültüsü varlığında değerlendirme yapılmıştır.

3) Ses işlemcisi açık katılımcının 1 metre önünde ve kulak hizasına konumlandırılmış hoparlör düzeneğinden 65 dB (A) beyaz gürültü uyarını varlığında değerlendirme yapılmıştır.

Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi ekran görseli Şekil 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Dengenin kliniğe uyarlanmış duyusal etkileşim testi ekran görseli

Tek Taraflı Duruş Testi (*Unilateral Stance*)

Katılımcı sırasıyla aşağıdaki dört farklı pozisyonda değerlendirilmiştir:

- 1) Sol ayak üzerinde, gözler açık duruş
- 2) Sol ayak üzerinde, gözler kapalı duruş
- 3) Sağ ayak üzerinde, gözler açık duruş
- 4) Sağ ayak üzerinde, gözler kapalı duruş

Test sert bir yüzey üzerinde 10 saniye süren üç değerlendirmeden oluşmuştur. Tek taraflı duruş testinde sağ ve sol ayak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Test öncesinde katılımcılara dik bir şekilde, kollarını hareket ettirmeden ve mümkün olduğunca

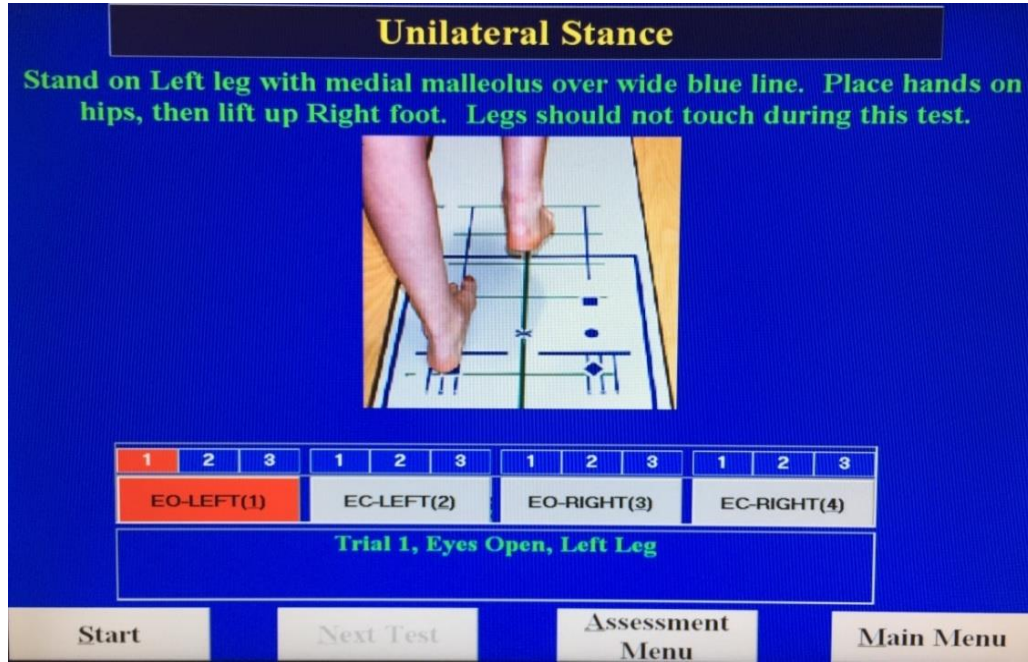
hareketsiz durması gerektiği söylenmiştir. Test öncesi yönergede katılımcının test edilmeyen bacağına 0 derece kalça fleksiyonu ve 90 derece diz fleksiyonu pozisyonunda tutması gerektiği görsel olarak anlatılmıştır. Test esnasında katılımcıya herhangi bir yönerge verilmemiştir. Her test sonrası katılımcı 10 saniye dinlendirilmiştir. Test sonucunda her katılımcı için postüral salınım hızı derece/saniye olarak sistem tarafından otomatik raporlandırılmıştır.

Tek Taraflı Duruş Testi (*Unilateral Stance*) değerlendirmesi aşağıdaki üç farklı protokole randomize olarak uygulanmıştır:

1) Ses işlemcisi kapalı değerlendirme yapılmıştır.

2) Ses işlemcisi açık, ortam gürültüsü varlığında değerlendirme yapılmıştır.

3) Ses işlemcisi açık katılımcının 1 metre önünde ve kulak hizasına konumlandırılmış hoparlör düzeneğinden 65dB(A) beyaz gürültü uyarını varlığında değerlendirme yapılmıştır. Tek Taraflı Duruş Testi ekran görseli Şekil 3.4.'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Tek taraflı duruş testi ekran görseli

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmanın örneklem sayısı, *G power* güç analizi ile belirlenmiştir. Sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma, en küçük ve en büyük değerler hesaplanmış ve tablolatırılmıştır. Kategorik değişkenler için (cinsiyet ve taraf) istatistiksel değerleri tablo olarak verilmiştir. Kİ kullanıcılarında işitsel girdilerin postüral stabilite üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla hipotez testleri yapılmıştır. Parametrik ya da parametrik olmayan hipotez testlerinden hangisinin kullanılacağını belirlemek amacıyla ilk olarak ilgili değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığına bakmak için *Kolmogorov-Smirnov testi* kullanılmıştır ve görsel olarak incelenmiştir. Normal dağılıma uygunluk gösteren değişkenler için *Eşleştirilmiş Örneklem t Testi* kullanılmıştır. Normal dağılıma uygunluk göstermeyenler için ise üç farklı grup için *Friedman testi* uygulanmıştır. Fark bulunan değişkenler için ikili karşılaştırma *Wilcoxon İşaret Testi* kullanılmıştır. Tüm hipotez testlerinde sonuçların yorumlanması için anlamlılık düzeyi $p=0.05$ olarak alınmıştır. Çalışmada analizler için *SPSS for Windows V.25* istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Yetişkin koklear implant kullanıcılarında işitsel girdilerin postüral stabilite üzerine etkisini araştırmak amacıyla yaptığımız çalışmamızda elde edilen bulgular değerlendirme sırasına göre aşağıda sunulmuştur:

Koklear implant kullanıcı 34 bireyin işitme kaybı tanı yaşları ve işitme kaybı süreleri, implantasyon yaşları, koklear implant kullanım sürelerinin ortalama, standart sapma, en küçük ve en büyük değerleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların işitme kaybı süreleri ve koklear implant kullanım süreleri

	İK Tanı Yaşı	İK Süresi	Kİ Yaşı	Kİ Kullanım Süresi
Değer Aralığı (Yıl)	0-23	0.5-33	2-36	1-18
X±SS	3.8±0.94	16.8±1.74	20.6±1.63	7±0.96

X: ortalama, SS: standart sapma, Kİ: koklear implant, İK: işitme kaybı

4.1. Baş Dönmesi Engellilik Envanteri (BEE) Bulguları

Çalışmaya katılan bireylerin BEE puan aralığı, ortalama BEE puanı ve standart sapması Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Baş dönmesi engellilik envanteri sonuçları

BEE Puan Aralığı	0-12
Ortalama BEE Puanı±SS	4.47±0.797

SS: standart sapma, BEE: baş dönmesi engellilik envanteri

4.2. Fukuda Adımlama Testi Bulguları

Fukuda Adımlama Testine ait beyaz gürültü varlığında test bulguları ve ses işlemcisi kapalı test bulgularının *Wilcoxon İşaretili Sıra Testi* analizi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı Fukuda Adımlama Testinde derece bakımından anlamlı bir farklılık elde edilememiştir ($p=090$). Beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı Fukuda

Adımlama Testinde yer değiştirme (cm) bakımından anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.004$). Fukuda Adımlama Test bulguları tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Fukuda adımlama testi bulguları

Fukuda Adımlama Testi	Kİ Açık-Beyaz Gürültü	Kİ Kapalı	p değeri
Ortalama Derece \pm SS ($^{\circ}$)	14.894 \pm 1.474	17.585 \pm 1.548	.090
Ortalama Yer Değiştirme \pm SS (cm)	34.856 \pm 3.378	44.835 \pm 3.5	.004*

SS: standart sapma; Kİ: koklear implant; * $p<.05$

Koklear implant kullanan 34 bireyin beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı Fukuda Adımlama Test sonuçları *Fisher Kesin Olasılık Testi* ile analiz edilmiştir. Tüm katılımcıların, beyaz gürültü varlığında 3 deneme ve Kİ kapalı durumda 3 deneme olmak üzere toplam 6 durumun her birinin dönüş yönü ile Kİ tarafı ilişkisi istatistiğe tabi tutulmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre dönüş yönü ve Kİ tarafı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kİ kullanan bireylerin beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı Fukuda Adımlama Test bulguları Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Koklear implant kullanıcılarının fukuda adımlama test bulguları

Kİ Kullanıcı Sayısı (n=34)	Kİ Yönünde (%62.7)	Kİ Karşı Yönünde (%37.3)
Kİ Açık-Beyaz Gürültü Test 1	18 (%59.9)	16 (%40.1)
Kİ Açık-Beyaz Gürültü Test 2	21 (%61.7)	13 (%38.3)
Kİ Açık-Beyaz Gürültü Test 3	22 (%64.7)	12 (%35.3)
Kİ Kapalı Test 1	21 (%61.7)	13 (%38.3)
Kİ Kapalı Test 2	23 (%67.7)	11 (%32.3)
Kİ Kapalı Test 3	23 (%67.7)	11 (%32.3)

Kİ: koklear implant

4.3. Statik Postürografi Test Bulguları

Statik Postürografi Değerlendirmesi iki alt testi ile ayrı ayrı istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

4.3.1. Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testi (mCTSIB) Bulguları

Dengenin Kliniğe Uyarlanmış Duyusal Etkileşim Testinde değerlendirme test sonuçları ortam gürültüsü varlığında, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda *Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi* ile analiz edilmiştir. Analiz sırasında her üç denemenin ortalaması alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre en iyi denge performansı sırasıyla ortam gürültüsü varlığında, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda değerlendirmede elde edilmiştir. Her üç değerlendirme arasında ve ikili olarak karşılaştırma analizleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir. Her üç değerlendirmeye ait mCTSIB bulguları ve ikili karşılaştırma analizleri Tablo 4.5.'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Dengenin kliniğe uyarlanmış duyusal etkileşim testi (mCTSIB) bulguları

mCTSIB(N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.4568±0.025	0.23-0.80	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	<i>p</i> =.742
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.4626±0.032	0.23-1.03	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	<i>p</i> =.172
Kİ Kapalı	0.4935±0.030	0.25-1.00	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	<i>p</i> =.067

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyusal etkileşim testi

Sert Zemin Gözler Açık mCTSIB Bulguları

Her üç değerlendirme protokolünün ikili olarak istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* ile yapılmıştır. Sert zemin gözler açık değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile beyaz gürültü, ortam gürültüsü ve ses işlemcisi kapalı

durumda elde edilmiştir. İkili karşılaştırma analizlerinde beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.000$). Buna ek olarak, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.035$). Sert zemin gözler açık alt testine ait istatistiksel p değerleri Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Sert zemin gözler açık mCTSIB analiz sonuçları

Sert Zemin GA (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.218±0.019	0.0-0.3	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	$p=.075$
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.179±0.014	0.0-0.5	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	$p=.000^*$
Kİ Kapalı	0.262±0.017	0.1-0.4	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	$p=.035^*$

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, * $p<.05$, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi

Sert Zemin Gözler Kapalı mCTSIB Bulguları

Her üç değerlendirme protokolünün ikili olarak istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* ile yapılmıştır. Sert zemin gözler kapalı değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile ses işlemcisi kapalı, beyaz gürültü ve ortam gürültüsü durumunda elde edilmiştir. İkili karşılaştırma analizlerinde denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir. Sert zemin gözler kapalı alt testine ait istatistiksel p değerleri Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Sert zemin gözler kapalı mCTSIB analiz sonuçları

Sert Zemin GK (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.271±0.020	0.1-0.7	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	p=.128
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.241± 0.017	0.1-0.6	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	p=.265
Kİ Kapalı	0.224±0.019	0.1-0.5	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	p=.063

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GK: gözler kapalı, *p<.05, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi

Yumuşak Zemin Gözler Açık mCTSIB Bulguları

Yumuşak zemin gözler açık değerlendirme istatistiksel analizinde ortam gürültüsü, beyaz gürültü ve Kİ kapalı değerlendirmeleri *Friedman Testi* ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizde anlamlı fark bulunmadığı için *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* yapılmamıştır (p=.271). Yumuşak zemin gözler açık değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile ortam gürültüsü, beyaz gürültü, Kİ kapalı durumda elde edilmiştir. Yumuşak zemin gözler açık testine ait bulgular Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Yumuşak zemin gözler açık mCTSIB analiz sonuçları

Yumuşak Zemin GA(N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.426±0.023	0.2-0.7
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.438±0.033	0.2-1.0
Kİ Kapalı	0.462±0.027	0.2-0.9

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi

Yumuşak Zemin Gözler Kapalı mCTSIB Bulguları

Yumuşak zemin gözler kapalı değerlendirme istatistiksel analizinde ortam gürültüsü, beyaz gürültü ve Kİ kapalı değerlendirmeleri *Friedman Testi* ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizde anlamlı fark bulunmadığı için *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* yapılmamıştır ($p=.083$). Yumuşak zemin gözler kapalı değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile ortam gürültüsü, beyaz gürültü, Kİ kapalı durumda elde edilmiştir. Yumuşak zemin gözler kapalı testine ait bulgular Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Yumuşak zemin gözler kapalı mCTSIB analiz sonuçları

Yumuşak Zemin GK(N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.903±0.082	0.4-2.2
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.979±0.099	0.4-3.3
Kİ Kapalı	1.021±0.101	0.4-3.1

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GK: gözler kapalı, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testi

4.3.2. Tek Taraflı Duruş Testi (TTD)

Tek Taraflı Duruş Testinde; ortam gürültüsü varlığında, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda değerlendirme test sonuçları *Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi* ile analiz edilmiştir. Analiz sırasında her üç denemenin ortalaması alınarak istatistik yapılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre en iyi denge performansı sırasıyla beyaz gürültü varlığında, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda değerlendirmede elde edilmiştir. Yapılan ikili olarak karşılaştırma analizlerinde beyaz gürültü varlığında ve ortam gürültüsü varlığında denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=0.027$). Buna ek olarak, beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı değerlendirmeleri arasında anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.001$). Tek taraflı duruş testi bulguları ve ikili karşılaştırma analizleri Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Tek taraflı duruş (TTD) testi bulguları

TTD (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	2.3306±0.120	0.930-3.530	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	<i>p</i> =.027*
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	2.1559±0.105	0.850-3.130	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	<i>p</i> =.001*
Kİ Kapalı	2.4450±0.128	1.130-4.380	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	<i>p</i> =.105

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, **p*<.05, TTD: tek taraflı duruş testi

Sol Ayak Üzerinde Gözler Açık TTD Bulguları

Her üç değerlendirme protokolünün ikili olarak istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* ile yapılmıştır. Sol ayak üzerinde gözler açık değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile beyaz gürültü varlığında, ses işlemcisi kapalı durumda ve ortam gürültüsü varlığında elde edilmiştir. Yapılan ikili olarak karşılaştırma analizlerinde beyaz gürültü varlığında ve ortam gürültüsü varlığında denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmiştir (*p*=.026). Sol ayak üzerinde gözler açık alt testine ait istatistiksel *p* değerleri Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Sol ayak üzerinde gözler açık TTD analiz sonuçları

Sol ayak GA TTD (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.979±0.069	0.6-2.5	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	<i>p</i> =.026*
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.847±0.047	0.5-1.7	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	<i>p</i> =.085
Kİ Kapalı	0.935±0.064	0.5-2.2	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	<i>p</i> =.349

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, TTD: tek taraflı duruş testi, **p*<.05

Sol Ayak Üzerinde Gözler Kapalı TTD Bulguları

Her üç değerlendirme protokolünün ikili olarak istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* ile yapılmıştır. Sol ayak üzerinde gözler kapalı değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile beyaz gürültü varlığında, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda elde edilmiştir. Yapılan ikili olarak karşılaştırma analizlerinde beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda denge performansı açısından istatistiksel anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.002$). Buna ek olarak, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı değerlendirmeleri arasında anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.001$). Sol ayak üzerinde gözler kapalı alt testine ait istatistiksel p değerleri Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Sol ayak üzerinde gözler kapalı TTD analiz sonuçları

Sol ayak GK TTD (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı	Karşılaştırma	p değeri
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	3.538±0.223	1.1-6.0	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	$p=.270$
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	3.326±0.191	1.3-5.0	Kİ Açık-Beyaz gürültü Kİ kapalı	$p=.002^*$
Kİ Kapalı	3.988±0.231	1.4-7.0	Kİ Açık-Ortam gürültüsü Kİ kapalı	$p=.001^*$

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GK: gözler kapalı, TTD: tek taraflı duruş testi, * $p<.05$

Sağ Ayak Üzerinde Gözler Açık TTD Bulguları

Sağ ayak üzerinde gözler açık değerlendirme istatistiksel analizinde ortam gürültüsü, beyaz gürültü ve Kİ kapalı değerlendirmeleri *Friedman Testi* ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizde anlamlı fark bulunmadığı için *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* yapılmamıştır ($p=.975$). Sağ ayak üzerinde gözler açık değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile ses işlemcisi kapalı, ortam gürültüsü varlığında ve beyaz gürültü varlığında elde edilmiştir. Sağ ayak üzerinde gözler açık testine ait bulgular Tablo 4.13.'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Sağ ayak üzerinde gözler açık TTD analiz sonuçları

Sağ ayak GA TTD (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	0.897±0.060	0.4-1.9
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.909±0.057	0.5-1.6
Kİ Kapalı	0.888±0.052	0.5-1.8

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, TTD: tek taraflı duruş testi

Sağ Ayak Üzerinde Gözler Kapalı TTD Bulguları

Sağ ayak üzerinde gözler kapalı değerlendirme istatistiksel analizinde ortam gürültüsü, beyaz gürültü ve Kİ kapalı değerlendirmeleri *Friedman Testi* ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizde anlamlı fark bulunmadığı için *Wilcoxon İşaretli Sıra Testi* yapılmamıştır ($p=.132$). Sağ ayak üzerinde gözler kapalı değerlendirmede en iyi denge performansı sırası ile beyaz gürültü varlığında, ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda elde edilmiştir. Sağ ayak üzerinde gözler kapalı testine ait bulgular Tablo 4.14.'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Sağ ayak üzerinde gözler kapalı TTD analiz sonuçları

Sağ ayak GK TTD (N=34)	X±SS (°/s)	Değer Aralığı
Kİ Açık-Ortam Gürültüsü	3.897±0.240	1.2-7.1
Kİ Açık-Beyaz Gürültü	3.529±0.201	1.1-5.0
Kİ Kapalı	3.956±0.243	1.3-8.0

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GK: gözler kapalı, TTD: tek taraflı duruş testi

4.3.3. mCTSIB ve TTD Test Bulgularının Göz Açık ve Göz Kapalı Durumlarda Karşılaştırılması

Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşal etkileşim testinin sert zemin göz açık ve göz kapalı değerlendirmeleri için ikili karşılaştırma istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaret Testi* ile yapılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırma analizlerinde sert zemin ses işlemcisi kapalı değerlendirmede göz açık ve göz kapalı karşılaştırmasında anlamlı bir farklılık elde edilememiştir ($p=.115$). Buna karşılık, beyaz gürültü varlığında göz

açık değerlendirmede ise göz kapalı değerlendirmeye göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p=.001$).

Dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşsal etkileşim testinin yumuşak zemin göz açık ve göz kapalı değerlendirmeleri için ikili karşılaştırma istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaret Testi* ile yapılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırma analizlerinde yumuşak zemin ses işlemcisi kapalı değerlendirmede, göz açık ve göz kapalı karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmiştir ($p=.000$). Ayrıca beyaz gürültü varlığında göz açık değerlendirmede de göz kapalı değerlendirmeye göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p=.000$). mCTSIB testinin beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda, göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları Tablo 4.15.'te verilmiştir.

Tablo 4.15. mCTSIB testi göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları

mCTSIB Bulguları		Göz Açık $\bar{x}\pm SS$ (°/s)	Göz Kapalı $\bar{x}\pm SS$ (°/s)	GA vs. GK p değeri
Sert Zemin	Kİ Kapalı	0.262±0.016	0.229±0.018	$p=.115$
	Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.183±0.082	0.242±0.100	$p=.001^{**}$
Yumuşak Zemin	Kİ Kapalı	0.400±0.023	1.023±0.100	$p=.000^{**}$
	Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.437±0.031	0.986±0.098	$p=.000^{**}$

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, GK: gözler kapalı, mCTSIB: dengenin kliniğe uyarlanmış duyuşsal etkileşim testi, $^{**}p<.01$

Tek taraflı duruş testinin sol ayak üzerinde göz açık ve göz kapalı değerlendirmeleri için ikili karşılaştırma istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaret Testi* ile yapılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırma analizlerinde sol ayak üzerinde hem ses işlemcisi kapalı hem de beyaz gürültü varlığında değerlendirmenin göz açık ve göz kapalı karşılaştırmasında anlamlı farklılık elde edilmiştir ($p=.000$).

Tek taraflı duruş testinin sağ ayak üzerinde göz açık ve göz kapalı değerlendirmeleri için ikili karşılaştırma istatistiksel analizi *Wilcoxon İşaret Testi* ile yapılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırma analizlerinde sağ ayak üzerinde hem ses işlemcisi kapalı hem de beyaz gürültü varlığında değerlendirmenin göz açık ve göz kapalı karşılaştırmasında anlamlı farklılık elde edilmiştir ($p=.000$). Tek taraflı duruş testinin beyaz gürültü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda, göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.16. TTD testi göz açık ve göz kapalı karşılaştırma bulguları

TTD Testi Bulguları		Göz Açık $\bar{x} \pm SS$ (°/s)	Göz Kapalı $\bar{x} \pm SS$ (°/s)	GA vs. GK p değeri
Sol Ayak	Kİ Kapalı	0.933±0.063	3.989±0.231	p=.000**
	Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.840±0.046	3.441±0.218	p=.000**
Sağ Ayak	Kİ Kapalı	0.885±0.053	3.955±0.243	p=.000**
	Kİ Açık-Beyaz Gürültü	0.906±0.055	3.532±0.200	p=.000**

X: ortalama, SS: standart sapma, °/s: derece/saniye, Kİ: koklear implant, GA: gözler açık, GK: gözler kapalı, TTD: tek taraflı duruş testi, ** $p<.01$

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, koklear implant kullanıcısı yetişkinlerde işitsel girdilerin postüral stabilite üzerine etkisini araştırmak amacıyla planlanmıştır.

Vestibüler Sistem ile Yaş İlişkisi

Engstrom ve ark. duyuşal hücreler ve nöronlar üzerine yapılan bir çalışmaya göre 40 yaşın üzerinde hem duyuşal hücre hem de sinir liflerinin sayısında yaşa bağılı ilerleyici bir azalma olduğunu ve bu azalmanın en belirgin olarak SKK'ların krista epitelinde yaklaşık %40 oranında olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca duyuşal hücrelerin sayısı nispeten genç yaşlarda azalmaya başladığını, 40 yaş öncesi belirgin bir duyuşal hücre kaybı gözlenmezken 40 yaş üzerinde belirgin bir azalma eğilimi gözlendiğini bildirmiştir (110). Baloh ve ark. ise VN'lerde 40 yaşından itibaren başlayarak 90 yaşına dek her 10 yılda %3 oranında artan nöron kaybı bildirmiştir (111). Bergstrom ve ark. ise vestibüler sinir lifi sayısında belirgin azalmanın 35 yaşından itibaren görülebildiğini bildirmiştir (112). Tüm bu çalışmalar yetişkin bireylerin vestibüler sistem etkileniminin başlangıç dönemi olarak 35-40 yaş işaret etmektedir. Çalışmamız akustik uyarın varlığının Kİ kullanıcılarının postüral kontrolü üzerindeki etkilerini gösteren öncü çalışmalardan olması nedeniyle katılımcılarımızı vestibüler yakınma ve rahatsızlığı olmayan genç erişkin bireyler arasından seçilmesine dikkat edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak çalışmaya dahil edilme yaş kriteri 18 ila 35 yaş aralığında sınırlandırılmıştır.

Koklear İmplantasyonun Vestibüler Sistem Üzerine Etkisi

Periferik vestibüler sistemin uç organlarının kokleaya yakın konumda bulunmasına bağılı olarak Kİ cerrahisi vestibüler hasara yol açabilmektedir. Bu hasara bağılı olarak Kİ kullanıcılarının postüral kontrolü olumsuz olarak etkilenmektedir ve yaşam kalitelerinde düşüş gözlenmektedir (113). Todtetal'e göre vestibüler fonksiyon kaybı riski Kİ cerrahi tekniğine bağılıdır (114). Klunter ve ark. standart kokleostomi yaklaşımı ve yuvarlak pencere yaklaşımı ile ameliyat edilen bireyleri Kİ öncesi ve Kİ sonrası statik postürografi ile değerlendirmiştir. Standart kokleostomi yaklaşımında katılımcıların Kİ sonrası mCTSIB sonuçlarının Kİ öncesi

sonuçlarına göre kötüleştiğini buna karşılık yuvarlak pencere yaklaşımında Kİ sonrası sonuçların anlamlı olarak daha iyi elde edildiğini bildirmişlerdir (41).

Literatürdeki Kİ cerrahisinin vestibüler fonksiyona etkisi konusunda yapılan çalışmalar çelişkili bulgular bildirmiştir. 1995 yılında yapılan retrospektif bir çalışmada 3.064 yetişkin hastanın 10'unda ve 1.905 çocuk hastanın 3'ünde geçici *dizziness* olduğu bildirilmiştir. Cihaz kullanımı ile birlikte sadece 11 yetişkinde *dizziness* şikayeti bildirilirken, hiç bir çocukta *dizziness* gözlenmediği belirtilmiştir (115). Steenerson ve ark., Kİ sonrası 47 hastanın 35'inde baş dönmesi şikayetinin başladığını, bunların %34'ünün hastalar için yeni semptomlar olduğunu ve vestibüler rehabilitasyonun, ameliyat sonrası semptomların hafifletilmesinde faydalı olduğunu bildirmişlerdir (9). Literatürdeki diğer bir çalışmada ise Ito, 45 Kİ hastasının 26'sında (% 47) postoperatif baş dönmesi bildirmiştir ve bu hastaların baş dönmelerini cerrahi sonrası erken (*early*, % 58), uzun süre devam eden (*prolonged*, % 34) veya gecikmiş (*delayed*, % 8) baş dönmesi olarak gruplara ayırmıştır. Uzun süreli veya gecikmiş baş dönmesi olan 11 hastanın ikisinde cihaz aktivasyonu ile ilişkili semptomlar bildirmiştir (116).

Kubo, 94 hastanın 46'sında postoperatif *dizziness* (% 49) bildirmiştir. Ameliyattan hemen sonra *dizziness* başlayan 29 hastanın semptomlarının bir ay içinde düzeldiğini, 2 hastanın devam eden *dizziness* şikayetinin olduğunu ve 15 hastanın postoperatif 1 aydan başlayarak baş dönmesi atakları yaşadığını bildirmiştir (117).

Enticott ve ark. 2006 yılında 146 katılımcı ile gerçekleştirdiği bir çalışmada ise implant cerrahisi sonrası belirgin bir vestibüler rahatsızlık bildiren hastaların toplam yüzdesinin % 32 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere koklear implantasyon cerrahisi sonra çok çeşitli vestibüler semptomların ortaya çıkabileceği görülmektedir (8). Ayrıca bu semptomların altında yatan mekanizmalar çok faktörlü olarak görülebilmektedir (36).

Buchman ve ark. (36), 2004 yılındaki çalışmalarında hatalı kokleostomi, baziler membran rüptürü, skala media işlemi ve doğrudan sakküler hasar nedeniyle gerçekleşen çeşitli patolojik değişikliklerin; akut olarak baş dönmesi ve *dizziness* semptomlarına neden olabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca iç kulak sıvısı homeostazındaki değişiklikler de perilenf ve endolenfin azalması, sızıntı kaçığının

olması veya yeniden salgılanması ile ilgili sekonder etkiler olarak ortaya çıkabileceğini ve literatürde elektrot yerleşiminin baziler membranda, spiral laminada, skala mediada ve modiolusta hasara yol açabildiğini gösteren çalışmaların olduğunu bildirmişlerdir (118-120).

Bozkurt ve ark. (121) yaptıkları çalışmada, en az bir yıldır koklear implant kullanan 18 yaş üzerindeki yetişkin koklear implant kullanıcılarının denge skorlarının normal işiten bireylere göre daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Koklear implant kullanıcılarında vestibüler sistem etkilerini yansıtan duyu, istemli motor ve fonksiyonel limitasyonların kompanse edilmiş yetersizlikleri olduğu gösterilmiştir.

Batuk ve ark. (122) yaptıkları çalışmada, iç kulak anomalisi olan ve olmayan pediatrik koklear implant kullanıcılarında Bilgisayarlı Dinamik Postürografi kullanarak postüral stabilite değerlendirmesi yapmışlardır. İç kulak anomalisi olan pediatrik koklear implant kullanıcılarında birleşik denge skoru ve vestibüler oranın anlamlı derecede düşük olduğunu vurgulamışlardır.

Ayrıntılı literatür taramasında Kİ cerrahisine bağlı vestibüler semptomlar çeşitlilik gösterse de güncel Kİ sistemlerinde atravmatik elektrot ve cerrahiye bağlı olarak vestibüler semptomların daha az görüldüğü söylenebilir. Koklear implant cerrahisine bağlı oluşabilecek olan semptomlar genellikle geçicidir ve kompanzasyon mekanizmasının devreye girmesiyle zamanla tamamen düzelmektedir. Çalışmamızda Keskinleştirilmiş Romberg Testine ve BEE'ye göre vestibüler bozukluğu olmayan yetişkin Kİ kullanıcılarında işitsel girdi varlığının postüral stabilite üzerine etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Bu nedenle cerrahiye bağlı olarak meydana gelebilecek geçici vestibüler semptomların kompanzasyonunun tamamlanması ve koklear implantın erken dönem etkisini ortadan kaldırmak amacıyla çalışmaya alınan bireylerin Kİ kullanım süreleri en az 6 ay olarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin Kİ kullanım sürelerinin ortalama 7 yıl olması çalışmanın güçlü yönlerinden biri olarak kabul edilebileceği düşünülmüştür.

Koklear İmplantasyon Sonrasında Dengenin Değerlendirilmesi

Buchman ve ark. unilateral Kİ uygulanan hastaların, Kİ cerrahisi ve cihaz aktivasyonu sonrası vestibüler ve denge fonksiyonunun hem subjektif hem de

objektif ölçümlerinde bazı önemli iyileşmeler yaşadıklarını bildirmiştir. Bu çalışmada Kİ'nin vestibüler ve denge fonksiyonu üzerindeki hasta tarafından algılanan etkisini değerlendirmek için BEE kullanmışlardır ve hastaların ameliyattan 4 ay ve 1 yıl sonra duygusal alt kategori puanlarında önemli iyileşmeler bildirmişlerdir. Aynı çalışmanın bilgisayarlı dinamik postürografi test bulguları, unilateral Kİ sonrası postüral stabilitenin önemli ölçüde iyileştiğini ve müzik varlığında (70 dB SPL) cihaz aktivasyonunun, cihaz kapalı duruma göre tüm test koşullarında test sonuçlarını daha da iyileştirebildiğini göstermektedir (36).

Kluenter ve ark. Kİ cerrahisi öncesi ve Kİ sonrası (ilk değerlendirme 2 gün sonra, ikinci değerlendirme yaklaşık 42 gün sonra) yetişkin Kİ kullanıcılarının statik denge performanslarını karşılaştırmış ve Kİ sonrası yapılan ikinci değerlendirmede belirgin iyileşme bildirmişlerdir. Yaptıkları mCTSIB testinin, postüral stabilite için vestibüler sistemin rolünü doğrudan ele aldığı ve literatürde Kİ kullanıcılarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanıldığını vurgulamışlardır (41).

Deviterne ve ark. postürografi değerlendirmesi sırasında klinisyenin yönergelerinin postüral kontrolü değiştirebileceğini hatta bu değişikliklerin söylenene bağlı olarak da değişkenlik gösterebileceğini bildirmiştir. Anlamli olmayan bir işitsel uyaran postüral kontrolde bir değişikliğe yol açmazken, anlamli bir işitsel görev daha iyi postüral kontrolle sonuçlanabilir (123).

Çalışmamızda koklear implant aktivasyonunun postüral stabilite üzerine etkisini objektif olarak değerlendirmek amacıyla statik postürografi değerlendirmesini tercih edilmiştir. Klinisyen yönergelerinin test sonuçlarına etki edebileceği dikkate alınarak çalışmamızda statik postürografi değerlendirmesinde uyguladığımız hiçbir değerlendirme protokolünde katılımcılara işitsel bir geri bildirim veya işitsel bir görev verilmemiştir. Bununla birlikte çalışmamızda test sırasında katılımcılara verilen işitsel geri bildirimlerin dengeye olası etkisini ekarte ederek katılımcıların var olan postür kontrollerini ölçebilmesi ve işitsel uyaran varlığında postüral kontrollerindeki değişiklikleri tespit edebilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya katılan bireylerin yalnızca cerrahi sonrasındaki güncel test sonuçları çalışmamıza dahil edilmiştir. Unilateral Kİ kullanımının, vestibüler fonksiyonları ne derece etkilediğini anlama, ameliyat öncesi danışmanlık ve bilateral koklear

implantasyon kararı gibi konular için preoperatif vestibüler değerlendirmelerin koklear implantasyon öncesinde önemli olduğu düşünülmüştür.

Akustik İpuçlarının Denge Performansı Üzerine Etkisi

Denge, duyuşal ve motor bütünleşmesini içeren karmaşık bir süreçtir. Vestibüler sistemin yanı sıra görsel ve somatosensöriyel sistemin denge kontrolüne katkıda bulunduğu bilinmektedir (4). Mergner ve ark. (2002), dengenin sağlanmasında her sistemin girdisel olarak katkısının, çevre koşullarına ve bu sistemlerde olabilecek bir zayıflığa bağlı olarak değişebileceğini ifade etmişlerdir. Ancak literatürdeki son bulguların somatosensöriyel sistem girdisinin vestibüler ve görsel girdilerinden daha fazla katkı sağladığı yönünde olduğunu belirtmişlerdir (124).

Postüral kontrol; görsel, somatosensöriyel ve vestibüler girdilerin entegrasyonunu gerektirir (125). Denge bu üç duyuşal girdinin, yeni girdiler ve önceden oluşturulmuş şablonlar arasında bir karşılaştırma yapılmasını gerektirir. İki şablon arasındaki bir uyumsuzluk, baş dönmesi, kararsızlık veya vertigo semptomları ile sonuçlanır (1).

Son zamanlarda çalışmalar işitmenin postüral kontrol üzerine etkisine dikkat çekmektedir. Literatürde işitsel ortamın postüral kontrolü hem iyileştirebileceği (126, 127) hem de kötüleştirebileceği (2, 3) yönünde bulgular veren çalışmalar bulunmaktadır. Maheu ve ark. (2019), işitsel girdinin postüral kontrol üzerindeki rolünü anlama işitsel ipuçlarını ortadan kaldırılmasıyla mümkün olacağını belirtmişlerdir. Bugüne kadar bu konu üzerine yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup, işitsel bilgi ve statik postüral kontrol arasında açık bir ilişki gösterilmemiştir (128).

Kanegaokar ve ark. (2012), çalışmalarında işitsel girdiyi azaltmak için kulak koruyucu kullanmış ve çevresel sesleri azaltmak için odyolojik olarak uygun ses yalıtımlı odada değerlendirme yapmışlardır. İşitsel girdinin veya ortamdaki çevresel sesin azalmasıyla postüral salınımda artış olduğunu bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak işitsel girdilerin postüral kontrolün korunmasında önemli olduğunu savunmuşlardır. Bu durumu, postüral kontrolün sağlanmasının önceden oluşturulmuş duyuşal şablonların yeni duyuşal girdilerle karşılaştırılmasını temel

olarak açıklamışlardır. Katılımcıların önceden oluşturdukları duyuşal şablonlarda azaltılmış işitsel girdiyi tecrübe etmemelerine bağlı olarak test ortamının önceden oluşturulan şablona uymadığını ve bu nedenle postüral salınımda artış olduğunu bildirmişlerdir (1).

Palm ve ark. (2009), normal işiten ve denge bozukluğu olmayan bireylere söz içermeyen tek enstrümanlı bir müziğin binaural olarak 75-80 dB SPL de bir kulaklık aracılığıyla sunulması sırasında bilgisayarlı dinamik postürografi değerlendirmesinde postüral stabilitenin önemli ölçüde etkilenmediğini bildirmişlerdir (129).

Vitkovic ve ark. (2016), yaptığı çalışmada normal bireyler, sadece denge bozukluğu olan bireyler, işitme cihazı kullanıp denge bozukluğu olmayan bireyler ve sadece işitme kayıplı (cihaz kullanmayan) bireyleri; odyolojik olarak uygun bir odada katılımcıların önünde 1 metre mesafede yerleşimli hoparlörden (60-70 dB) beyaz gürültü uyarını varlığında ve işitsel uyarın yokluğunda (kulak tıkacı ile) *Nintendo Wii Balance Board* (WBB) ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarında normal işiten bireylerin akustik ipuçlarına daha az erişmeleri durumunda salınımlarının arttığını bildirmişlerdir. Bu bulgularını somatosensöriyel ve görsel sistemlere kıyasla oldukça az olsa da akustik ipuçlarının uzaysal akustik haritalama ile denge kontrolüne katkıda bulunabileceği yönünde yorumlamışlardır (4).

Vitkovic ve ark. yaptıkları bu çalışmanın sonuçlarına göre; akustik ipuçlarının varlığı, işitme kayıplı bireylerin işitme cihazsız değerlendirmelerinde postüral salınımı etkilemezken, katılımcıların işitme cihazlarını takarak akustik ipuçlarına erişebilir olmaları durumunda postüral salınımlarının azaldığı görülmüştür. Buna göre akustik ipuçları yalnızca işitilebilir olmaları durumunda denge kontrolüne katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır. İşitme cihazları tarafından sağlanan amplifikasyon ile uzaysal ipuçlarına erişimin artmasının denge kontrolüne faydalı olabileceği belirtilmiştir. İşitme cihazlarının, konuşma algısını geliştirmeye ve arka plan gürültüsünü azaltmaya odaklanan çeşitli ses işleme algoritmaları kullandıklarını açıklamışlardır. Sessiz ortamda işitme cihazlı değerlendirme sonuçlarının, cihazsız değerlendirmeye göre bir miktar daha fazla postüral salınımla sonuçlanmasını işitme cihazı işlemlerinin denge için çok hafif şiddetteki ortam seslerinin kullanılma yeteneğine müdahaleden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Mekansal akustik

ipuçlarına erişebilme yeteneği; işitme kaybının derecesine, konfigürasyonuna, simetrisine ve işitme kaybının süresine bağlı olduğu düşünülmüştür (4).

Vitkovic ve ark. çalışmalarının son bölümünde, işitme kaybına ek olarak vestibüler kaybı olan olguların akustik ipuçlara daha fazla güvenip güvenmediklerini araştırarak ve bu grubun akustik ipuçlara daha fazla güvendiği bildirilmiştir. Vestibüler kaybı olan grubun işitsel uyaran varlığında postüral salınımı azalırken, vestibüler bozukluğu olmayanların işitsel uyaran varlığında postüral salınımlarının azalmadığı belirtilmiştir. Buna ek olarak sabit bir sese maruz kalmanın postüral stabiliteye etkisinden çok çevresel seslerin azaltılmasının (kulak tıkacı) postüral salınımı artırıcı bir etkiyle sonuçlandığını gözlemlemişlerdir (4).

Maheu ve ark. 2017 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, normal işiten ve denge bozukluğu olmayan bireyleri bilişsel bir görevi gerçekleştirirken, pembe gürültü uyarını varlığında ve kulak koruyucu kullanıma bağlı işitsel yoksunluk koşulunda statik postürografi (mCTSIB) ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada pembe gürültü (100Hz-4kHz) uyarını katılımcıların 1 metre arkasında bulunan hoparlörden sunulmuştur. Bilişsel görevin postürün korunmasını olumlu etkisi olabileceğine dayanarak katılımcılardan 1000'den geriye doğru saymaları istenmiştir. Çalışmanın sonucunda işitsel koşulların, salınım alanı, salınım hızı ve buna bağlı olarak postüral kontrol üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir (130). Buna karşılık Ross ve ark. (2016) ise, yaşa bağlı olarak artan postüral salınımların beyaz gürültü varlığında azalmayla sonuçlandığını bildirmişlerdir (131).

Tüm bu çalışmaları göz önüne bulduğumuzda, normal işitmeye ve dengeye sahip bireylerde işitsel girdi türünün postüral salınım üzerinde farklı etkiler yaratabileceğini düşünülebilir. Bu çalışmalardaki bulguların kullanılan işitsel uyaran özelliği, şiddeti, katılımcıların bireysel özellikleri gibi bir çok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterdiği düşünülmüştür. Çalışmamızın bulguları ışığında koklear implant aktivasyonunun postüral kontrol üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ses işlemcisi açık olduğu koşullarda kapalı olduğu koşullarla kıyaslandığında denge performansının daha iyi olduğu dikkati çekmektedir. Herhangi bir vestibüler yakınması olmayan katılımcıların ses işlemcisinin aktivasyonu ile postüral dengeyi daha iyi korudukları görülmüştür.

Literatürde işitme kaybının, postüral kontrolde azalmadan sorumlu olabileceğini bildiren çalışmalar da yer almaktadır (132, 133). Maheu ve ark. 2017 yılında yaptığı bir diğer çalışmada ise, konjenital işitme kaybında postüral kontrolün sağlanmasında en önemli etkenin somatosensör bağımlılık olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre işitme kayıplı bireylerin, somatosensöryel girdilere artan bir güven ile postüral stabiliteyi koruduklarını göz önünde bulundurarak, işitme cihazlarının kullanımı ile somatosensöryel bilgilere olan bu bağımlılığın azaltılabileceğini bildirmişlerdir (134).

Somatosensöryel veya görsel ipuçlarının azaltıldığı veya mevcut olmadığı durumlar için işitme kaybı olan bireylerde azalmış postüral kontrol bildirilmiştir (135, 136). Ayrıca postüral kontrol üzerindeki bu etkiler, işitme kaybı olan bireylerde düşme riskinin artmasıyla kendini gösterebilmektedir. Lin ve Ferrucci (2012), yaptıkları çalışmada hafif işitme kaybı olan bireylerin bile normal işiten bireylerden üç kat daha fazla düşme olasılığı olduğunu gözlemlemişlerdir ve düşme riskinin her 10 dB işitme kaybıyla 1,4 kat arttığını bildirmişlerdir. İşitme kaybı olan bireylerde bu düşme riskinin; eşlik eden vestibüler kaybın varlığı ve işitsel ipuçlarının azalması ile ilişkili olduğu ileri sürmüştür (6). Maheu ve ark. (2019) ise artan düşme riski ve azalan işitme becerisi arasında bir ilişki bulunması durumunda işitme cihazları yoluyla işitsel amplifikasyon düşme riski için etkili bir önleyici araç olabileceğini vurgulamışlardır (128).

Literatürdeki bazı çalışmalarda işitme cihazları ile postüral kontrol arasındaki ilişki araştırılmıştır. Rumalla ve ark. (2014), işitme kaybı olan 14 katılımcıyı işitme cihazı kullanımı durumunda ve işitme cihazsız durumda değerlendirmiştir. İşitme cihazı kullanıcılarının, işitme cihazlarını çıkartarak yapılan değerlendirmelerinde çevresel seslere olan erişimlerinin azalmasına bağlı olarak postüral kontrollerinde azalma olduğunu ve işitme cihazlarının postüral kontrolü iyileştirmek için yararlı bildirmişlerdir (137). Rumalla ve ark., bulgularının, Vitkovic ve ark.'nın 2016 yılındaki (4) ve Negahban ve ark.'nın 2017 yılındaki (138) çalışma sonuçları ile benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Bunlara ek olarak, Vitkovic ve ark. (2016), vestibüler kaybı daha fazla olan katılımcıların işitme cihazlarından daha fazla postüral fayda sağladıklarını ileri sürmüştür (4).

Maheu ve ark. (2019), normal işiten bireyler ile bilateral çok ileri derecede SNİK olan bilateral işitme cihazı kullanan bireyleri, arkalarında 1 metre uzaklıkta yerleşimli hoparlörden verilen 56-65 dB SPL pembe gürültü uyarını (100Hz-4kHz) varlığında ve yokluğunda mCTSIB ile değerlendirmişlerdir. SNİK kaybı bulunan katılımcıları vestibüler bozukluğu olan ve vestibüler bozukluğu olmayan bireyler olarak iki ayrı grupta değerlendirmeye tabi tutmuşlardır (128). Maheu ve ark., Jehu (139) tarafından öne sürülen bilişsel görevin postürün korunmasında etkisi olabileceği fikrine dayanarak tüm değerlendirme protokollerinde katılımcılardan 1000'den geriye doğru saymalarını gerektiren bilişsel bir görev vermişlerdir. Maheu ve ark. göre işitme cihazları sadece işitme kaybına ek olarak vestibüler bozukluğu olan katılımcılarında postüral kontrole fayda sağlayabildikleri gösterilmiştir. Bu durum vestibüler kayıp varlığında postüral kontrolü sağlamak için işitsel girdilere ağırlık verildiğini düşündürmüştür (128). Ayrıca, vestibüler kayba ek olarak işitme kaybı olan bireyler için işitme cihazlarının düşme riskini azaltabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada vestibüler zayıflığı olmayan normal işitmeye sahip ve işitme kaybı olan gruplarda işitsel uyarının postüral stabilite üzerine anlamlı bir etkisinin bulunamamasını statik postüral kontrol görevinin vestibüler zayıflığı olmayan bu iki grup için basit kalmasından kaynaklanabileceğini ifade etmiştir (128). Buna bağlı olarak Bernand ve Demanze (2014) vestibüler kaybı olmayan bireylerde işitsel uyarının postüral stabiliteye etkisi araştırmak için dinamik postüral protokol gibi daha zorlayıcı bir görev kullanılmasını önermişlerdir (113).

Literatürdeki bu bilgiler ışığında işitme kayıplı vestibüler bozukluğa sahip bireylerin işitsel ipuçlarına daha iyi erişimi ile postüral kontrollerinde iyileşme sağlanabileceği düşünülmüştür. Çalışmamıza katılan genç erişkin Kİ kullanıcılarının hiçbirinin vestibüler yakınması bulunmamaktadır. Çalışmamıza Keskinleştirilmiş Romberg Testi negatif olan ve BEE skoru 16'dan düşük olan bireyler dahil edilmişlerdir. Bu seçim kriteri ile tüm katılımcılar için olası vestibüler yakınmaların ekarte edildiği düşünülmüştür. Çalışmamızda kullandığımız Fukuda Adımlama Testi sonuçlarına göre tüm katılımcılarda sapma açısının 30°'den düşük olması aktif vestibüler şikayetlerinin olmadığını desteklemektedir. Çalışmamızda ses işlemcisi aktivasyonu ile postüral stabilitenin iyileştiği bulgusu yumuşak zeminde yapılan değerlendirmelerde anlamlı olarak gösterilememiştir. Bu durumun çalışmada

kullanılan Statik Postürografi Sistemi ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Çalışmaya dahil edilen vestibüler yakınması olmayan örneklem grubumuzda statik denge değerlendirmesinin ses işlemcisinin aktivasyonunun postüral stabilite üzerine etkisini göstermekte sınırlı kaldığını düşündürmektedir. Dinamik denge değerlendirmeleri ile koklear implant aktivasyonunun postüral denge üzerine etkisinin daha iyi gösterilebileceği sonucuna varılmıştır.

Maheu (2019), işitsel gürültünün, azaltılmış somatosensöriyel girdinin (örneğin, dengenin yumuşak zemin üzerinde değerlendirilmesi) iyileştirilmiş bir şekilde algılanmasına yol açabileceğini ifade etmiştir. Literatürde bu durum Lugo (2008) tarafından *stokastik rezonans* etkisi olarak açıklanmıştır. Bu algısal prensip, gürültü uyarının varlığında, zayıf uyarıların tespitini iyileştirebileceğini savunmaktadır. Ancak optimum miktarda gürültü maksimum geliştirmeye sonuçlanırken, gürültü şiddetinde daha fazla artış olumsuz etki yaratabileceğini bildirmişlerdir (140).

Lugo ve ark. (2008) sağlıklı bireylerde bacak kaslarının farklı şiddetlerde (60–95 dB SPL) beyaz gürültü uyarını ile taktik olarak uyarılmasının postüral stabiliteye etkisini elektromiyografi (EMG) aracılığıyla değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında gürültü varlığının somatosensöriyel sisteme etki ederek postüral stabiliteyi artırabildiği bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada postüral stabilitede iyileşme sağlayabilen optimal beyaz gürültü şiddetini 70 dB SPL olarak raporlanmıştır (140). Bu çalışmaya benzer şekilde stokastik rezonans etkisi göz önüne alınarak, çalışma planımızda ses işlemcisi açık beyaz gürültü varlığında yapılan ölçümler 65 dB şiddet seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu şiddet seviyesinin postüral stabilite üzerine optimal etkisinin olduğu Lugo ve ark. tarafından gösterilmiştir (140).

Huang ve ark. (2011), vestibüler bozukluğu olmayan tek taraflı Kİ kullanan adölesanlar ve normal işitmeye sahip adölesanları stabilometri (*stabilometry*) ile statik denge fonksiyonunu değerlendirmişlerdir. Kİ kullanan bireyleri ilk olarak ses işlemcileri açık durumda, daha sonra cihazları kapalı durumda değerlendirmişlerdir. En az 5 yıl Kİ kullanıcısı olan bireylerin cerrahisi üzerinden uzun bir zaman geçmesine rağmen sert zemin göz açık değerlendirmede kontrol grubunun denge performansının Kİ kullanan gruba göre daha iyi elde edildiğine dikkat çekmişlerdir.

Yumuşak zemin göz açık pozisyonunda (somatosensoryel girdiler bozulduğunda) ise Kİ kullanıcılarının COG salınımının normal bireylere göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yumuşak zemin göz kapalı olduğunda (vestibüler sistem ön plandayken), Kİ kullanıcıların postüral salınımlarının normal bireylere oranla anlamlı derecede yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Kİ kullanıcılarının ses işlemcisinin açık ve kapalı değerlendirme durumlarında statik denge performansları arasında farklılık gözlenmemiştir (141).

Çalışmamızda beyaz gürültünün, ortam gürültüsünün ve ses işlemcisinin kapalı olduğu durumlarda denge performansları karşılaştırılmıştır. Yapılan bu üç farklı durumdaki ölçümlerin sıralaması öğrenme etkisini ekarte etmek amacıyla randomize olarak planlanmıştır. Huang ve ark. ise yaptıkları çalışmada değerlendirme sırasını ilk olarak ses işlemcisi açık olarak sonrasında ise ses işlemcisi kapalı olarak belirlemişlerdir. Bu protokolün olası öğrenme etkisine bağlı olarak ses işlemcisi kapalı durumdaki ölçümlerde performansın daha iyi olmasına ve her iki durum arasındaki denge performanslarında farklılık gözlenmemesine neden olduğunu düşündürmüştür.

Shayman ve ark. (2017), yetişkin bilateral Kİ kullanıcılar ve bimodal kullanıcılarla gerçekleştirdikleri çalışmada katılımcıların ses işlemcisinin açık ve kapalı olduğu durumlarda, sert zeminde ve yumuşak zeminde atelet sensör (*inertial sensors*) aracılığıyla Keskinleştirilmiş Romberg testi uygulamışlardır. Ses işlemcisi açık değerlendirme kulak hizasının 1 metre önünde 65 dB şiddetinde beyaz gürültü uyararı sunulmuştur. Çalışma sonuçları beyaz gürültü varlığında bimodal veya bilateral koklear implant kullanıcılarının, cihaz kapalı duruma göre ayakta duruş pozisyonunda başı önemli ölçüde stabilize ettiğini ve düşme riskini azaltabileceğini bildirmiştir. Buna ek olarak, koklear implant ile salınımın azalmasının öncelikle anterior-posterior (AP) yönünde meydana geldiğini bildirmiş ve implant ile ilgili işitsel denge katkılarının yöne bağlı bir etkisi olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca işitsel girdinin dördüncü bir denge girdisi olarak (vestibüler, görsel ve proprioseptif dahil) işlev görebileceğini vurgulamışlardır (142).

Ross ve ark. (2015), normal işitme popülasyonundaki çalışmaların kulaklıklar aracılığı ile verilen işitsel uyarının hem anterior-posterior (AP) hem de medial-lateral (ML) salınımını azaltabileceğini ifade etmiştir (143). Jacob ve Stelzig (2011),

unilateral koklear implant kullanan bireylerde ses işlemcisinin açık durumda kapalı duruma göre basınç merkezi salınımında % 10 ila % 30 iyileşme bildirmişlerdir (144).

Çalışmamızda statik postürografi ile değerlendirdiğimiz yetişkin koklear implant kullanıcılarının, mCTSIB alt testinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda değerlendirmeler arasında denge performansı farklılıkları gözlenmiştir. Ortam gürültüsü varlığında, ses işlemcisi kapalı duruma göre denge performansında önemli bir artış olduğu gözlenmiştir. Özellikle mCTSIB testinin alt parametresi olan yumuşak zemin göz kapalı durumunda (vestibüler sistem ön plandayken) en iyi denge performansını ortam gürültüsü varlığında elde edilmiştir. Bu bulgu literatürdeki diğer çalışma ile uyumludur (4).

Çalışmamızın bulguları değerlendirildiğinde, mCTSIB alt parametrelerinin birçoğunda en iyi denge performansının ortam gürültüsünde ya da beyaz gürültü varlığında olduğunu gösterilmiştir. Azalmış somatosensör girdi varlığında ve hem somatosensör hem de görsel girdinin azaltılmasında en iyi denge performansı ortam gürültüsünde elde edilmiştir. Bu sonuçlara bakarak denge performansına etki eden üç temel sistem girdilerinde azalma söz konusu olduğunda işitsel uyarının dengenin sağlanmasına katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Sadece görsel girdi eksikliği söz konusu olduğunda en iyi denge performansı istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmamasına rağmen ses işlemcisi kapalı durumda elde edilmiştir. Bu çalışmada katılımcılarımız sadece görsel girdi eksikliğinde dengenin korunmasında işitsel uyarın girdilerine güvendiklerine dair bir bulgu elde edemedik. Buna rağmen sadece somatosensör girdinin azaltılmasında ya da hem somatosensör girdi hem görsel girdinin azaltılmasında katılımcılar dengenin korunmasında işitsel uyarın varlığına güvenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda görsel girdinin eksikliğinde işitsel uyarınlara olan bağlılığın, somatosensör girdi eksikliğinde işitsel uyarınlara bağlılıktan daha az olduğu çıkarımının yapılabileceği düşünülmüştür.

Yapılan sert zemin gözler açık mCTSIB alt testinde ise en iyi denge performansının beyaz gürültü varlığında, daha sonra ortam gürültüsünde ve son olarak ses işlemcisi kapalı durumda elde edilmesinin katılımcıların günlük hayatta

edindikleri mekansal duyuşal řablonlara uygun bir deęerlendirmeden kaynaklanmış olabileceęini dūřündürmüřtür. Katılımcıların gūnlük yařamlarında oluřturdukları duyuşal řablona en uygun olan bu testte, beyaz gūrūltū varlıęında ortam gūrūltūsünden daha iyi bir denge performansı gōrūlmesi, optimal sesin dengeye olumlu etkisinin bir gōstergesi olduęunu ortaya koymaktadır.

Sert zeminde Kİ kapalı durumda gōrsel, proprioseptif ve vestibūler sistem postūral stabilitenin korunmasında rol oynarken; gōrsel sistemi ekarte ettięimizde (yani postūral stabilitenin korunmasında sadece vestibūler ve proprioseptif sistem rol oynadıęında) anlamlı bir fark elde edilmemiřtir. Buna karřılık Kİ aēık beyaz gūrūltū varlıęında (yani postūral stabilitenin korunmasında gōrsel, proprioseptif , vestibūler ve akustik ipuēları rol oynarken) gōrsel sistemi ekarte ettięimizde anlamlı bir farklılık elde edilmiřtir. Kİ aēık beyaz gūrūltū varlıęında yani gōrsel, proprioseptif, vestibūler ve akustik ipuēlar varlıęında Kİ kapalı duruma kıyasla daha az postūral salınım belirlenmiřtir. Bu durum bize beyaz gūrūltūnūn postūral stabilitenin korunmasına etkili olduęunu gōstermektedir.

Yumuřak zeminde Kİ kapalı durumda gōrsel sistem ekarte edildięinde postūral stabilitenin korunmasında vestibūler sistem, azalmıř proprioseptif sistem olduęu durum ile Kİ aēık beyaz gūrūltū varlıęında gōrsel sistem ekarte edildięinde ve akustik ipuēlarına eriřim saęlandıęında postūral salınım azalmıřtır. Buna baęlı olarak Kİ kullanıcılarının akustik ipuēlarına eriřmesi durumunda denge performansına olumlu etkisi olduęu gōsterilmiřtir. Yumuřak zeminde gōrsel bilginin ortadan kaldırılması ile postūral salınımların artması postūral stabilitenin korunmasında vestibūler sistemin etkili rol oynamadıęını gōstermektedir.

Yapılan mCTSIB değerlendirmelerinde elde edilen değişken sonuēların ēalıřma örnekleminin vestibūler yakınması olmayan genē erişkin Kİ kullanıcılarından oluşması nedeniyle statik denge değerlendirmesinde birbirine yakın sonuēlar elde ettikleri dūřünölmüřtür. Katılımcılar iēin statik postūrografı testinin zorlayıcı olmadığı ve alt test parametrelerinde anlık performansa dayalı sonuēlar gōrölmüř olabilir. İleriki ēalıřmalarda dinamik denge ölçümleri ile değerlendirme yapılmasının önemli olduğu dūřünölmüřtür.

Tek taraflı duruř testinde ise en iyi denge performansını beyaz gūrūltū uyararı varlıęında elde edilmiř olup, ortam gūrūltūsü ve ses iřlemcisi kapalı durum

değerlendirmesine oranla anlamlı yüksek skorlar elde edilmiştir. Katılımcılarımızın 27'si sağ koklear implant kullanıcısıdır ve sağ ayak tek taraflı duruş göz açık ve göz kapalı değerlendirmelerinde her üç değerlendirme koşulu arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Çoğunluğa göre koklear implant tarafının tersi yönde yapılan sol ayak değerlendirmelerinde ise hem göz açık hem göz kapalı değerlendirmelerde en iyi denge performansı anlamlı olarak beyaz gürültü varlığında elde edilmiştir. Bu durum destek yüzeyinin azalması durumunda katılımcıların dengenin sürdürülmesinde işitsel girdiye olan ihtiyaçlarının arttığını göstermektedir. Katılımcılarımızın günlük hayatta denge kontrolünde belirgin bir sorunla karşılaşmamalarına rağmen koklear implant tarafında yapılan tek taraflı duruş testlerinde cerrahi veya elektriksel uyarım etkisinin söz konusu olup olmadığı bilinmemektedir. Literatürde koklear implant kullanıcılarında ses işlemcisi aktivasyonu ile tek ayak üzerinde denge ölçümlerinin içeren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum çalışmamızın literatürde Kİ kullanıcılarında tek ayak üzerinde denge değerlendirmesini yapan ilk araştırma olması açısından güçlü bir yönü olduğunu ortaya koymaktadır.

Tek taraflı duruş testi sol ayak ve sağ ayak üzerinde Kİ kapalı göz açık durumda görsel, vestibüler, azaltılmış proprioseptif sistem postüral stabilite sağlarken, akustik ipuçları eklendiğinde daha az postüral salınım gözlenmiştir. Buna ek olarak görsel sistem ekarte edildiğinde postüral salınımların artması akustik ipuçları varlığında daha az olarak gözlenmiştir. Sert zeminde her iki ayak üzerinde gözler açık ve kapalı durum arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen, tek ayak üzerinde duruşta anlamlı bir farklılık elde edilmiştir. Tek ayak üzerinde duruşta gözler kapalı durumda postüral salınımların artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum akustik uyarandan bağımsız olarak propriyoseptif sistemin ortadan kaldırılması ile postüral stabilitenin sağlanmasında görsel sisteme olan ihtiyacın arttığını ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda Fukuda Adımlama testinde beyaz gürültü ve ses işlemcisi kapalı değerlendirmeler arasında yapılan karşılaştırmada yer değiştirme bakımından beyaz gürültü uyarımı varlığında bireylerin anlamlı olarak daha az yer değiştirdikleri belirlenmiştir. Bu bulgu tek taraflı koklear implant kullanıcılarının beyaz gürültü uyarımı varlığında var olan duruş ve denge pozisyonunu daha başarılı olarak

koruduklarını ortaya koymaktadır. Fukuda Adımlama testinde katılımcıların beyaz gürültü varlığında ya da ses işlemcisi kapalı durumda açısız dönüş yönleri ile koklear implant tarafları arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Çalışmanın iki temel limitasyonu olduğu düşünülmüştür. Bunlardan ilki, çalışmada kullanılan Statik Postürografi Değerlendirmesi ile yalnızca statik postüral stabilitenin değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda işitsel uyaran varlığında dinamik postüral becerilerin değerlendirilmesi önerilmiştir. Bir diğer limitasyon ise çalışmaya dahil edilen bireylerin preoperatif denge değerlendirmelerinin eksik olmasıdır. İleriki çalışmalarda koklear implantasyon öncesi ve sonrasında postüral stabilite değerlendirmelerinin dahil edildiği prospektif araştırmaların planlanması yön gösterici olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı yetişkin koklear implant kullanıcılarında ses işlemcisi açık beyaz gürültü uyararı varlığında, ses işlemcisi açık ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemci kapalı durumda katılımcıların denge performanslarını incelemek, ses işlemcisi açık beyaz gürültü uyararı varlığında denge değerlendirmesinde anlamlı performans artışı olup olmadığını araştırmaktır. Bu amaçla Statik Postürografi testi ile ses işlemcisi açık beyaz gürültü varlığında, ses işlemcisi açık ortam gürültüsü varlığında ve ses işlemcisi kapalı durumda denge performansları karşılaştırılmıştır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur:

- 1) Çalışma sonuçlarımıza göre unilateral koklear implant kullanıcıları postüral stabiliteilerini akustik ortam varlığında daha iyi korudukları ve daha az postüral salınım gösterdikleri belirlenmiştir.
- 2) Koklear implant tarafının tersi yönde yapılan tek ayak üzerinde duruş değerlendirmelerinde hem göz açık hem göz kapalı durumlarda en iyi denge performansı anlamlı olarak beyaz gürültü varlığında elde edilmiştir.
- 3) Koklear implantların işitsel ipuçlarına erişimi artması statik postüral kontrolün korunmasına anlamlı bir katkı sağlayabileceği düşünülmüştür. İşitme kaybı daha fazla olan bireylerin düşme riski ile karşı karşıya kalabileceğini gösterebilir. İmplantasyondan sıklıkla yararlanan yaşlı bireylerin veya işitme kaybına ek olarak vestibüler bozukluğu olan bireylerin düşme riski söz konusu olduğunda işitsel uyarının denge üzerindeki olumlu etkisinin önem arz edebileceği düşünülmüştür.
- 4) Beyaz gürültü ve ortam gürültüsü varlığında gelişmiş denge performansı elde edilmesi işitsel uyarın varlığının dengenin sağlanmasına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.
- 5) Gelecek çalışmalarda koklear implant kullanıcılarının denge performansının işitsel ipuçlarının artırımında ve azaltımında dinamik denge performansları ile ilişkisinin araştırılması, koklear implant kullanıcılarının postüral kontrollerini sağlaması sırasında akustik ipuçlarını kullandığını destekleyen tamamlayıcı bir çalışma yapılması önerilmiştir.
- 6) Gelecek çalışmalarda bilateral koklear implant kullanıcıları ve tek taraflı koklear implant kullanıcılarının karşılaştırılması, binaural ipuçlarının

kullanılmasının denge performansına ne derece etkileyebildiğini araştırılması literatüre anlamlı bir katkı olacaktır.

- 7) Gelecek çalışmalarda normal işitme ve dengeye sahip bireylerden oluşan bir kontrol grubu ile koklear implant kullanıcısı olan bireylerden oluşan bir çalışma grubunun karşılaştırılması yapılarak dengenin sağlanmasında hangi grubun işitsel ipuçlarından daha fazla yararlandığını araştıran bir çalışma yapılması önerilmiştir.

7. KAYNAKLAR

1. Kanegaonkar R, Amin K, Clarke M, Otolology. The contribution of hearing to normal balance. *J The Journal of Laryngology*. 2012;126(10):984-8.
2. Raper S, Soames R. The influence of stationary auditory fields on postural sway behaviour in man. *J European journal of applied physiology occupational physiology* 1991;63(5):363-7.
3. Park SH, Lee K, Lockhart T, Kim S. Effects of sound on postural stability during quiet standing. *J Journal of neuroengineering rehabilitation* 2011;8(1):67.
4. Vitkovic J, Le C, Lee S-L, Clark RA. The contribution of hearing and hearing loss to balance control. *J Audiology neurotology* 2016;21(4):195-202.
5. Lopez D, McCaul KA, Hankey GJ, Norman PE, Almeida OP, Dobson AJ, et al. Falls, injuries from falls, health related quality of life and mortality in older adults with vision and hearing impairment—is there a gender difference? *J Maturitas*. 2011;69(4):359-64.
6. Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in the United States. *J Archives of internal medicine*. 2012;172(4):369-71.
7. Da HK, Lee JD, Lee HJ. Relationships among hearing loss, cognition and balance ability in community-dwelling older adults. *J Journal of physical therapy science*. 2015;27(5):1539-42.
8. Enticott JC, Tari S, Koh SM, Dowell RC, O'Leary SJ. Cochlear implant and vestibular function. *J Otolology Neurotology* 2006;27(6):824-30.
9. Steenerson RL, Cronin GW, Gary LB. Vertigo after cochlear implantation. *J Otolology Neurotology* 2001;22(6):842-3.
10. Hain TC, Helminski JO. Anatomy and physiology of the normal vestibular system. In: Herdmann S, editor. *Vestibular rehabilitation*. USA2007. p. 2.
11. Hain TC. *Hearing loss*. 2006;11.
12. Pender DJ. *Practical otology*: JB Lippincott; 1992.
13. Herdman SJ, Clendaniel R. *Vestibular rehabilitation*: FA Davis; 2014.
14. BACH-Y-RITA P. *Neurophysiology of eye movements. The control of eye movements*: Elsevier; 1971. p. 7-45.
15. Wilson VJ. *Mammalian vestibular physiology*: Springer Science & Business Media; 2013.
16. Barber HO, Stockwell CW. *Manual of electronystagmography*: CV Mosby Company; 1976.
17. Goldberg JM, Fernandez C. Physiology of peripheral neurons innervating semicircular canals of the squirrel monkey. I. Resting discharge and response to constant angular accelerations. *J Journal of neurophysiology*. 1971;34(4):635-60.
18. Brodal A, Pompeiano O. The vestibular nuclei in the cat. *Journal of anatomy*. 1957;91(Pt 4):438.
19. Walberg F, Brodal A. *The Vestibular Nuclei and Their Connections: Anatomy and Functional Correlations*1962.
20. Straka H, Vibert N, Vidal P, Moore L, Dutia M. Intrinsic membrane properties of vertebrate vestibular neurons: function, development and plasticity. *J Progress in neurobiology*. 2005;76(6):349-92.
21. Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annu Rev Neurosci*. 2008;31:125-50.
22. Katz J, Chasin M, English KM, Hood LJ, Tillery KL. *Handbook of clinical audiology*. 1978.
23. Baloh RW, Kerber K. *Baloh and Honrubia's clinical neurophysiology of the vestibular system*: Oxford university press; 2011.

24. Ito M. Neurophysiology of the nodulofloccular system. *J Revue neurologique*. 1993;149(11):692-7.
25. Leigh R, Zee D. Contemporary neurology series: the neurology of eye movements. J Philadelphia : FA Davis Company. 1983.
26. Nedzelski JM. Cerebellopontine angle tumors: bilateral flocculus compression as cause of associated oculomotor abnormalities. *J The Laryngoscope*. 1983;93(10):1251-60.
27. Zee DS, Yamazaki A, Butler PH, Gucer G. Effects of ablation of flocculus and paraflocculus of eye movements in primate. *J Journal of neurophysiology*. 1981;46(4):878-99.
28. Zee D, Leigh R. The neurology of eye movements. J Philadelphia: FA Davis. 2006.
29. Wong A. Eye movement disorders: Oxford University Press; 2008.
30. Jacobson GP, McCaslin DL, Kaylie. Alexander's Law Revisited. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2008;19(8):630-8.
31. Norré M. The unilateral vestibular hypofunction. Evaluation by electronystagmography in the rotatory and caloric tests. *J Acta oto-rhino-laryngologica Belgica*. 1978;32(5):421-668.
32. McCabe B, Ryu J, Sekitani T. Further experiments on vestibular compensation. *J Advances in oto-rhino-laryngology*. 1973;19:195-205.
33. Pfaltz C, Allum J. Vestibular compensation after acoustic neuroma surgery. *Neuro-Otology and Skull Base Surgery*. 34: Karger Publishers; 1984. p. 164-75.
34. Kramer P, Shelhamer M, Zee DS. Short-term vestibulo-ocular adaptation: influence of context. *J Otolaryngology-Head Neck Surgery* 1998;119(1):60-4.
35. Lisberger SG. Physiologic basis for motor learning in the vestibulo-ocular reflex. *J Otolaryngology-Head Neck Surgery* 1998;119(1):43-8.
36. Buchman CA, Joy J, Hodges A, Telischi FF, Balkany TJ. Vestibular effects of cochlear implantation. *J The Laryngoscope*. 2004;114(S103):1-22.
37. Jacot E, Van Den Abbeele T, Debre HR, Wiener-Vacher SR. Vestibular impairments pre-and post-cochlear implant in children. *J International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2009;73(2):209-17.
38. Enticott JC, O'leary SJ, Briggs RJ. Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. *J Otology Neurotology* 2005;26(2):265-9.
39. Kluentner H-D, Lang-Roth R, Guntinas-Lichius O. Static and dynamic postural control before and after cochlear implantation in adult patients. *J European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2009;266(10):1521-5.
40. Suarez H, Angeli S, Suarez A, Rosales B, Carrera X, Alonso R. Balance sensory organization in children with profound hearing loss and cochlear implants. *J International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2007;71(4):629-37.
41. Kluentner H-D, Lang-Roth R, Beutner D, Hüttenbrink K-B, Guntinas-Lichius O. Postural control before and after cochlear implantation: standard cochleostomy versus round window approach. *J Acta oto-laryngologica*. 2010;130(6):696-701.
42. Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *J Physical Therapy*. 1995;75(8):699-706.
43. Jones L. Proprioception. *J Neuroscience for rehabilitation*. 1999.
44. Allison L, Fuller K. Balance and vestibular disorders. *J Neurological rehabilitation*. 2001;4:616-60.
45. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *J Med prog technol*. 1990;16(1-2):31-51.

46. Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *J Scandinavian journal of medicine science in sports* 2006;16(5):345-8.
47. Shimba T. An estimation of center of gravity from force platform data. *J Journal of biomechanics*. 1984;17(1):53-60.
48. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological* 1991.
49. Massion J. Postural changes accompanying voluntary movements. Normal and pathological aspects. *J Hum Neurobiol*. 1984;2(4):261-7.
50. Guskiewicz KM. *Regaining postural stability and balance*: McGraw Hill NY; 2011.
51. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. *Human walking*: Williams & Wilkins; 1981.
52. Murray M, Seireg A, Scholz R. Center of gravity, center of pressure, and supportive forces during human activities. *J Journal of applied physiology*. 1967;23(6):831-8.
53. Browne J, O'Hare N. Development of a novel method for assessing balance: the quantitative posturography system. *J Physiological measurement*. 2000;21(4):525.
54. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *J IEEE Transactions on biomedical engineering*. 1996;43(9):956-66.
55. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *J Clinical Neurophysiology*. 2008;119(11):2424-36.
56. Bloem B, Visser J, Allum J. Posturography. In: Hallett, M, ed, *Handbook of Clinical Neurophysiology*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science BV; 2003.
57. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *J Physical Therapy*. 1987;67(12):1881-5.
58. Black FO, Wall III C, Rockette Jr HE, Kitch R. Normal subject postural sway during the Romberg test. *J American journal of Otolaryngology*. 1982;3(5):309-18.
59. Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI. Standing balance in healthy subjects. Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *J Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1989;21(4):187-95.
60. Thyssen HH, Brynskov J, Jansen EC, Münster-Swendsen J. Normal ranges and reproducibility for the quantitative Romberg's test. *J Acta Neurologica Scandinavica*. 1982;66(1):100-4.
61. Fukuda T. The stepping test: two phases of the labyrinthine reflex. *J Acta oto-laryngologica*. 1959;50(1-2):95-108.
62. Furman JM, Cass SP. *Vestibular disorders: a case-study approach*: Oxford University Press, USA; 2003.
63. Honaker JA, Shepard NT. Performance of Fukuda Stepping Test as a function of the severity of caloric weakness in chronic dizzy patients. *J Journal of the American Academy of Audiology*. 2012;23(8):616-22.
64. Maurer C, Peterka RJ. A new interpretation of spontaneous sway measures based on a simple model of human postural control. *J Journal of neurophysiology*. 2005;93(1):189-200.
65. Winter DA, Prince F, Frank J, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Journal of neurophysiology*. 1996;75(6):2334-43.
66. Blaszczyk J, Lowe D, Hansen P. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. *J Gait Posture* 1994;2(1):11-7.
67. Blaszczyk JW. Sway ratio a new measure for quantifying postural stability. *J Acta Neurobiol Exp*. 2008;68:51-7.

68. Błaszczyk JW, Beck M, Sadowska D. Assessment of postural stability in young healthy subjects based on directional features of posturographic data: vision and gender effects. *J Acta Neurobiol Exp.* 2014;74(4):433-42.
69. Raymakers J, Samson M, Verhaar H. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter (s). *J Gait posture* 2005;21(1):48-58.
70. Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *J European journal of physical rehabilitation medicine* 2010;46(2):239.
71. Nardone A, Grasso M, Schieppati M. Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? *J Gait posture* 2006;23(3):364-73.
72. Rocchi L, Chiari L, Horak F. Effects of deep brain stimulation and levodopa on postural sway in Parkinson's disease. *J Journal of Neurology, Neurosurgery Psychiatry* 2002;73(3):267-74.
73. Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people—a review. *J Gerontology.* 2006;52(1):1-16.
74. Aksoy S. BA, Kılıç R.T. Postürografi. In: Ardiç FN, editor. *Vertigo. Genişletilmiş İkinci Baskı.*: US Akademi; 2018.
75. Tomomitsu MS, Alonso AC, Morimoto E, Bobbio TG, Greve J. Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults. *J Clinics.* 2013;68(4):517-21.
76. Lotfi Y, Javanbakht M, Sayaf M, Bakhshi E. Modified clinical test of sensory interaction on balance test use for assessing effectiveness of Epley maneuver in benign paroxysmal positional vertigo patients rehabilitation. *J Auditory Vestibular Research.* 2018;27(1):12-8.
77. Pagnacco G, Oggero E, Carrick FR. Repeatability of posturographic measures of the mctsib static balance tests a preliminary investigation. *J Biomed Sci Instrum.* 2008;44:41-6.
78. Mulavara AP, Cohen HS, Peters BT, Sangi-Haghpeykar H, Bloomberg JJ. New analyses of the sensory organization test compared to the clinical test of sensory integration and balance in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *J The Laryngoscope.* 2013;123(9):2276-80.
79. Wrisley DM, Marchetti GF, Kuharsky DK, Whitney SL. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment. *J Physical Therapy.* 2004;84(10):906-18.
80. Yoneda S, Tokumasu K. Frequency analysis of body sway in the upright posture statistical study in cases of peripheral vestibular disease. *J Acta oto-laryngologica.* 1986;102(1-2):87-92.
81. Chander H, MacDonald CJ, Dabbs NC, Allen CR, Lamont HS, Garner JC. Balance performance in female collegiate athletes. *J Sport Sci.* 2014;2:13-20.
82. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J Journal of athletic training.* 2002;37(4):501.
83. S. A. Baş Dönmesi ve Denge Bozukluklarında Ölçme-Değerlendirme. In: Ardiç FN, editor. *Vertigo. Genişletilmiş İkinci Baskı.*: US Akademi; 2018.
84. Jacobson GP, Newman CW. The development of the dizziness handicap inventory. *J Archives of Otolaryngology-Head Neck Surgery.* 1990;116(4):424-7.
85. Whitney SL, Wrisley DM, Brown KE, Furman JM. Is perception of handicap related to functional performance in persons with vestibular dysfunction? *J Otology Neurotology* 2004;25(2):139-43.
86. Robertson DD, Ireland DJ. Dizziness Handicap Inventory correlates of computerized dynamic posturography. *J The Journal of otolaryngology.* 1995;24(2):118-24.

87. Canbal M, Cebeci S, Duyan GÇ, Kurtaran H, Arslan İ. Baş Dönmesi Engellilik Envanterinin Türkçe Geçerlilik ve Güvenilirlik Çalışması. *Turkish Journal of Family Medicine*. 2016;10(1).
88. Robard L, Hitier M, Lebas C, Moreau S. Vestibular function and cochlear implant. *J European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2015;272(3):523-30.
89. Zeng F-G, Rebscher S, Harrison W, Sun X, Feng H. Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *J IEEE reviews in biomedical engineering*. 2008;1:115-42.
90. Arora K. Cochlear implant stimulation rates and speech perception. *Modern speech recognition approaches with case studies: IntechOpen*; 2012.
91. Cowen B. Historical and Biosafety Overview. *Cochlear İmplant Training Workshop; Bionic Ear İnstitute, Melbourne*2007.
92. Clark G. *Cochlear Implants: Fundamentals and Applications: Springer*; 2004.
93. Schindler RA, Kessler DK, Rebscher SJ, Jackler RK, Merzenich MM. Surgical considerations and hearing results with the UCSF/Storz cochlear implant. *J The Laryngoscope*. 1987;97(1):50-6.
94. Burian K, Hochmair E, Hochmair-Desoyer I, Lessel M. Electrical stimulation with multichannel electrodes in deaf patients. *J Audiology*. 1980;19(2):128-36.
95. Schindler RA, Kessler DK, Haggerty H. Clarion cochlear implant: phase I investigational results. *J The American journal of otology*. 1993;14(3):263-72.
96. Vibert RH, M. Kompis, M. Vischer, D Vestibular function in patients with cochlear implantation. *J Acta oto-laryngologica*. 2001;121(545):29-34.
97. Black F. Effects of the auditory prosthesis on postural stability. *J The Annals of otology, rhinology laryngology Supplement*. 1977;86(3 Pt 2 Suppl 38):141-64.
98. Black F, O'Leary D, Bilger R, Wolf R. Galvanic disruption of vestibulospinal postural control by cochlear implant devices. *J The Journal of otolaryngology*. 1978;7(6):519-27.
99. Eisenberg L, Nelson J, House W. Effects of the single-electrode cochlear implant on the vestibular system of the profoundly deaf adult. *J The Annals of otology, rhinology laryngology Supplement* 1982;91(2 Pt 3):47-54.
100. Brey RH, Facer GW, Trine MB, Lynn SG, Peterson AM, Suman VJ. Vestibular effects associated with implantation of a multiple channel cochlear prosthesis. *The American journal of otology*. 1995;16(4):424-30.
101. Basta D, Todt I, Goepel F, Ernst A. Loss of saccular function after cochlear implantation: the diagnostic impact of intracochlear electrically elicited vestibular evoked myogenic potentials. *J Audiology Neurotology*. 2008;13(3):187-92.
102. Viccaro M, Mancini P, La Gamma R, De Seta E, Covelli E, Filipo R. Positional vertigo and cochlear implantation. *J Otology neurotology* 2007;28(6):764-7.
103. Tien H-C, Linthicum Jr FH. Histopathologic changes in the vestibule after cochlear implantation. *J Otolaryngology-Head Neck Surgery* 2002;127(4):260-4.
104. Fayad JN, Luxford W, Linthicum FH. The Clarion electrode positioner: temporal bone studies. *J Otology Neurotology* 2000;21(2):226-9.
105. Nadol Jr JB, Burgess BJ, Gantz BJ, Coker NJ, Ketten DR, Kos I, et al. Histopathology of cochlear implants in humans. *J Annals of Otology, Rhinology Laryngology* 2001;110(9):883-91.
106. Fina M, Skinner M, Goebel JA, Piccirillo JF, Neely JG. Vestibular dysfunction after cochlear implantation. *J Otology neurotology* 2003;24(2):234-42.
107. Bonanni M, Newton RA. Test–retest reliability of the Fukuda Stepping Test. *J Physiotherapy Research International*. 1998;3(1):58-68.

108. Loughran S, Tennant N, Kishore A, Swan I. Interobserver reliability in evaluating postural stability between clinicians and posturography. *J Clinical Otolaryngology*. 2005;30(3):255-7.
109. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *J Physical Therapy*. 1986;66(10):1548-50.
110. Engström H, Bergström B, Rosenhall U. Vestibular sensory epithelia. *J Archives of Otolaryngology*. 1974;100(6):411-8.
111. Lopez I, Honrubia V, Baloh RW. Aging and the human vestibular nucleus. *J Journal of Vestibular Research*. 1997;7(1):77-85.
112. Bergström B. Morphology of the vestibular nerve: II. The number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages. *J Acta oto-laryngologica*. 1973;76(1-6):173-9.
113. Laurence BD, Jacques L, Michel D, Renaud M, Jacques M, Michel L. Static and dynamic posture control in postlingual cochlear implanted patients: effects of dual-tasking, visual and auditory inputs suppression. *J Frontiers in integrative neuroscience*. 2014;7:111.
114. Todtetal. The risk of vestibular function loss depends on the CI surgical technique. 2018.
115. Hoffman R. Complications of cochlear implant surgery. *J Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;104(166):420-2.
116. Ito J. Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function. *J Otolaryngology-Head Neck Surgery* 1998;118(6):900-2.
117. Kubo T, Yamamoto K-i, Iwaki T, Doi K, Tamura M. Different forms of dizziness occurring after cochlear implant. *J European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2001;258(1):9-12.
118. Eshraghi AA, Yang NW, Balkany TJ. Comparative study of cochlear damage with three perimodiolar electrode designs. *J The Laryngoscope*. 2003;113(3):415-9.
119. Balkany TJ, Eshraghi AA, Yang N. Modiolar proximity of three perimodiolar cochlear implant electrodes. *J Acta oto-laryngologica*. 2002;122(4):363-9.
120. Yang NW, Hodges AV, Balkany TJ. Novel intracochlear electrode positioner: effects on electrode position. *J Annals of Otolology, Rhinology Laryngology* 2000;109(12_suppl):18-20.
121. BOZKURT HK. Erişkin Koklear İmplant Kullanıcılarında Duyu, İstemli Motor ve Fonksiyonel Limitasyonların Değerlendirilmesi: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi; 2019.
122. BATUK M, AKSOY S, KAYIHAN H, SENNAROĞLU L. İç Kulak Anomalisi Olan Pediatrik Koklear İmplant Kullanıcılarında Duyusal İşlemlenin Değerlendirilmesi. *J Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*.7(3):145-54.
123. Deviterne D, Gauchard GC, Jamet M, Vançon G, Perrin PP. Added cognitive load through rotary auditory stimulation can improve the quality of postural control in the elderly. *J Brain research bulletin*. 2005;64(6):487-92.
124. Mergner T, Maurer C, Peterka RJ. Sensory Contributions to the Control of Stance. *Sensorimotor Control of Movement and Posture*: Springer; 2002. p. 147-52.
125. Cullen KE, Taube JS. Our sense of direction: progress, controversies and challenges. *J Nature neuroscience*. 2017;20(11):1465.
126. Easton R, Greene AJ, DiZio P, Lackner JR. Auditory cues for orientation and postural control in sighted and congenitally blind people. *J Experimental brain research*. 1998;118(4):541-50.
127. Gandemer L, Parsehian G, Kronland-Martinet R, Bourdin C. The influence of horizontally rotating sound on standing balance. *J Experimental brain research*. 2014;232(12):3813-20.
128. Maheu M, Behtani L, Nooristani M, Houde M, Delcenserie A, Leroux T, et al. Vestibular function modulates the benefit of hearing aids in people with hearing loss during static postural control. *J Ear hearing* 2019;40(6):1418-24.

129. Palm H-G, Strobel J, Achatz G, von Luebken F, Friemert B. The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. *J Gait posture* 2009;30(3):328-33.
130. Maheu M, Sharp A, Landry SP, Champoux F. Sensory reweighting after loss of auditory cues in healthy adults. *J Gait posture* 2017;53:151-4.
131. Ross J, Will O, McGann Z, Balasubramaniam R. Auditory white noise reduces age-related fluctuations in balance. *J Neuroscience letters*. 2016;630:216-21.
132. Era P, Heikkinen E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *J Journal of Gerontology*. 1985;40(3):287-95.
133. Juntunen J, Ylikoski J, Ojala M, Matikainen E, Ylikoski M, Vaheri E. Postural body sway and exposure to high-energy impulse noise. *J The Lancet*. 1987;330(8553):261-4.
134. Maheu M, Sharp A, Pagé S, Champoux F. Congenital deafness alters sensory weighting for postural control. *J Ear hearing* 2017;38(6):767-70.
135. Cushing SL, Papsin BC, Rutka JA, James AL, Gordon KA. Evidence of vestibular and balance dysfunction in children with profound sensorineural hearing loss using cochlear implants. *J The Laryngoscope*. 2008;118(10):1814-23.
136. de Sousa AMM, de França Barros J, de Sousa Neto BM. Postural control in children with typical development and children with profound hearing loss. *J International journal of general medicine*. 2012;5:433.
137. Rumalla K, Karim AM, Hullar TE. The effect of hearing aids on postural stability. *J The Laryngoscope*. 2015;125(3):720-3.
138. Negahban H, Nassadj G. Effect of hearing aids on static balance function in elderly with hearing loss. *J Gait posture* 2017;58:126-9.
139. Jehu DA, Desponts A, Paquet N, Lajoie Y. Prioritizing attention on a reaction time task improves postural control and reaction time. *J International Journal of Neuroscience*. 2015;125(2):100-6.
140. Lugo E, Doti R, Faubert J. Ubiquitous crossmodal stochastic resonance in humans: auditory noise facilitates tactile, visual and proprioceptive sensations. *J PloS one*. 2008;3(8):e2860.
141. Huang M-W, Hsu C-J, Kuan C-C, Chang W-H. Static balance function in children with cochlear implants. *J International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2011;75(5):700-3.
142. Shayman CS, Mancini M, Weaver TS, King LA, Hullar TE. The contribution of cochlear implants to postural stability. *J The Laryngoscope*. 2018;128(7):1676-80.
143. Ross JM, Balasubramaniam R. Auditory white noise reduces postural fluctuations even in the absence of vision. *J Experimental brain research*. 2015;233(8):2357-63.
144. Jacob R, Stelzig Y. The Koblenz experience in treating single-sided deafness with cochlear implants. *J Audiology Neuro-otology* 2011;16:6-8.