

Denge Yetisinin İncelenmesi

Onur ÇOBAN¹

ÖZET

Biyomotor yetilerden denge fonksiyonu, birçok motor, duyuşsal ve nöral sistem arasındaki etkileşimden etkilenmektedir. Görsel, vestibüler ve somatosensöryel kaynaklardan elde edilen bilginin, merkezi sinir sistemi tarafından işlenmesi ile entegredir. Statik ve dinamik denge olmak üzere iki alt başlığa ayrılmaktadır. Statik denge, ayakta duruş sırasında postür salınımının en az olduğu durumdur. Dinamik denge, hareket sırasında, kasların hareket biçiminin, statik duruşu bozduğu durumlarda postürün yönelimini yeniden sağlamak için daha fazla kas aktivitesinin gerçekleştirilmesi gerektiği durumlarda duruşun yöneliminin sürdürülmesidir. Duruşun yöneliminin sürdürülebilmesi için, üç sistem aynı anda devrededir. Vestibüler sistem, başın açısal ve doğrusal hızlar ile ilişkili kuvvetleri izlemektedir. Görsel sistem, cisimlerin hareketinin algılanmasında söz sahibidir. İnsanın aktivitelerini programlayan ilk sistemdir. Propriyoseptif sistem, vücut segmentlerinin pozisyonuna ve hazına, diğer nesnelere temasa ve yer çekimi yönüne duyarlı reseptörlerden oluşmaktadır. Yaşlanma ile birlikte, merkezi sinir sisteminin vücut dengesini korumaktan sorumlu görsel, vestibüler ve propriyoseptif sistemlerden elde edilen bilgiyi işleme yeteneğinde azalma görülmektedir. Denge fonksiyonunu değerlendirmek için çeşitli ölçüm yöntemleri vardır. Statik dengeyi ölçerken, Tek Ayak Denge testi ve Romberg testi kullanılabilir. Dinamik dengeyi ölçerken, Berg denge skalası, Tinetti denge değerlendirme yöntemi, Kalk ve Yürü testi, Y denge testi, Yıldız denge testi kullanılabilir. Gelişen teknoloji ile birlikte denge sistemleri ile ölçümler gerçekleştirilebilmektedir. Bu ölçümler, bir platform aracılığı ile Adaptasyon testi veya Biodex Denge Sistemi ile gerçekleştirilebilir. Denge antrenmanları son yıllarda tamamlayıcı antrenman olarak popüler hale gelmiştir. Çoğu zaman denge antrenmanı, performansı optimize etmek, yaralanmayı önlemek veya rehabilitasyon sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Denge, Propriyosepsiyon, Vestibüler, Görsel, Somatosensöryel

ABSTRACT

Examination of Balance Ability

Balance function, one of the biomotor abilities, is affected by the interaction between many motor, sensory and neural systems. It is integrated with the processing of information from visual, vestibular and somatosensory sources by the central nervous system. It is divided into two sub-headings as static and dynamic balance. Static balance is the state in which posture oscillation is minimal during standing. Dynamic balance is the maintenance of the orientation of the posture during movement when more muscle activity must be performed to restore the orientation of the posture when the movement of the muscles disrupts the static posture. In order to maintain the orientation of the stance, it is activated simultaneously in all three systems. The vestibular system monitors the forces of the head associated with angular and linear velocities. The visual system has a say in perceiving the movement of objects. It was the first system to program human activities. The proprioceptive system consists of receptors sensitive to the position and pleasure of body segments, contact with other objects, and the direction of gravity. With aging, there is a decrease in the ability of the central nervous system to process information obtained from the visual, vestibular and proprioceptive systems

¹ Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri (Doktora) İzmir/TÜRKİYE
ORCID: 0000-0002-3663-9039, E-posta: onurcoban12@gmail.com

responsible for maintaining body balance. There are various measurement methods to evaluate balance function. When measuring static balance, the Single Leg Balance test and the Romberg test can be used. While measuring dynamic balance, Berg balance scale, Tinetti balance assessment method, Get up and Walk Test, Y Balance Test, Star Excursion Balance Test can be used. With the developing technology, measurements can be made with balance systems. These measurements can be performed with the Adaptation test or Biodex Balance System via a platform. Balance training has become popular as a complementary training in recent years. Most often, balance training is used to optimize performance, prevent injury, or provide rehabilitation.

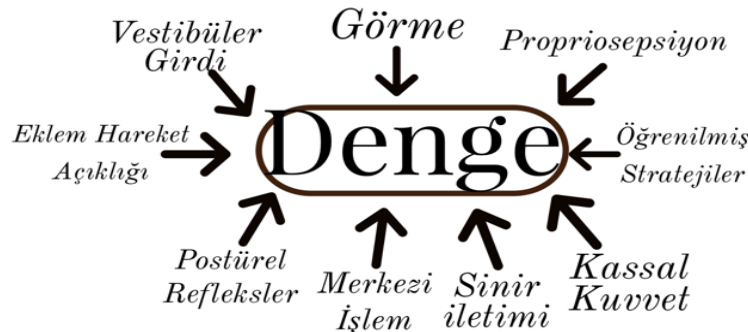
Keywords: Balance, Proprioception, Vestibular, Visual, Somatosensory

GİRİŞ

Postürel kontrol veya denge, statik olarak, minimum hareketle ve dinamik olarak, istikrarlı bir pozisyonda iken bir görevi yerine getirebilme yeteneği olarak bir taban destekleme kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır. (Bressel ve ark., 2007). Denge, koordinasyon kavramı dahilinde incelenmekte ve kısaca destek tabanı üzerinde vücut ağırlık merkezini muhafaza becerisi olarak nitelendirilmektedir. Koordinasyon, düzenli, ayarlı ve kontrollü hareketler gerçekleştirme becerisidir. İnce motor becerilerinin gerçekleştirilmesinde, mesleki aktivitelerin uygulanmasında, yürüme, koşma, sıçrama gibi gündelik hayattaki kolay ve yardımcı aktiviteleri gerçekleştirmede motor koordinasyon gerekmektedir. Koordine hareketler, iyi bir denge ve postür fonksiyonunun yanı sıra sinerjistik ve resiprokal kas aktivitelerinin doğru sıralama ve zamanlamasına ihtiyaç duymaktadır. Doğru postürün sağlanması ve hareket sırasında denge pozisyonunun korunması için, ciddi anlamda karmaşık nöromusküler mekanizmalara ihtiyaç vardır (Balaban ve ark., 2009).

Postürel sistem, birçok duyuşal sistem, motor sistem ve çoklu sinir sistemi arasındaki karmaşık etkileşimleri içeren bir merkezi kontrol sisteminden oluşmaktadır (Abrahamova ve Hlavacka, 2008). Denge kabiliyeti, görsel, somatosensöryel ve vestibüler üç kaynaktan gelen bilginin entegrasyonuna bağlıdır (Newton, 1989). Duyusal veriler, merkezi sinir sisteminde entegre edilir ve retiküler formasyon, ekstrapiramidal sistem, serebellum ve korteksden kalkan uyarılar ile modüle edilmektedir (Balaban ve ark., 2009).

Yeterli postürel kontrol vestibüler, somatosensöryel ve vücut hareketinin görsel bilgisinin bütünleştirilmesine bağlıdır (Abrahamova ve Hlavacka, 2008). Dengeyi korumak için duyuşal bilgilerin kullanılması yalnızca duyuşal girdilerin organizasyonuna değil, aynı zamanda bireysel duyu sistemlerinin işlevsel verimliliğine de bağlıdır (Cherng ve ark., 2001).



Şekil 1. Denge kontrol bileşenleri modeli (Yim-Chiplis ve Talbot, 2000).

Postürel kontrol, sayısız duruş ve faaliyetlerin sürdürülmesinin ön şartıdır. Bununla birlikte, dengenin kontrolü üç insan faaliyeti sınıfıyla ilişkilendirilmiştir:

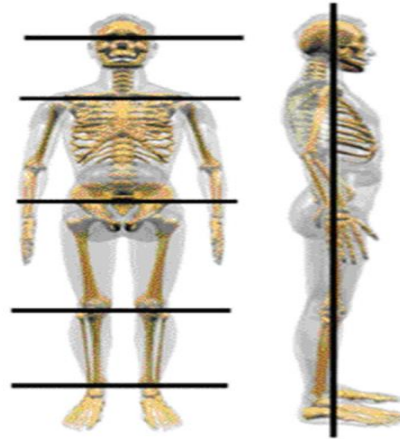
1. Oturma veya ayakta durma gibi belirli bir duruş
2. Pozisyonlar arasındaki hareketler gibi istemli hareketler
3. Yer değiştirme, kayma veya itme gibi dışsal bir uyarana tepki (Pollock ve ark., 2000).

Denge, statik ve dinamik denge olmak üzere iki alt bölümde incelenmektedir.

STATİK DENGE

Statik denge, ayakta duruş sırasında postür salınımını kontrol edebilme yeteneği olarak tanımlanır. Statik dengeyi sağlamak için, vücut kütlesi ikinci sakral omurgadan geçmeli ve destek tabanında kalmalıdır (Gürkan ve ark., 2016). Statik denge, antagonistik kasların çok kullanıldığı ve genel vücut salınımının veya kas içi hareketlerin asgari olduğu belirli bir duruşun idame ettirilmesidir (Lewis ve ark., 1985). Yer çekimine ve zemin reaksiyonuna tepki olarak meydana gelmektedir (Bouisset ve Do, 2008).

Optimal ayakta statik duruş, uzayda vücut pozisyonunu korumak için en az miktarda nöromusküler aktivitenin gerekli olduğu ve vücut üzerindeki yerçekimi streslerini en aza indiren durumdur. Optimal postürü elde etmek ve sürdürmek için biyomekanik mantık, verimli, bozulma ve işlev bozukluğu olmadan hareket etmektir (Kritz ve Cronin, 2008).



Şekil 2. *Optimal statik postürün elde edilebilmesi için vücut bölümlerinin ideal pozisyonu* (Kritz ve Cronin, 2008).

DİNAMİK DENGE

Hareket sırasında pozisyonu izleme yeteneği “dinamik pozisyon” duygusudur (Goble ve ark., 2009). Dinamik denge, bir cismin hareket esnasındaki postürel değişiklikleri tahmin edebilme yeteneği ve dengedeki değişikliklere uygun tepkiler verme yeteneği olarak

tanımlanmaktadır (Gürkan ve ark., 2016). Dinamik denge, kasların aktivite biçiminin, bütün duruş durgunluğunu bozduğu ve yönelimi yeniden kurmak için daha fazla kas aktivitesine ihtiyaç duyduğu koşullar altında organize bir duruş yöneliminin sürdürülmesidir (Lewis ve ark., 1985). Dinamik denge, bir postürel stabilizasyon olup, bir karışıklığa yanıt olarak ortaya çıkmaktadır. (Bouisset ve Do, 2008).

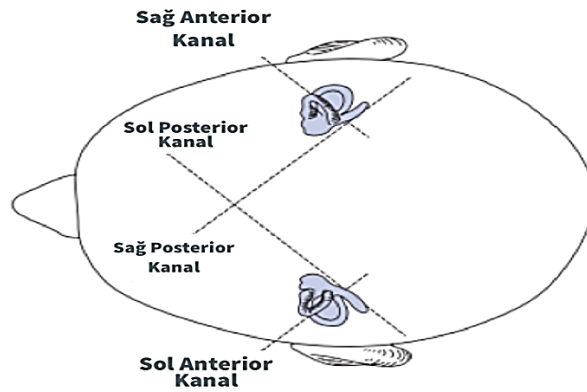
Dinamik postürel kontrolün gerçekleşmesi için görsel, vestibüler ve somatosensöryel denge sensörleriyle sağlanan bilgiler ile beyinde merkezi entegrasyonun ve genel olarak bir motor cevabın üretilmesini gerektirmektedir (Gauchard ve ark., 1999).

DENGE SİSTEMLERİ

Vestibüler Sistem

Vestibüler sistem diğer sistemlerden farklıdır, çünkü hemen multisensör ve multimodel hale gelir. Örnek olarak, vestibüler sistem, propriyoseptif sistemle etkileşime girer (Grace Gaerlan ve ark., 2012). Vestibüler sistem başın hareketleri ve yerçekimi ile ilişkili kuvvetleri biyolojik bir sinyal haline getirmektedir. Beyindeki kontrol merkezleri, çevreyle ilişkili olarak başın konumunun öznel bir farkındalığını geliştirmek ve denge için motor refleksler üretmek amacıyla bu sinyali kullanmaktadır ve bu deneyimleri hareket sırasında diğer duyu sistemlerinininkilerle ilişkilendirmektedir. Vestibüler sistem, doğrusal ve açısız hızlanma algısı için alıcıları aracılığıyla oryantasyonda merkezi bir rol oynamaktadır (Baloh ve Kerber, 2010).

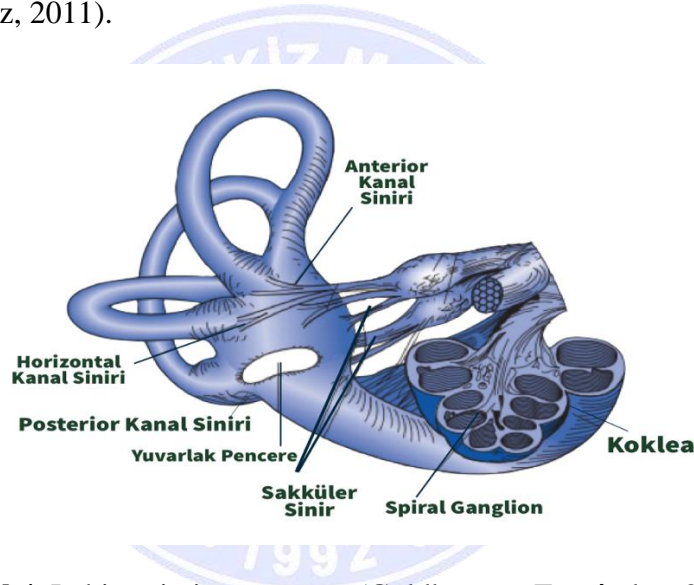
Vestibüler sistem kafatasının her iki yanındaki temporal kemiklerin labirent boşluklarında bulunan beş organ vasıtasıyla kafanın açısız ve lineer (doğrusal) hızlarıyla ilişkili kuvvetlerini izlemektedir (Baloh ve Kerber, 2010). Periferik vestibüler sistem, başın açısız (dönme) ivmesini saptamaktan sorumlu üç yarı dairesel kanalı ve lineer hareketi algılayan iki otolitik veya maküler yapıyı ve yer çekimiyle vücuda uygulanan kuvveti kapsamaktadır (Valovich McLeod ve Hale, 2015).



Şekil 3. *Semisirküler kanalların baş içindeki yönü* (Goldberg ve Fernández, 2011).

Vestibüler sistemdeki duyu yapılarının her biri, farklı hareket türleri hakkında bilgi toplar ve daha sonra bu bilgiyi beyin sapı çekirdeğine gönderilen sinir uyarılarına dönüştürerek karşılık gelen bir motor tepkisi ortaya çıkarmaktadır (Valovich McLeod ve Hale, 2015). Periferik reseptörler, çeşitli propriyoseptif işlevlerde kullanılan başın konumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Aktivite sırasında, bir taraftan vestibüler labirent aracılığıyla, ilgili refleksler, motor performans sırasında gözlerin, başın ve vücudun eşgüdümünde yer alırken, aynı zamanda, hareket hissi ve uzuvlarda başın yöneliminin algılanması için görsel ve somatosensöryel girdiler ile bütünleşmektedir (Goldberg ve Fernández 2011).

Vestibüler labirent, sıvı ile doldurulmuş kese ve kanalları (yarı dairesel kanallar) birbirine bağlayan, yaklaşık olarak aynı şekli taşıyan, kemik kapsülden bir sistemden oluşur. Yarı dairesel kanalların başın açılma ivmelerinin saptanmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (Goldberg ve Fernández, 2011).



Şekil 4. Labirentin inervasyonu (Goldberg ve Fernández, 2011).

Görsel Sistem

Görsel sistem, insanın aktivitelerini programlayan ve yolunu görmesini engelleyen durumları bildiren ilk sistemdir (Sucan ve ark., 2005). Görsel sistem üç bileşene sahiptir. Merkezi, periferal ve retinal kayma. Merkezi (fokal) görsel sistem, nesne hareketi algılaması ve nesne tayininde uzmanlaşırken, periferal görsel sistem, hareket sahnesine duyarlıdır ve postürel kontrol üzerinde söz sahibi olduğu düşünülmektedir. Afferent hareket algılamasının bir parçası olan retinal kayma, kişinin merkezi sinir sistemi tarafından yer değiştirmenin algılanması ile ilgilidir ve telafi edilebilir denge kaybı için geribildirim olarak kullanılmaktadır (Grace Gaerlan ve ark., 2012).

Genç-yetişkinlerde ana postürel kontrol yetisinin görme yetisi olduğu belirtilmektedir. Genç-yetişkinler ile yaşlı-yetişkinler arasındaki hareket kinematığı arasındaki fark incelendiği çalışmada, genç nüfusta görmeye olan güvenin baskın olduğunu belirtilmiştir. Görsel sisteminin dengede kullanılan birincil duyu sistemi olduğu bilinen bir olgu olmasına rağmen, dikkat edilmesi gereken bir hususta, karanlıkta da dik ve düzgün bir postür ile durulabildiğidir (Grace Gaerlan ve ark., 2012).

Merkezi görüşten ziyade çevresel görüş, postürel kontrolün sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada, periferik görme alanının görsel uyarımı, medial-lateralden ziyade anterior-posterior yönde görülen görsel uyarı yönünde postürel salınımı azalttığını gösterilmektedir. Bireyler postürü kontrol etmek için spontane veya görsel olarak uyarılmış vücut hareketlerinin görsel stabilizasyonu için periferik görüş kullanmaktadır (Grace Gaerlan ve ark., 2012).

Tablo 1. *Postürel kontrolde kullanılan sensör sistemlerinin karakteristikleri* (Redfern ve ark., 2001)

Sensör Sistemi Örnekleri	Yaklaşık Frekans Aralığı	Davranış
Somatosensöryel	> 0,1 Hz (Eklem pozisyonu, kas uzunluğu ve gerilimi, deri duyusu)	Gövdenin baş pozisyonunun kontrol edilmesi. Yürüyüş sırasında ayak yerleşimi, dinamik denge.
Vestibüler Semisirküler kanallar	0,5 – 1,0 Hz (Baştaki dönme hareketi)	Yürüyüş ya da ani baş döndürme sırasında göz hareketinin kontrolü
Görsel	< 0,1 Hz (Çok yavaş hareketler)	Görme alanında hareket olmadan odada oturmak
Vestibüler Otoliths	< 0,5 Hz (Statik yer çekimi, doğrusal hareketler)	Dengesiz bir zemin üzerinde gözler kapalı beklemek

Somatosensöryel Reseptörler

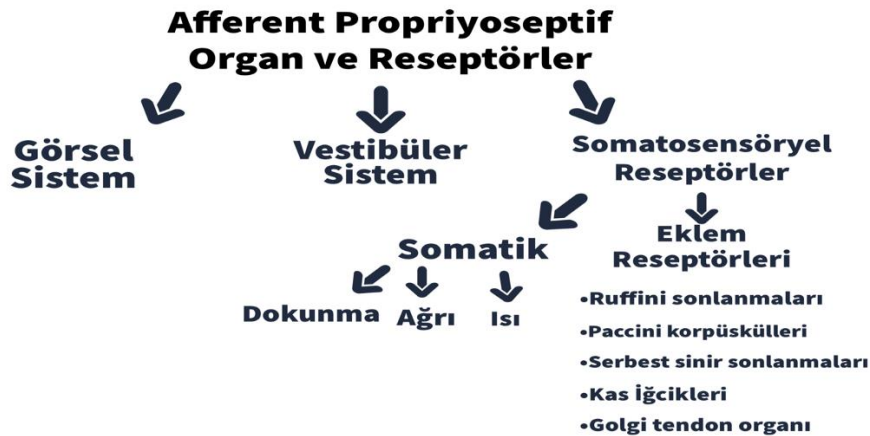
Somatosensöryel reseptörler kaslar, tendonlar, eklemler ve diğer dokularda lokalizedir. Klasik olarak üç tip somatik duyu tanımlanmıştır. Ağrı, ısı ve mekanoreseptivite. propriyosepsiyon, mekanoreseptif duyarlılığın dokunma ve pozisyon duyuları öğelerinden özellikle ikincisiyle ilişkilidir (Ergen ve ark., 2007).

Propriyosepsiyon, pozisyon duyusunun statik ve dinamik yönlerini kapsar (Ergen ve ark., 2007). Propriyosepsiyon, kişinin kendi vücut bölümlerinin görel konumunun yanı sıra hareket eden kaslar tarafından harcanan çaba düzeyinin bir bileşenidir. Propriyosepsiyon tipik olarak kısa menzillidir, tonik veya fazik olabilir ve istemli veya dışarıdan uyarılmış kuvvetlere kıyasla nispeten zayıftır (Blecher ve ark., 2018). Propriyosepsiyonun, yaşa bakılmaksızın dik durma sırasında dengenin korunması için kritik bir duyu geribildirim kaynağı olduğu bilinmektedir (Goble ve ark., 2009).

Vücut pozisyonu ve görme yetisinden bağımsız olarak hareket duyumuz (yani, propriyosepsiyon) motor aktiviteleri kontrol etmek için kritik önem taşımaktadır. Propriyosepsiyon duyumuz, günlük yaşam aktivitelerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için oldukça değerlidir. Eklem pozisyon farkındalığı genellikle bu gibi propriyoseptif yeteneklerin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Propriyoseptik sinyaller, cilt, eklemler ve kaslardaki birden fazla mekanik alıcıdan kaynaklanmaktadır. Ancak şu an için kas içciklerinin, propriyoseptif duyumuza ilişkin birincil bilgi kaynağı olduğu konusunda ortak düşünceye varılmıştır (Goble ve ark., 2010).

Propriyosepsiyon, kinestezi (eklem hareket hissi) ve eklem pozisyonu ile birlikte dokunsal duyunun uzmanlaşmış bir bileşenini belirten bütün bir terimdir. Propriyoseptif duyu, kaslarda (kas içiği reseptörleri ve golgi tendon organı), eklem kapsüllerinde, bağlarda ve afferent sinir sistemi yoluyla merkezi sinir sistemine iletilen kutanöz reseptörlerde bulunan özel reseptörlerden duysal girdilerin aracılığıyla türetilmiş yollardır. Bu mekanoreseptörlerden gelen bilgiler, duruş veya yürüyüşteki sapmaları telafi etmek için nöromusküler kontrolü kolaylaştıracak şekilde tasarlanmış sinirsel bir sinyal sağlamak için işlenmektedir (Blackburn ve ark., 2000).

Propriyoseptif sistem, vücut segmentlerinin pozisyonlarına ve hızlarına, diğer objelere temaslara ve yer çekimi yönüne duyarlı reseptörlerden oluşmaktadır (Sucan ve ark., 2005). Postürel kontrolü korumak ve günlük yaşam aktivitelerinin çoğunu güvenle yerine getirmek için, bireyler öncelikle propriyoseptif sisteme güvenmektedir. Propriyosepsiyonda kas içcikleri önemli rol oynamaktadır. Mekanik alıcılar sinir sistemine kas uzunluğu ve kasılma hızı hakkında bilgi verir, böylece eklem hareketi ve pozisyon duyusu ayırt etme kabiliyetine katkıda bulunmaktadır (Grace Gaerlan ve ark., 2012).



Şekil 5. Afferent propriyoseptif organ ve reseptörler (Ergen ve ark., 2007)

Propriyoseptif bilgiye katkıda bulunan bir diğ er organ ise golgi tendon organıdır. Kas tendonu ara yüzünde bulunan golgi tendon organı, gerilme kuvvetleri hakkında bilgi aktarır ve çok hafif de ğ iş ikliklere duyarlıdır. Golgi tendon organı aktif hale geldiğ inde, afferent nöron omurilik internöronlarında sinaps eder ve kas alfa motornöronunu inhibe etmektedir. Böylece kas ve tendonda gerginlik azalmaktadır (Grace Gaerlan ve ark., 2012).

Propriyoseptif fonksiyonun temel bileş enleri pozisyon ve hareket duyusu olmasına rağmen, karmaş ık sensorimotor görevler sırasında bu tür bilgileri koordine etmek gerekmektedir (Goble ve ark., 2009). Nöromusküler kontrol, eklem stabilitesinin önemli bir bileş enidir. Eklem üzerine etki eden kasların kuvveti de katkıda bulunan bir faktördür. Buna ek olarak eksenrik kuvvet, eklem hareketine karşı antagonistik kuvvet sağlayarak eklem stabilitesini arttırmaktadır. Bu nedenle, daha kuvvetli bir kas veya kas grubu, eklem stabilitesini artırmak için yüksek bir kabiliyete sahiptir. Propriyosepsiyon ve kas kuvveti, nöromusküler kontrol yoluyla dengenin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Propriyoseptif duyudaki eksiklikler sonucu eklemlerde stabilite eksikliğı, burkulma ve yaralanmalar ortaya çı kmaktadır (Blackburn ve ark., 2000).

DENGE VE YAŞ ETKİSİ

Yaş lanma, merkezi sinir sisteminin vücut dengesini korumaktan sorumlu olan vestibüler, görsel ve propriyoseptif sinyalleri işleme kabiliyetini ve ayrıca adaptif refleksleri de ğ iş tirme kapasitesini azaltma yeteneğini bozar. Bu dejeneratif süreçler, geriatric popülasyonda vertigo ve/veya baş dönmesi ve dengesizliğin ortaya çıkmasından sorumludur. Yaş lıların yaş amını sınırlayan ana faktörlerden biri dengesizliktir. Vakaların %80'inde belirli bir nedene de ğ il, bir bütün olarak denge sisteminin katılımına bağ lanabilir. Vakaların yarısından fazlasında dengesizlik 65-75 yaş ları arasında ortaya çıkar, yaş lı hastaların yaklaşık %30'u bu yaş ta semptomlara sahiptir. Düş meler, dengesizliğin ve hareket etme zorluğunun en tehlikeli sonucu olup, bunu 75 yaş üstü kişilerde kaza sonucu ölümlerin %70'inden sorumlu olan yaş lıları günlerce veya aylarca yatalak bırakan kırıklar izlemektedir. (Ruwer ve ark., 2005).

Yetiş kinlerde, duyuusal sistemler iyi organize edilmiş ve bağ lam-özgü biçiminde hareket etmektedir. Bunula birlikte çocukların, anatomik yapıları hayatın erken dönemlerinde olgunlaş sa da duyuusal sistemler tamamen geliş miş de ğ ildir. Kabul edilen üç duyu sistemi (propriyoseptif, görsel ve vestibüler), çocukluğun erken dönemlerinde olgunlaş an hiyerarşik olarak daha düşük motor süreçlerden daha yavaş gelişmektedir (Steindl ve ark., 2006).

Propriyoseptif, görsel ve vestibüler afferent sistemlerin çocuklarda postür kontrolüne etkisi hakkında sınırlı veri olmasına rağmen, organizasyonun geliştirilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda, üç duyu sisteminin gelişiminin sıralı olarak gerçekleştiği bulunmuştur. Ayakta sabit durma üzerindeki görsel sistemin etkisi, 15 yaşına kadar erişkin düzeylerde gerçekleşmiştir. Ancak vestibüler sistem o yaşta halen gelişmektedir (Cherng ve ark., 2001; Steindl ve ark., 2006). Görsel sistem yaşamın ilk yıllarında olgunlaşmaktadır ancak merkezi vestibüler sistem daha sonra gelişmektedir. Yürüme şekli, yaşamın ilk yıllarında yavaş yavaş gelişir. Küçük çocukların dengesini korumak için daha büyük kas aktivitelerine ihtiyaçları vardır (Hytönen ve ark., 1993).

İlerleyen yaş ile birlikte kas içciklerinde bazı değişiklikler meydana gelmektedir. Kapsül kalınlığının artması, kas içciği çapının azalması, hassasiyetin azalması, daha az sayıda intrafuzal lif ve aksonal şişme denervasyonun sonucu olabilen genişletilmiş motor uç plakları görülmektedir. Ayrıca, özellikle Ruffini, Pacini ve Golgi-tendon tipi reseptörler için yaşla birlikte eklem mekanoreseptörlerinin sayısında bir düşüş yaşanmaktadır. Bütün bu periferik değişiklikler, yaşlılarda propriyoseptif eksiklik sebebidir (Goble ve ark., 2009).

Yaşlı insanlarda dengenin bozulması, artmış duyuşal eşiklerin bir sonucu olarak vestibüler ve propriyospinal cevapların ertelenmesine bağlı olarak postürel stratejilerin değişmiş koordinasyonu ile açıklanabilir (Judge, 2003). Yaşla birlikte dinamik pozisyon algısındaki eksikliklerin yalnızca kas içcikleri geribildirimindeki bozulmadan kaynaklanmadığını, aynı zamanda eklem veya deri reseptörleri gibi kaynaklardan gelen geri bildirimlerin değişmesinden kaynaklanmaktadır (Goble ve ark., 2009).

Duyu sistemlerinde duyarlılığın kaybedilmesi, teşhis edilemeyen bir hastalık bulunmayan yaşlılarda sıklıkla yaşlanmanın normal sonucu olarak kabul edilmektedir. Somatosensöryel, vestibüler ve görsel sistemdeki değişiklikler, yaşlı erişkinlerde bu sistemlerde önemli bozulma olduğunu göstermektedir. Yaşlı ve genç bireylerin karşılaştırılması, vestibüler fonksiyonda yaşla ilişkili azalmayı göstermektedir. Yetmiş yaş üzerindeki yetişkinler, vestibüler sistem içindeki duyuşal hücrelerde %40 oranında bir azalma yaşamaktadır. Somatosensöryel sistemdeki yaşa bağlı değişiklikler üzerine yapılan çalışmalar, yaşlıların propriyoseptif işlevindeki düşüş, ayak bileklerinde titreşim duyusunun azalması ve eklem hassasiyetindeki değişimleri yansıtmaktadır. Ayakta durma yeteneği 25 ile 60 yaş arasında değişen yaşlarda optimal gözükmektedir (Abrahamova ve Hlavacka, 2008).

DENGE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Statik Denge Ölçüm Yöntemleri

Tek Ayak Denge Testi

Statik dengeyi belirlemek amacıyla kullanılan test yöntemidir. Bu teste göre katılımcılar, 50 santimetre (cm) uzunluğunda, 4 cm yüksekliğinde ve 3 cm genişliğinde bir denge aletinin üzerinde, baskın ayak ile çıkararak dengede kalmaktadır. Diğer bacağı dizden bükerek, kalça hizasına kadar çekerler, aynı taraftaki elini kullanarak destek alınır. Katılımcılar, bir ayağın üzerinde denge pozisyonundayken, süre başlatılır ve 1 dakika süresince denge pozisyonunu korumaya çalışır. Denge bozulduğunda (ayağını tutarken bırakırsa, yere düşerse, vücudunun herhangi bir bölgesiyle yere dokunursa vb.) süre durdurulur. Katılımcılar, denge aletine çıkararak denge pozisyonunda tekrar durduğu anda, süre kaldığı yerden devam ettirilir. 1 dakika boyunca test bu şekilde sürdürülmektedir. Süre tamamlandığında, katılımcıların her bir dengede durma girişimi (düşükten sonra) sayılır ve bu sayı test bitiminde bir dakika süre tamamlandığında, katılımcıların puanı olarak kaydedilmektedir (Hazar ve Taşmektepligil, 2008).

Romberg Testi

Romberg testi, yürüme ve denge pozisyonunun gerçekleştirilmesi ve korunmasında uygulanan değişik duyu organları ve nöronal iletilerinin bütününe değerlendirmeye alan bir nörolojik fonksiyon test yöntemidir. Santral ve periferik vestibüler sistem fonksiyonu ile birlikte eklem ve kas pozisyon duyusunu içeren periferik propriyosepsiyon ile ilgili fikir vermektedir. Duyusal sistemlerden birindeki düşüş vizüel fonksiyon ile kompanze edilmektedir. Göz kapalı durumda ayakta dik durma durumunun devamlılığının sağlanması için ekstra-vizüel sistemlerin işlevine gereksinim artmaktadır. Katılımcı ayakları bitişik durumda, kollar serbest ve vücudun yanında olacak şekilde pozisyon alır. Eğer sabit pozisyonda kalabilir ise, gözlerini kapatması istenmektedir. Bu pozisyonda dengesini koruyarak 10 saniye ve daha fazla durması istenmektedir. Denge pozisyonunda bozulma olması veya düşme durumunda test pozitif veya anormal romberg belirtisi olarak kabul edilmektedir. Romberg testi, kollar öne uzatılıp, ayaklar tandem pozisyonda yerleştirilerek (sharpened romberg testi) ve tek ayak üzerinde durma pozisyonunda modifiye edilerek uygulanmaktadır (Balaban ve ark. 2009).

Fonksiyonel Denge Testleri

Berg Denge Skalası

Berg denge skalası fonksiyonel denge değerlendirilmesinde altın standart test yöntemi olarak belirtilmektedir. Berg denge ölçeği, her aktivite skorunun 0 ile 4 arasında değiştiği 5 puanlık skalada puanlandırılmaktadır. En yüksek skor aktivitenin hızlı ve kolaylıkla tamamlanabilmesine karşılık gelecek şekilde derecelendirilmektedir. En yüksek toplam skor 56'dır ve mükemmel bir denge fonksiyonunun göstermekte ve giderek zorlaşan 14 genel denge aktivitesi içermektedir. Kuvvet, esneklik ve dengeyi test ve sağlıklı yaşlı-yetişkinlerde Tinetti Ölçeğinden daha fazla duyarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir. Berg denge skalasının, interrater güvenilirliği (0,88-0,98), intrarater güvenilirliği (0,98) ve iç tutarlılığı (0,96) yüksektir. Skor 56'dan 36'ya yaklaştıkça düşme riski artmaktadır. Testin uygulaması 15 dakika sürmekte ve çoklu popülasyonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Balaban ve ark. 2009).

Tablo 2. Berg denge skalası (Kim ve ark., 2017)

Sıra	Tanım
1	Oturma Pozisyonundayken Ayağa Kalkmak
2	Desteksiz Ayakta Durmak
3	Desteksiz Oturmak
4	Ayaktayken Oturma Pozisyonuna Geçmek
5	Transfer
6	Gözler Kapalıyken Desteksiz Ayakta Durmak
7	Ayaklar Bitişikken Desteksiz Ayakta Durmak
8	Ayaktayken Kollar Gergin Öne Doğru Uzanmak
9	Ayaktayken Yerden Nesne Almak
10	Ayaktayken Sağ ya da Sol Omuz Üzerinden Dönerek Geriye Bakmak
11	360° Dönmek
12	Desteksiz Ayakta Dururken Değişerek Bir Ayağı Tabureye Yerleştirmek

Tinetti Denge Değerlendirme Yöntemi

Yürüme ve denge değerlendirmesini kapsamaktadır. Her iki aktivite için özel puanlama ölçütleri ile değerlendirme gerçekleştirilmektedir. Toplam puan, yürüme değerlendirme puanı ve denge değerlendirme puanı olmak üzere maksimum 28'dir. 3 puanlık aralıklarla (0,1,2) değerlendirilmektedir. Faaliyetler, oturma pozisyonunda, ayakta durma ve engebeli bir yüzeyde adım atmayı içermektedir. Uygulanması yaklaşık 20 dakika sürmektedir ve yaşlılarda güvenilirlik ve geçerlilik sağlanmıştır (Balaban ve ark. 2009).

Tablo 3. Tinetti yürüme testi skalası (Tinetti, 1986)

Sıra	Açıklama	Normal (1 puan)	Anormal (0 puan)
1	Yürümenin başlatılması	Seri bir şekilde, çekinmeden yürüme başlar	Çekingen tavır, birden çok kez deneme, hareketlerde bozukluk
2	Adım yüksekliği	Ayağın yere teması kesilip topuğun yere değinceye kadar alınan mesafe ayağın uzunluğundan fazladır	Ayak yere sürter ya da 5cm'den daha fazla yükselir
3	Adım uzunluğu	Başparmağın temasının kesilip topuğun yere değinceye kadar alınan mesafe ayağın uzunluğundan fazladır	Adım uzunluğu ayak uzunluğundan kısadır
4	Adım simetrisi	Çoğu zaman her iki adım mesafesi aynıdır	Adım mesafesi farklıdır ya da bir taraf hep aynı şekilde kısadır
5	Adım devamlılığı	Bir ayağın topuğu yerden kalkarken diğer topuk yere temas eder, adımlar arası durma yoktur, mesafe aynıdır	Bir ayağını kaldırmadan, diğer ayak ile tamamen yere basılır, adım uzunlukları değişkendir
6	Yürüme hattında sapma	Arkadan bakınca düz bir hatta ilerler	Yürüme hattı ya adımdan adıma değişir ya da bir yöne doğru yürür
7	Gövde stabilitesi	Gövde kaymaz, denge için kollar abduksiyona gelmez	Gövde kayar, diz postür fleksiyondadır, kollar abduksiyona gelebilir
8	Yürüme durumu	Adım atarken ayak diğer ayağa degecek kadar yakındır	Adımları ayrı ayrı, geniş atar
9	Yürürken dönmek	Yürümeye devam ederken sendelemenmeden döner	Sendeler, dönmeden önce durur, adımlar devamlı değildir

Tablo 4. Tinetti denge testi skalası (Tinetti, 1986)

Sıra	Açıklama	Normal (2 puan)	Adaptif (1 puan)	Anormal (0 puan)
1	Oturma dengesi	Sağlam ve stabil	Dik durabilmek için sandalyeye tutunuyor	Kaykılıyor, sandalyeden kayıyor
2	Sandalyeden kalkış	Kollarını kullanmadan tek bir hareketle kalkabiliyor	Kalkmak için kollarını kullanıyor	Çokça denemesi gerekiyor ya da yardımlı kalkıyor
3	Ani dik durma dengesi (ilk 3-5 sn.)	Desteğe ihtiyacı olmadan dengesini koruyor	Dengesini koruyor ancak yürümeye yardım gereklidir	Bir desteğe tutunmak, sendelemek, ayağın yerini değiştirmek, gövde salınımı gibi kararsız durum varlığı
4	Ayakta durma dengesi	Herhangi bir desteğe tutunmadan ayaklar yan yana dengededir	Dengesini koruyabilir ama ayaklarını yan yana getiremez	Bir desteğe tutunmak, sendelemek, ayağın yerini değiştirmek, gövde salınımı gibi kararsız durum varlığı
5	Gözler kapalıyken denge	Ayaklar yan yana iken herhangi bir destek olmadan dengeyi korur	Dengeyi korur ama ayaklarını yan yana getiremez	Bir desteğe tutunmak, sendelemek, ayağın yerini değiştirmek, gövde salınımı gibi kararsız durum varlığı
6	Dönme dengesi (360°)	Desteksiz, sendelemen, akıcı bir şekilde döner	Adımlar kesintilidir	Bir desteğe tutunmak, sendelemek, ayağın yerini değiştirmek, gövde salınımı gibi kararsız durum varlığı
7	Sternumu dürtmek (Ayaklar yan yana dururken 3 kere iteklenir)	Dengeyi korur, kuvvete karşı direnir.	Adımlar kesintilidir	Düşmeye başlar ya da tutulması gerekir
8	Boynunu çevirmek (Ayaklar yan yana dururken iki yana ve tavana bakılır)	Her iki taraf servikal rotasyonun en az yarısını yapar, tavana bakar, tutunmak zorunda kalmaz, sersemlik hissi, ağrı olmaz	Her iki tarafa servikal rotasyonu ve ekstansiyonu yapar ama hareket kısıtlıdır, tutunmak zorunda kalmaz, sersemlik hissi, ağrı olmaz	Her iki tarafa servikal rotasyonu ve ekstansiyonu yapamaz, tutunmak zorunda kalır, sersemlik hissi olur, ağrı oluşur
9	Tek ayak üstü duruş dengesi	Destek almadan 5 saniye boyunca tek ayak üzerinde durabilir	-	Yapamaz
10	Geriye eğilmek	Destek almadan geriye doğru yeterli miktarda eğilebilir	Geriye doğru eğilme miktarı benzer yaş grubundan daha azdır ya da destek alır	Denemez, eğilemez ya da sendeler

11	Yukarı uzanmak	Destek almadan yukarı doğru uzanabilir	Destek alarak yukarı doğru uzanabilir	Yapamaz, dengesini koruyamaz
12	Yere eğilmek	Destek almadan yerden bir nesneyi tek seferde alabilir	Yerden nesneyi tek seferde alabilir ancak destek almalıdır	Eğilemez ya da kalkmak için çok kez uğraşır
13	Oturmak	Tek seferde ve düzgün bir şekilde oturabilir	Oturmak için destek alır	Oturulacak yere düşer, mesafeyi hesaplayamaz

Kalk ve Yürü Testi

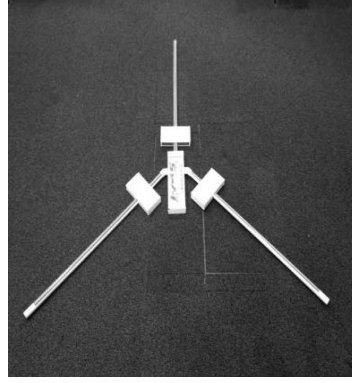
Katılımcının sandalyenin kollarından destek almadan oturduğu yerden kalkması, 3 metre yürüdüktan sonra bir yere temas etmeden geri dönmesi sandalyeye doğru yürüyerek tekrar oturur duruma geçmesi beklenmektedir. Bu sırada gözlemci tarafından değerlendirme yapılmaktadır. Katılımcının koltuktan ayağa kalkması, 3 metre yürümesi, sandalyeye geri dönüşü ve oturması için gereken süre ölçülmektedir (Balaban ve ark., 2009).

Performans skoru, 1= normal, 2= çok hafif anormal, 3= hafif anormal, 4= orta derecede anormal, 5= ciddi derecede anormal olarak puanlandırılmaktadır. Test sırasında düşme eğilimi göstermeyen katılımcının skoru normal, test performansı sırasında düşme eğilimi görülen katılımcıların skoru anormal olarak değerlendirilmektedir. Ara puanlar, hareketler anında aşırı yavaşlama, hareket anında kararsızlık, anormal gövde veya üst ekstremiteler hareketlerinin varlığı, sendeleme veya tökezleme gibi bulguların varlığı ile ilişkilendirilmektedir. Gözlemciler arası güvenilirlik ve test tekrar güvenilirliğinin çok iyi olduğu bildirilmiştir (Balaban ve ark., 2009).

Y Denge Testi

Y denge testi, stabilite ve asimetrik dengenin dinamik sınırlarını yalnızca üç yönde değerlendiren bir test yöntemidir (Shaffer ve ark., 2013). Dinamik dengeyi ölçmek isteyen benzer hareketleri içermektedir. Yerden 2,54 cm yükseklikte bir merkezi plastik tabanda ayakta durmayı ve üç yönün her birinde 1,5 metrelik bir plastik boru boyunca ayak ile dikdörtgen bir bloğu itmeyi içermektedir. Erişim mesafesi, erişim gösterge bloğunun duruş bacağına en yakın itildiği nokta olarak kaydedilmektedir. Y-denge testinin öne sürülen faydaları olarak, tamamlanmasının daha kısa zaman alması ve standart protokol ve geçerlilik ve intrarater güvenilirliği (0,85-0,91) vardır (Coughlan ve ark., 2012).

Test sırasında katılımcılar, duruş bacağı ile başlangıç bloğunda durmakta ve dikdörtgen bloğu anterior, posterolateral ve posteromedial yönlerde mümkün olduğunca uzağa itmek için karşı bacaklarını kullanmaktadırlar. Katılımcı, tüm hareket boyunca tek bacak duruşunu koruyamazsa test tekrarlanmaktadır (Wilson ve ark., 2018).

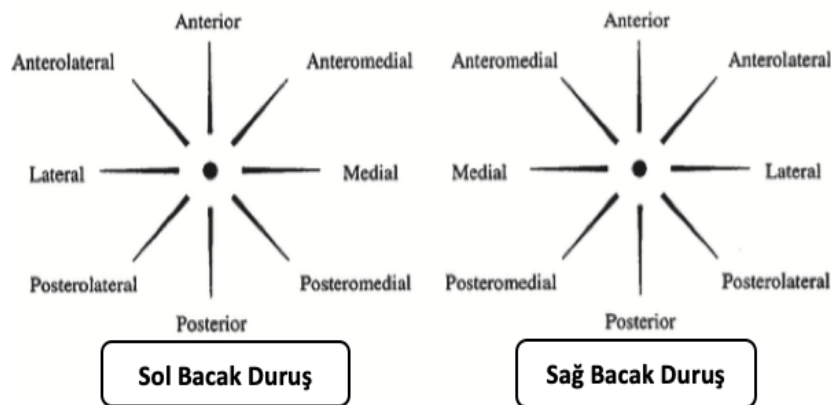


Şekil 6. Y denge test ekipmanı (Fullam ve ark., 2014)

Yıldız Denge Testi

Yıldız denge testi, katılımcının, duruş ayağının destek tabanında bozulma olmadan, karşı bacak ile maksimum farklı yönlere ulaşmasını gerektiren bir test yöntemidir. Dinamik denge yeteneğinin belirlenmesinin yanı sıra, kronik ayak bileği instabilitesi, quadriceps kuvvet eksikliği ve patellofemoral ağrı sendromu gibi kas-iskelet sistemi bozukluklarını taramak için duyarlı olduğu belirtilmektedir. Kronik ayak bileği instabilitesi olan kişilerde erişme mesafeleri azalmaktadır. Ön çapraz bağ sakatlığı yaşamış katılımcılarda, daha önce yaralanmamış katılımcılara kıyasla ön uzanma mesafesinin azaldığı bildirilmektedir. Patellofemoral ağrısı olan katılımcıların da yıldız testi skorlarının sağlıklı katılımcılara kıyasla düşük olduğu bildirilmiştir (Gribble ve Hertel, 2003).

Yıldız testi, katılımcılar, birbirine 45° açıyla uzanan sekiz çizgiden oluşan bir sabit yüzeyin ortasında dururken gerçekleştirilir. Katılımcıdan sekiz çizginin her biri boyunca mümkün olduğunca uzağa uzanması, çizgiye hafif bir dokunuş yapması ve diğer ayağıyla tek bacak duruşunu korurken ulaşan bacağı tekrar merkeze döndürmesi istenmektedir (Gribble ve Hertel, 2003).



Şekil 7. Yıldız denge testi için yönlerin gösterimi (Gribble ve Hertel, 2003)

Denge Sistemleri İle Ölçüm Yöntemleri

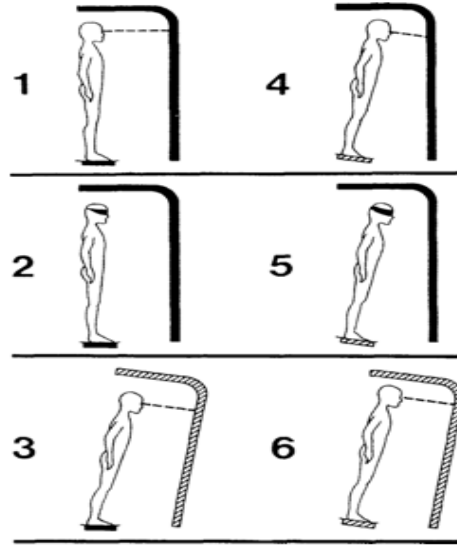
Adaptasyon Testi

Statik ve fonksiyonel denge testlerinde, görme, kişinin gözlerini kapatmasıyla ortadan kaldırılır. Bununla birlikte, somatosensöryel bilgiler ortadan kaldırılamaz. Bu nedenle, somatosensöryel sistemden ve vestibüler sistemden gelen katkı ayırt edilemez (Newton, 1989).

Her duyu sisteminin değişen katkısını incelemek için deneysel bir model geliştirilmiştir. Bu modelin altında yatan bir varsayım, vestibüler sistemin duyu bilgilerin karşılaştırıldığı bir iç referans noktası olarak hareket etmesidir. Vestibüler sistem, duyu bilgisine karşı geldiğinde ortaya çıkan uyuşmazlıkları gidermektedir. Her duyu sistemin dengeye olan göreceli katkısını değerlendirmek için otomatik duran bir platform geliştirilmiştir. Destek yüzeyi veya görsel çevre, bağımsız olarak veya eşzamanlı olarak hareket etmektedir veya kişinin salınım hareketlerine tepki olarak hareketsiz kalmaktadır. Destek yüzeyinin hareket ettirilmesi veya görsel çevre, duyu giridiyi değiştirmektedir. Birey, değiştirilen giridiyi uygun duyu giridiyle göreceli olarak ayırt etmeli ve dengeyi sağlamak için uygun bir hareket yanıtı seçmelidir. Kuvvet platformu (Force plate) cihazları kişinin dengesini sağlama kabiliyetini ölçer (Newton, 1989).

Her biri 20 saniye süren altı koşul vardır;

1. Kişi, gözleri açık olarak bir platform üzerinde durur.
2. Kişi, gözleri kapalı olarak bir platform üzerinde durur.
3. Kişi bir platform üzerinde durur ve görsel çevre ön ve arka salınım hareketi ile birlikte sallanır.
4. Kişi ön ve arka salınım hareketleri ile birlikte hareket eden bir platform üzerinde gözleri açık durur.
5. Kişi ön ve arka salınım hareketleri ile birlikte hareket eden bir platform üzerinde gözleri kapalı durur.
6. Kişi bir platform üzerinde gözleri açık durur ve platform ve görsel çevre, salınım hareketleriyle birlikte sallanır (Newton, 1989).



Şekil 8. Adaptasyon testi (Newton, 1989)

Biodex Denge Sistemi

Biodex denge sistemi, bir kişinin dinamik stres altında ilgili eklemi stabilize etme yeteneğini nesnel olarak ölçen ve kaydeden çok eksenli bir cihazdır. Kuvvet platformu sistemlerinden farklı olarak Biodex denge sistemi, anterior-posterior ve medial-lateral ekseninde eşzamanlı olarak hareket etmeyi sağlayan dairesel bir platform kullanmaktadır. Biodex denge sistemi, ayak bileği mekanik alıcılarının maksimum uyarılmasına izin veren 20°'ye kadar ayak platformu eğimini sağlamaktadır. Biodex denge sistemi derece olarak, dinamik koşullar esnasında her bir ekseninde eğimi ölçmekte ve bir medial-lateral stabilite indeksi, anterior-posterior stabilite indeksi ve genel bir stabilite indeksi hesaplamaktadır. Bu indeksler, platform stabil olduğunda testten önce kurulan sıfır noktasına yakın dalgalanmaları temsil etmektedir. Örneğin, 5°'lik bir genel stabilite endeksi ortalama olarak merkezden uzaklaşmanın 5° olduğu anlamına gelmektedir (Cachupe ve ark., 2001; Karimi ve ark., 2008).

DENGE FONKSİYONUNA ANTRENMANIN ETKİSİ

Denge antrenmanı, son birkaç yılda rekabetçi sporcular için tamamlayıcı bir antrenman olarak popüler hale gelmiştir (Oliver ve di Brezzo, 2009). Uyumsuz vücut bölümlerinin, uyum sağlaması için boşa harcanan enerji veya gereksiz kuvvet üretimi yoktur. Dengede olan bir cisim teorik olarak kuvvetleri daha verimli üretmektedir. İş-enerji ilişkisi, belirli bir mesafeden kuvvet üretimini içerir. Omzunda veya kalçasında sınırlı hareket aralığına sahip bir beyzbolda top fırlatıcı, optimal omuz veya kalça hareket açıklığına sahip bir sporcuyla aynı işi ve kuvvet çıktısını üretmekte zorluk çekecektir (Kritz ve Cronin, 2008).

Atletik antrenman alanında denge egzersizlerini içeren nöromusküler antrenman programları genellikle performansı optimize etmek, yaralanmayı önlemek veya rehabilitasyon sağlamak amacıyla uygulanmaktadır. Propriyosepsiyon ve nöromusküler kontrolde meydana gelen değişikliklerinin bu etkiler için çoğunlukla sorumlu olduğu bilinmektedir (Zech ve ark., 2010).

Denge ve koordinasyon antrenmanı, akut lateral ayak bileği burkulması ve kronik ayak bileği instabilitesinin önlenmesi ve tedavisi için uygulanan antrenman programlarının ortak bileşenidir (McKeon ve Hertel, 2008). Geleneksel olarak, denge antrenmanı, ayak bileği yaralanmaları için rehabilitasyon programının bir parçası olarak kullanılmaktadır. Bir dizi araştırma, zayıf denge kabiliyetinin, farklı aktivitelerde artmış ayak bileği yaralanması riski ile önemli derecede ilişkili olduğunu bulmuştur. Bu ilişki erkeklerde kadınlardan daha yaygın olarak görülmektedir (Hrysomallis, 2007). Son yıllarda, bilimsel araştırmalar, postürel kontrolün son derece uyarlanabilir olduğunu doğrulamakta ve çocuklar, yetişkinler, yaşlılar ve hastalar ile elit sporcularda denge antrenmanı ile iyileştirilebileceğini göstermektedir. Postürel kontrol pek çok günlük aktivite ve çeşitli fiziksel egzersizler için sınırlayıcı bir faktör olduğundan, postürel kontrol antrenmanı, bu faaliyetlerdeki performansı doğrudan etkilemektedir (Taube ve ark., 2008)

Propriyoseptif denge antrenmanı sporla ilgili yaralanmaların ardından rehabilitasyonda kullanılmaktadır. Sporlarda yaralanmanın önlenmesinde önemli bir unsur olarak görülmektedir (Cumps ve ark., 2007) Tek bacağın üzerinde koşma, sıçrama veya dönme gibi hareketlerin temeli, eklem stabilitesi için gerçekleştirilen eklem pozisyonu ve kas kontrolüne dayanmaktadır. Dengesiz bir zemin kullanılarak gerçekleştirilen statik denge antrenmanının propriyoseptif duyuyu geliştirdiğine dair kanıtlar vardır. Ancak, bu çalışmaların çoğunda, dinamik propriyoseptif denge antrenmanının, atletik durumlarda postürel kontrolü artırma ve yaralanmaları önleme etkisi incelenmemiştir (Emery, 2005). Özellikle, ekstremite yaralanmalarını önlemek için tendon, kas ve ligament gibi anatomik elemanların mekanoreseptörlerinin faaliyete geçirilmesi gerekmektedir. Denge egzersizlerinin, bu aktivasyonun doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesine yardım ettiği düşünülmektedir (Malliou ve ark., 2004).

Tek başına gerçekleştirilen denge antrenmanının, futbol, voleybol ve rekreatif amaçlı sporcularda ayak bileği ligament yaralanmalarının nüksetmesini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Kadın futbolcuların diz yaralanmaları ile önemli ölçüde ilişkili olduğu bulunmuştur (Hrysomallis, 2007). Ancak literatürde tam tersi sonuçlarda bulunmuştur.

Yapılan çalışmada, kadın futbolcularda denge antrenmanının ön çapraz bağ sakatlığını engellemediğini belirtilmiştir. Dahası, araştırmada müdahale grubunun kontrol grubuna göre çalışma boyunca daha fazla sakatlık görüldüğü belirtilmiştir (Söderman ve ark., 2000).

Son çalışmalar, denge egzersizlerinin de kuvvet ve sıçrama yeteneklerini geliştirdiğini göstermektedir. Denge antrenmanı, kuvvet gelişiminin maksimum oranını etkin biçimde etkilemektedir. Fonksiyonel açıdan oldukça önemlidir ki, denge antrenmanının dikey sıçrama performansını artırma özelliği gözlenmiştir (Malliou ve ark., 2004).

Yeni Zelanda'da basit programların işe yarayabileceğine ilişkin topluluk temelli araştırmalara göre, evde uygulanan temel denge egzersiz programları dengeyi geliştirmekte, düşmeleri azaltmakta ve performansı arttırmaktadır (Judge, 2003). Pek çok bilim adamı, denge egzersizlerinin zorunlu olduğunu ve günlük antrenman rutininin bir parçası olarak yerleştirilmesi gerekliliğini desteklemektedir (Malliou ve ark., 2004). Bunların, uzun süreli işlevsel kısıtlamaları önlemek için yaralanma veya hastalıktan sonra istenen uyarlamalar olduğu göz önüne alındığında, denge antrenmanı rehabilitasyonda ve önleyici amaçlar için faydalı olmaktadır. Bununla birlikte, sprint, sıçrama veya kuvvet performansında en iyi performansı elde etmek için diğer antrenman programları (kuvvet veya pliometrik antrenman) daha etkilidir (Zech ve ark., 2010).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Denge fonksiyonu, pek çok karmaşık sistem arasındaki etkileşimden etkilenmektedir. Vestibüler, görsel sistem ve somatosensöryel reseptörler denge yetisinin optimizasyonunu oluşturmaktadır. Dengeyi değerlendirirken, iki alt başlığı da detaylı incelemek gerekir. Statik denge, özellikle ilerleyen yaş ile birlikte çok daha önem kazanmaktadır. Yetide meydana gelen bozulmaların ölçülmesi ve değerlendirilmesi kişilerin yaşam kalitesi için kritik önemdedir. Yaşlılık ile birlikte meydana gelen, yürüme sırasında denge kaybı, tek başına oturamama ve ayağa kalkamama gibi durumlar, yaşam kalitesinde düşüşe neden olmaktadır. Dinamik denge, genç yetişkinlerde sportif performans için belirleyicidir. Denge antrenmanları, genellikle yaralanma önleme ve rehabilitasyon amacıyla kullanılmaktadır. Denge yetisinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için pek çok yöntem vardır. Statik denge testlerinden tek ayak denge testi pratik olması açısından sahada tercih edilebilecek testlerdendir. Dinamik denge testlerinden Y testinin maliyetinin düşük olması ve uygulama kolaylığı açısından sahada tercih edilebilecek testlerdendir. Denge sistemlerinin detaylı

propriyoseptif ölçüm imkanı tanınmasına rağmen ulaşmanın zor olması ve sahada pratik kullanım imkanı sunmaması olumsuz yönleridir.

KAYNAKLAR

- Abrahamova, D., Hlavacka, F. (2008) Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiological Research*, 57 (6), 957. (n.d.).
- Balaban, Ö., Nacı, B., Erdem, H., Karagöz, A. (2009) Denge fonksiyonunun değerlendirilmesi. *J Phys Med Rehabil Sci*, 12 (3), 133-139. (n.d.).
- Baloh, R.W., Kerber, K. (2010). *Baloh and Honrubia's clinical neurophysiology of the vestibular system* (c. 77) Oxford university press. (n.d.).
- Blackburn, T., Guskiewicz, K. M., Petschauer, M. A., & Prentice, W. E. (2000). Balance and Joint Stability: The Relative Contributions of Proprioception and Muscular Strength. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9(4), 315–328.
- Blecher, R., Heinemann-Yerushalmi, L., Assaraf, E., Konstantin, N., Chapman, J. R., Cope, T. C., Bewick, G. S., Banks, R. W., & Zelzer, E. (2018). New functions for the proprioceptive system in skeletal biology. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 373, Issue 1759). Royal Society Publishing.
- Bouisset, S., & Do, M.-C. (2008). Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6), 345–362.
- Bressel, E., Yonker, J. C., Kras, J., & Heath, E. M. (n.d.). Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training*, 42(1), 42–46.
- Cachupe, W. J. C., Shifflett, B., Kahanov, L., & Wughalter, E. H. (2001). Reliability of Biodex Balance System Measures. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 5(2), 97–108.
- Cherng, R. J., Chen, J. J., & Su, F. C. (2001). Vestibular System in Performance of Standing Balance of Children and Young Adults under Altered Sensory Conditions. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3_suppl), 1167–1179.
- Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., Caulfield, B. M., & Sci, M. (2012). A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366–371.

- Cumps, E., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2007). Efficacy of a sports specific balance training programme on the incidence of ankle sprains in basketball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 212–219.
- Emery, C. A. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *Canadian Medical Association Journal*, 172(6), 749–754.
- Ergen, E., Ülkar, B., & Eraslan, A. (2007). *Derleme: Propriyosepsiyon Ve Koordinasyon* (Vol. 42).
- Fullam, K., Caulfield, B., Coughlan, G. F., & Delahunt, E. (2014). Kinematic analysis of selected reach directions of the star excursion balance test compared with the Y-balance test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(1), 27–35.
- Gauchard, G. C., Jeandel, C., Tessier, A., & Perrin, P. P. (1999). Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects. *Neuroscience Letters*, 273(2), 81–84.
- Goble, D. J., Coxon, J. P., Wenderoth, N., van Impe, A., & Swinnen, S. P. (2009). Proprioceptive sensibility in the elderly: Degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 33, Issue 3, pp. 271–278).
- Goble, D. J., Noble, B. C., & Brown, S. H. (2010). Where was my arm again? Memory-based matching of proprioceptive targets is enhanced by increased target presentation time. *Neuroscience Letters*, 481(1), 54–58.
- Goldberg, J.M., Fernández, C. (2011). *The vestibular system* Wiley Online Library. (n.d.).
- Grace Gaerlan, M., Alpert, P. T., Cross, C., Louis, M., & Kowalski, S. (2012). Postural balance in young adults: The role of visual, vestibular and somatosensory systems. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 24(6), 375–381.
- Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89–100.
- Gürkan, A. C., Demirel, H., Demir, M., Atmaca, E. Ş., Bozöyük, G., & Dane, S. (2016). Effects of Long-Term Training Program on Static and Dynamic Balance in Young Subjects. *Clinical & Investigative Medicine*, 39(6), 31.

- Hazar, F., & Taşmektepligil, Y. (2008). Puberte Öncesi Dönemde Denge Ve Esnekliğin Çeviklik Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi Ve Spor Yüksekokulu Spormetre Beden Eğitimi Ve Spor Bilimleri Dergisi, 009–012.
- Hrysomallis, C. (2007). Relationship Between Balance Ability, Training and Sports Injury Risk. *Sports Medicine*, 37(6), 547–556.
- Hytönen, M., Pyykkö, I., Aalto, H., & Starck, J. (1993). Postural Control and Age. *Acta Oto-Laryngologica*, 113(2), 119–122.
- Judge, J. (2003). Balance training to maintain mobility and prevent disability. *American Journal of Preventive Medicine*, 25(3), 150–156.
- Karimi, N., Kahrizi, S., & Torkaman, G. (2008). Evaluation of postural balance using the Biodex balance system in subjects with and without low back pain Blood Coagulation and Exercise Training View project Cartilage Biomechanics in OA and Following Rehabilitation View project. In Article in Pakistan Journal of Medical Sciences Online.
- Kim, J. C., Chon, J., Kim, H. S., Lee, J. H., Yoo, S. D., Kim, D. H., Lee, S. A., Han, Y. J., Lee, H. S., Lee, B. Y., Soh, Y. S., & Won, C. W. (2017). The association between fall history and physical performance tests in the community-dwelling elderly: A cross-sectional analysis. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 41(2), 239–247.
- Kritz, M. F., & Cronin, J. (n.d.). Static Posture Assessment Screen of Athletes: Benefits and Considerations. <https://journals.lww.com/nsca-scj>
- Lewis, S., Higham, L., & Cherry, D. B. (1985). Development of an Exercise Program to Improve the Static and Dynamic Balance of Profoundly Hearing-Impaired Children. *American Annals of the Deaf*, 130(4), 278–284.
- Malliou, P., Gioftsidou, A., Pafis, G., Beneka, A., & Godolias, G. (2004). Proprioceptive training (balance exercises) reduces lower extremity injuries in young soccer players. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 17(3–4), 101–104.
- McKeon, P. O., & Hertel, J. (2008). Systematic Review of Postural Control and Lateral Ankle Instability, Part I: Can Deficits Be Detected With Instrumented Testing? *Journal of Athletic Training*, 43(3), 293–304.
- Newton, R. (1989). Review of tests of standing balance abilities. *Brain Injury*, 3(4), 335–343.
- Oliver, G. D., & di Brezzo, R. O. (n.d.). Functional Balance Training In Collegiate Women Athletes.

- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14(4), 402–406.
- Redfern, M. S., Yardley, L., & Bronstein, A. M. (2001). Visual influences on balance. *Journal of Anxiety Disorders*, 15(1–2), 81–94.
- Ruwer, S. L., Rossi, A. G., & Simon, L. F. (n.d.). Balance in the elderly Summary. In *Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology* (Vol. 71, Issue 3).
- Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A., & Childs, J. D. (2013). Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Military Medicine*, 178(11), 1264–1270.
- Söderman, K., Werner, S., Pietilä, T., Engström, B., & Alfredson, H. (2000). Balance board training: Prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(6), 356–363.
- Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(06), 477.
- Sucan, S., Yılmaz, A., Can, Y. & Süer, C. (2005). Aktif Futbol Oyuncularının Çeşitli Denge Parametrelerinin Değerlendirilmesi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14 (1) , 36-43.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193(2), 101–116.
- Tinetti, E. (1986). Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. In *JAGS* (Vol. 34).
- Valovich McLeod, T. C., & Hale, T. D. (2015). Vestibular and balance issues following sport-related concussion. *Brain Injury*, 29(2), 175–184.
- Wilson, B. R., Robertson, K. E., Burnham, J. M., Yonz, M. C., Ireland, M. L., & Noehren, B. (2018). The relationship between hip strength and the Y balance test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(5), 445–450.
- Yim-Chiplis, P. K., & Talbot, L. A. (2000). Defining and Measuring Balance in Adults. *Biological Research For Nursing*, 1(4), 321–331.
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392–403.