

Yaşlı Bireylerde Denge Bozukluklarıyla İlgili Mobil Sağlık Uygulamaları

Mobile Health Applications Related to Balance Disorders in Elderly Individuals

Muhammed Üsâme TAŞ¹

ÖZ

Küresel yaşlanma demografik yapıda önemli bir değişim meydana getirmekte olup, yaşlı bireylerde sağlık hizmetlerine yönelik gereksinimlerin artmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, yaşlı bireylerde yaygın olarak görülen denge bozuklukları, düşme riskini artırarak yaşam kalitesinde ciddi düşüşlere yol açmaktadır. Dengeyi etkileyen başlıca faktörler arasında görsel, vestibüler ve proprioseptif sistemlerdeki yaşa bağlı değişiklikler, kas-iskelet sistemi zayıflıkları, nörodegeneratif hastalıklar, bilişsel gerileme, genetik yatkınlıklar ve inflamatuvar süreçler yer almaktadır. Bu fizyolojik ve nörolojik değişiklikler, postüral stabilitenin azalmasına ve düşme riskinin artmasına neden olmaktadır. Denge bozukluklarının değerlendirilmesinde geleneksel yöntemlerin yanı sıra teknolojik tabanlı objektif yöntemler de kullanılmaktadır. Mobil sağlık teknolojileri, bu süreçte yenilikçi ve erişilebilir çözümler sunarak denge değerlendirmesi ve eğitimi açısından umut verici bir araç haline gelmiştir. Akıllı telefonlar ve tabletlerde yer alan ivmeölçer ve jiroskop gibi sensörler, denge değerlendirmesinde kullanılabilecek hassas veriler sağlamaktadır. Bu çalışmada dengeyi destekleyen çeşitli mobil sağlık uygulamalarına yer verilmiş ve bu uygulamaların genel özellikleri, hedef kullanıcı kitlesi ve erişim yolları ifade edilmiştir. Mobil sağlık uygulamalarının yaşlı bireylerde kullanım potansiyeli yüksek olsa da bu teknolojilerin benimsenmesi bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklar arasında düşük dijital okuryazarlık, veri güvenliği endişeleri, maliyet, kullanım zorluğu ve öz-yeterlilik algısı öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, yaşlı bireylerde denge bozukluklarının erken tespiti ve müdahalesinde mobil sağlık uygulamaları etkili ve sürdürülebilir çözümler sunabilir. Bu uygulamaların yaşlı bireylerin yaşam kalitesini artırma, bağımsızlığını koruma ve düşme riskini azaltma açısından önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir. Ancak uygulamaların bilimsel geçerliliği ve kullanıcı dostu tasarımı açısından daha fazla çalışma ve standardizasyona ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Denge Bozukluğu, Mobil Sağlık, Mobil Uygulamalar, Yaşlanma, Yaşlı Bireyler.

ABSTRACT

Global aging brings about a significant change in the demographic structure and leads to an increase in the needs for health services in elderly individuals. In this context, balance disorders, which are common in elderly individuals, increase the risk of falling, leading to serious decreases in quality of life. The main factors affecting balance include age-related changes in the visual, vestibular and proprioceptive systems, musculoskeletal weaknesses, neurodegenerative diseases, cognitive decline, genetic predispositions and inflammatory processes. These physiological and neurological changes lead to a decrease in postural stability and an increased risk of falling. In addition to traditional methods, technologically-based objective methods are also used in the evaluation of balance disorders. Mobile health technologies have become a promising tool for balance assessment and education by providing innovative and accessible solutions in this process. Sensors such as accelerometers and gyroscopes in smartphones and tablets provide precise data that can be used to assess balance. In this study, various mobile health applications that support balance are also included and the general features of these applications, target user group and access ways are expressed. While mobile health apps have a high potential for use in older individuals, the adoption of these technologies faces some challenges. These challenges include low digital literacy, data security concerns, cost, difficulty of use, and perception of self-efficacy. As a result, mobile health applications can offer effective and sustainable solutions in the early detection and intervention of balance disorders in elderly individuals. It is thought that these practices can make significant contributions in terms of improving the quality of life of elderly individuals, maintaining their independence and reducing the risk of falling. However, more studies and standardization are needed in terms of the scientific validity and user-friendly design of the applications.

Keywords: Balance Disorder, Mobile Apps, Mobile Health, Aging, Elderly Individuals.

Önemli Noktalar

*Denge bozukluğu, yaşlı yetişkinler arasında görülen yaygın bir durumdur.

*Yaşlılarda düşme durumu ciddi ortopedik travmalara neden olabilir.

*Mobil sağlık uygulamalarının kullanımı yaşlı bireylerin yaşam sürelerinde önemli bir yere sahiptir.

¹Öğr. Gör. Dr. , Muhammed Üsâme TAŞ, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Dursun Keleş Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Fizyoterapi Programı, fzt. muhammedusame. tas@gmail. com, ORCID: 0000-0002-5662-6737

GİRİŞ

Demografik değişim dünya genelinde devam etmektedir. Küresel olarak 65 yaş ve üzeri olan yaşlı yetişkinlerin oranının, 2030 yılına kadar %60'tan fazla artması beklenmektedir. 2050 yılında 1,6 milyar insanın (toplam dünya nüfusunun yaklaşık olarak %16,7'si) 65 yaş ve üzeri olacağı tahmin edilmektedir. Küresel yaşlanan nüfus, sağlık bakım sistemleri ve sürdürülebilirlikleri bakımından çeşitli zorlukları ortaya çıkarmaktadır. Bunlar arasında gelecekte sağlık bakım profesyonellerinin eksikliği nedeniyle artan maliyetler ve yaşlı yetişkinlere yönelik potansiyel tıbbi ve sosyal yetersizlikler yer almaktadır (1). Ayrıca yaşlı yetişkinler fiziksel ve bilişsel işlevsel bozukluklar, sosyal ilişkilerdeki değişiklikler, sosyoekonomik durum ve yalnızlık gibi zorluklarla da karşı karşıya kalabilmektedirler. Yaşa bağlı olan bu değişikliklerin genellikle genel sağlık, bağımsızlığın korunması ve sosyal olarak katılım yeteneği üzerinde geniş kapsamlı etkileri vardır. Bazı yaşlı bireyler; aktif ve bağımsız bir yaşam tarzı ile fiziksel ve zihinsel performansı devam ettirmek, bu durumlarla ilgili bozuklukları önlemek ve uygun bir sosyal destek sistemini sürdürmek için yardıma ihtiyaç duyabilirler (2).

Denge, yaşlı yetişkinlerde düşme riskini belirlemek için sıklıkla değerlendirilebilen bir faktördür. Denge bozukluğu, yaşlı yetişkinler arasında yaygındır ve ciddi yaralanmalara ve yaşam kalitesinde düşüşe yol açabilen düşme riskinin artmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle risk altında olan bireyleri belirlemek, düşmeleri önlemek, dengeyi artırmak ve etkili müdahaleler uygulamak amacıyla dengenin doğru bir şekilde değerlendirilmesi önem arz etmektedir (3). Yaşlanan yetişkinlerde denge bozukluğunu değerlendirmek için nitel ve nicel ölçümler kullanılmaktadır. Berg Denge Skalası gibi nitel ölçümler, çeşitli durumlarda dengenin subjektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Dengenin nicel ölçümleri arasında ise kuvvet platformları, hareket yakalama sistemleri, ivmeölçer ve postürografi gibi geleneksel laboratuvar tabanlı denge değerlendirme yöntemleri bulunur. Ancak bu yöntemler uzmanlık isteyen, zaman alıcı, pahalı ve özel ekipmanlar gerektirir. Bu nedenle klinik uzmanlık

ve/veya ekipmana duyulan ihtiyaç, yaşlılar için objektif düşme riski değerlendirmesinin kullanılabilirliğini önemli ölçüde sınırlar (4).

Akıllı telefonlar ve tabletler gibi mobil teknolojiler, dengenin değerlendirilmesinde potansiyel bir çözüm sunmaktadır. 2014 yılında 65 yaş üstü bireylerin %21'i akıllı telefona sahipken, bu sayı 2015 yılında %27'ye yükseldi ve artmaya da devam etmektedir. Akıllı telefonlar ve tabletler, içlerinde ivmeölçer ve jiroskop gibi sensörlere sahiptir. Bu non-invaziv sensörler, üç eksen (sagittal eksen de addüksiyon, addüksiyon ve lateral fleksiyon hareketleri; transvers eksen de fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile vertikal eksen de ise internal ve eksternal rotasyon hareketleri) boyunca statik ve dinamik hareketi ölçme potansiyeline sahiptir. Literatüre bakıldığında dengeyi değerlendirmek için ivmeölçerler ve jiroskoplar başarıyla kullanılmıştır (5).

Denge ve düşme riskini ölçen mobil sağlık uygulamaları, yaşlanan bireyler için önemli bir ihtiyacı karşılayabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, mobil sağlık uygulamalarının yaşlı bireylerdeki denge bozukluklarında kullanılmasını değerlendirmektir. Bu amaçla yaşlı bireylerde dengeyi değerlendirmek amacıyla kullanılan mobil sağlık uygulamaları araştırılmış, yaşa bağlı denge bozukluğunun nedenleri belirtilmiş ve bazı örnek mobil sağlık uygulamalarına yer verilmiştir.

Yaşlanma ve Denge Bozuklukları

Yaşlanma ve yaşlanmanın neden olduğu hastalıklar dünya çapında en büyük sosyal ve tıbbi sorunlar arasındadır. İnme, travmatik beyin hasarı, Parkinson hastalığı gibi yaşlanma ve yaşlanmayla ilişkili hastalıklar; motor, duyu ve bilişsel işlevleri etkileyen çeşitli fizyolojik değişikliklerle yakından ilişkilidir (6). Denge bozukluğunun yaşlı yetişkinlerde yaşlanmanın ana semptomu olduğuna dair gidecek artan kanıtlar bulunmaktadır. Yaşlı popülasyonda denge bozukluklarının yaygınlığı nispeten yüksektir ve yaşla birlikte artmaktadır. 65 yaş ve üzeri yetişkinlerin yaklaşık %30'u hayatlarının bir noktasında denge sorunları yaşamaktadır (7). Ek olarak, 75 yaş üstü kişilerde denge bozukluğu oranları daha

yüksektir. Yaşlı popülasyonda en sık görülen denge bozuklukları arasında yaşa bağlı denge ve duruş stabilitesinin azalması, benign paroksizmal pozisyonel vertigo, vestibüler nörit ve meniere hastalığı yer almaktadır. Bu durumlar yaşlı yetişkinlerin günlük aktivitelerini yerine getirme yeteneğini ciddi şekilde etkileyebilmekte, düşme riskini artırabilmekte ve motor bağımsızlığın kaybına yol açabilmektedir (8). Bu nedenle, denge bozukluklarının mekanizmalarını anlamak ve erken müdahale etmek hayati önem taşımaktadır (9).

Yaşlı yetişkinlerde denge bozuklukları; görme, vestibüler ve somatosensoryel gibi duyu sistemlerindeki yaşa bağlı değişiklikler, kas-iskelet sistemi kaybı, eklem hareketliliğinde ve kemik yoğunluğunda değişiklikler, bilişsel faktörler ve altta yatan tıbbi durumlar dâhil olmak üzere birden fazla faktörden etkilenebilir. Yaşlanma ve denge arasındaki ilişkilerin incelenmesi biyoloji, tıp, fizyoloji, psikoloji ve biyomekaniği içeren çok disiplinli bir alandır (10).

- Yaşlanma ve Denge Bozuklukları Araştırmalarındaki Gelişmeler

Yaşlı yetişkinlerde denge sorunlarının önemi yüzyıllardır bilinmektedir ancak ilk açıklamalar genellikle bu semptomları yaşa bağlı gerileme veya güçsüzlüğe bağlamıştır. 20. yüzyılın ortaları ve sonlarında yapılan epidemiyolojik çalışmalar, yaşlılarda denge bozukluklarının yaygınlığını ve risk faktörlerini incelemeye başlamıştır (11). Bilim insanları, denge ve mekansal yönelim için kritik olan vestibüler sistemdeki yaşa bağlı değişiklikleri araştırmışlardır. Çalışmalar, Vestibülo-Oküler Refleks kazanımı gibi belirli vestibüler işlevlerin yaşla birlikte azalabileceğini ve yaşlı yetişkinlerde denge sorunlarına yol açabileceğini bulmuştur (10,12). Denge bozukluğu düşme riskinde önemli bir rol oynar ve düşmeler yaşlı nüfusta önemli bir sorundur. Yaşlı yetişkinlerde düşmelerin önlenmesi, denge eğitiminin ve rehabilitasyon müdahalelerinin önemi konusunda farkındalığın artmasına yol açmıştır. Fizyoterapistler ve geriatristler yaşlı yetişkinlerdeki denge bozukluklarını ele almak için özel rehabilitasyon programları geliştirmektedir. Örneğin; vestibüler rehabilitas-

yon, özellikle yaşlı yetişkinlerin benzersiz ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmıştır (13). Görüntüleme teknolojileri ve giyilebilir sensörler dâhil olmak üzere tanı koyma yöntemlerindeki ilerlemeler, yaşlanan popülasyonda denge fonksiyonunun daha ayrıntılı değerlendirilmelerine olanak tanır (14).

Dünya nüfusunun hızla yaşlandığı ve 2050 yılına kadar küresel olarak 60 yaş ve üzeri 2,1 milyar insanın olacağı tahmin edildiğinde, dengedeki yaşa bağlı değişimleri anlamak, yaşlı yetişkinlerin sağlık ve refahını ele almak için kritik öneme sahiptir. Yaşla ilgili denge değişimlerinin incelenmesi; yaşlanan nüfusun getirdiği zorlukların aşılması, düşmelerin önlenmesi, sağlık hizmeti yükünün azaltılması ve sağlıklı yaşlanma ile işlevsel bağımsızlığın desteklenmesi açısından kritik öneme sahiptir (15).

Duyusal Sistemlerde Yaşlanmaya Bağlı Olan Değişiklikler

- Görsel Değişikliklerin Denge Üzerindeki Etkileri

Görsel sistem dengeyi korumada hayati bir rol oynar. Vücudun çevreye göre pozisyonu ve hareketi hakkında önemli ipuçları sağlar. Görsel girdi bozulduğunda denge sorunlarına yol açabilir ve özellikle yaşlı yetişkinlerde düşme riskini artırabilir. Dengeyi etkileyen görsel değişiklikler; derinlik algısının azalması, görüş alanının değişmesi, görmenin azalması, ışığa duyarlılığın azalması ve görsel izlemenin bozulması nedeniyle olabilir (16). Yaşlılar için nesneler ile kendileri arasındaki mesafeyi doğru bir şekilde değerlendirmek zordur. Adımlar veya engebeli yüzeyler, düşme riskini artırabilir. Ayrıca görme keskinliği, yaşla birlikte kademeli olarak azalan görüş netliğini ifade eder. Zayıf görme; engelleri tanımayı veya tehlikeleri fark etmeyi zorlaştırabilir ve bu durumda denge sorunlarına yol açabilir (17).

Bunun yanı sıra bazı yaşlı yetişkinler ise yaşlandıkça parlak ışığa veya parlamaya karşı artan bir hassasiyet yaşarlar. Bu hassasiyet, belirli ortamlarda net görme yeteneğini ve dolayısıyla da denge ve stabilizeyi etkileyebilir. Görmedeki değişiklikler veya belirli nörolojik

bozukluklar nedeniyle bozulmuş görsel izleme, özellikle baş veya göz hareketini içeren aktiviteler sırasında bir kişinin dengesini etkileyebilir (18).

- Vestibüler Sistemin Denge Üzerindeki Etkileri

Vestibüler sistem, baş hareketleri sırasında bakışı sabitlemek için görsel sistemle yakın bir şekilde çalışır. Baş hareketi sırasında gözleri hedefe odaklamaya yardımcı olarak net görmeyi ve görüşü korumayı sağlar. Vestibüler sistem, vücudun uzaydaki konumu ve hareketi hakkında beyne sürekli geri bildirim sağlar. Ayrıca dik duruş, yürüme, koşma ve hatta dans, spor gibi daha karmaşık hareketlerde hayati bir rol oynar (19). Yaşla birlikte vestibüler sistemde hücrelerin sayısında azalma, daha yavaş reaksiyon süreleri, otolit fonksiyonunun azalması ve bakış stabilitesinin bozulması gibi belirli değişiklikler meydana gelir. Vestibüler sistemdeki bu yaşa bağlı değişiklikler, yaşlı bireylerde denge sorunlarını artırabilir (20).

- Propriosepsiyonun Denge Üzerindeki Etkileri

Propriosepsiyon; bireyin uzaydaki konumlarını, hareketlerini ve yönelimlerini algılayabilme anlamına gelmektedir. Bu durum, beyne vücudun iç durumu hakkında sürekli geri bildirim sağlayan kaslarda, tendonlarda ve eklemlerde bulunan proprioseptif reseptörler aracılığıyla gerçekleşir. Propriosepsiyon ayrıca beynin vücut farkındalığını korumasına ve görsel girdi olmadan hareketi kontrol etmesine yardımcı olur. Proprioseptif yetenekler yaşla birlikte azalır ve bu da denge üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Örneğin; kaslardaki, tendonlardaki ve eklemlerdeki proprioseptif reseptörlerin sayısı ve hassasiyeti yaşla birlikte azalır. Böylece eklem açılarının ve kas uzunluklarının daha az doğru bir şekilde algılanmasına yol açabilir ve beynin, hareketleri hassas bir şekilde koordine etme yeteneğini etkileyebilir (21).

Ek olarak yaşlanma, proprioseptif bilgileri işleyen ve bütünleştiren merkezi sinir sisteminde değişikliklere neden olur. Bu sinirsel değişiklikler duysal sinyallerin iletimini ya-

vaşlatır ve dengeyi korumak için gereken motor tepkilerinin hızını ve doğruluğunu etkiler. Yaşa bağlı kas kütlesi ve güç kaybı, eklem stabilitesinin ve kontrolünün azalmasına da yol açabilir. Daha zayıf kaslar, ağırlık taşıma aktiviteleri sırasında yeterli desteği sağlamada zorluk çekebilir ve bu da denge sorunlarına yol açabilir (22). Denge; görsel, vestibüler ve proprioseptif sistemlerden gelen girdilerin bütünleştirilmesini içeren karmaşık bir süreçtir. Proprioseptif girdi bozulduğunda, yaşlı yetişkinler denge için görsel ve vestibüler sistemlerine daha fazla güvenebilirler. Azalmış propriosepsiyon, düşme riskini artırarak yürüyüşte zorluğa, bozulmuş eklem stabilitesine ve daha yavaş tepki sürelerine yol açabilir (21).

Serebellumun Denge Üzerindeki Etkileri

Serebellum, motor kontrol ve koordinasyonda önemli bir rol oynar. Genellikle istemli hareketlerin koordinasyonu ile ilişkilendirilse de denge ve duruş üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Serebellum, çeşitli duysal sistemlerden girdi ve kas ile eklemlerden proprioseptif bilgiler alır. Bu bilgileri vücudun pozisyonunun ve uzaydaki hareketin kapsamlı bir temsilini oluşturmak için entegre eder. Herhangi bir uyumsuzluk varsa serebellum kas aktivitesini ayarlamak için düzeltici sinyaller göndererek dengenin korunmasına katkıda bulunur (23).

Serebellumdaki problemler, denge ve koordinasyon bozukluklarına yol açabilir. Baş travması serebelluma doğrudan zarar vererek denge, koordinasyon ve ince motor hareketlerde sorunlara yol açabilir. Çoklu sistem atrofisi, spinoserebellar ataksi ve Friedreich ataksi gibi bazı nörodejeneratif hastalıklar, serebellumun ilerleyici işlev bozukluğuna ve dejenerasyonuna neden olur. Bu durum da hareket anormalliklerine ve diğer nörolojik eksikliklere yol açar (24).

Denge ile ilgili klinik değerlendirmeler genellikle bir kişinin ayakta durma, yürüme ve koordineli hareketler yapma yeteneğini gözlemlemeyi içerir. Serebellumu etkileyen nörolojik rahatsızlıkları olan kişilerde, serebellumun işlevini iyileştirmek ve denge sorunlarını ele almak için denge egzersizleri önerilir. Spinoserebellar ataksi gibi serebellumu etkileyen

nörodejeneratif hastalıklar ise yürüyüş ataksisine ve denge sorunlarına neden olur. Bireyler geniş tabanlı, dengesiz bir yürüyüş sergileyebilir ve ayakta dururken, yürürken dengeyi korumakta zorluk çekebilirler (25).

Nörotransmitterlerin ve Dengeyle İlgili Beyin Bölümlerinin Denge Üzerindeki Etkileri

Nörotransmitterler, vestibüler sistemin normal işlevini sürdürmede hayati bir rol oynar ve yaşlı popülasyonda denge kontrolüyle yakından ilişkilidir. Vestibüler sistem, denge ile ilgili mesajları iletmek için sinir hücreleri arasındaki iletişime ve nörotransmitter salınımına ihtiyaç duyar. Glutamat, Gamma-Aminobütirik Asit (GABA), asetilkolin, serotonin ve dopamin dâhil olmak üzere birkaç önemli nörotransmitter, vestibüler sisteme ve denge kontrolüne katılır. Bu nörotransmitterlerin seviyeleri veya işlevleri yaşla birlikte değişir ve yaşlı popülasyonda denge bozukluklarına yol açabilir. Vestibüler sistemin işlevinde yaşa bağlı azalma, nörotransmitter sistemdeki veya sinir hücreleri arasında bulunan iletişimdeki değişiklikler, yaşlı yetişkinlerde denge sorunlarının artmasına neden olabilir (26).

Vestibüler çekirdek, denge kontrolünde önemli bir rol oynar ve işlevi özellikle yaşlılarda denge bozuklukları bağlamında önemli hale gelir. Vestibüler çekirdekler, vestibüler organlardan gelen duyuşal bilgileri diğer duyuşal sistemlerden gelen girdilerle entegre etmekten sorumludur. Yaşlı popülasyonda, vestibüler sistemde bazı değişiklikler meydana gelebilir ve vestibüler organdaki duyuşal hücreler gibi vestibüler çekirdekler dejenerasyona uğrayabilir veya harekete karşı daha az duyarlı hale gelebilir. Böylece vestibüler çekirdek nöronlarının dejenerasyonu, fonksiyonel nöron sayısında bir azalmaya yol açarak denge bozukluklarına neden olabilir (27).

Beyaz cevher yollarının bütünlüğü, yaşlanan popülasyonlarda denge ve motor fonksiyonunun korunmasında kritik bir rol oynar. Beyindeki beyaz cevher, nöral yolları oluşturan miyelinli sinir liflerinden meydana gelmiştir ve beynin farklı bölgelerinin iletişim kurmasına ve karmaşık motor aktiviteyi koordine etmesine izin verir. Bu yollar; serebellum, beyin sapı ve denge kontrolünde yer alan

çeşitli duyu-motor bölgeler arasında bilgi akışını için kritik öneme sahiptir (28). Beyaz cevher bütünlüğündeki yaşa bağlı değişiklikler, sinir sinyallerinin iletimini etkileyerek yaşlı yetişkinlerde dengenin bozulmasına neden olur. Beyaz cevher bütünlüğü, bireyler yaşlandıkça doğal olarak azalır. Azalmış miyelin yoğunluğu ve akson hasarı gibi beyaz cevher mikro yapısı, denge ve motor kontrolünde yer alan beyin bölgeleri arasındaki sinyallerin etkili bir şekilde iletilmesini bozabilir. Azalmış beyaz cevher bütünlüğü yaşlı yetişkinlerde anormal yürüyüş, düşme riskinin artması ve bozulmuş denge ile ilişkilidir (29).

Beynin damar sistemi, denge kontrolünde yer alan beyin bölgelerine oksijen ve besin sağlamada hayati bir rol oynar. Bu bölgelere kan akışının herhangi bir şekilde kesilmesi denge sorunlarına neden olabilir. Geçici iskemik atak, vertebrobaziler yetmezlik ve inme, belirli beyin bölgelerine giden kan akışının azalması nedeniyle ani ve ciddi denge bozukluklarına neden olur. İnsanlar yaşlandıkça, özellikle serebellum ve beyin sapında beyin kan akışının ve perfüzyonun azalması denge bozukluklarına yol açabilir. Beyaz cevher hiperintensiteleri, beynin Manyetik Rezonans taramalarında sinyal yoğunluğunun arttığı bölgelerdir ve bu hiperintensiteler denge bozukluğu ve yaşlı yetişkinlerde düşme riskinin artmasıyla ilişkilidir (30).

Nörodejenerasyonun Denge Üzerindeki Etkileri

Nörodejeneratif hastalıklar, beyin ve merkezi sinir sistemindeki sinir hücrelerinin ilerleyici dejenerasyonu ile karakterize bir grup bozukluktur. Nörodejeneratif hastalıklar, denge koordinasyonu ve düzenlenmesi için kritik olan beynin çeşitli bölgelerini etkileyerek denge bozukluğuna ve düşme riskinin artmasına neden olur. Parkinson hastalığı, Alzheimer hastalığı, çoklu sistem atrofisi, Huntington hastalığı, Multipl Skleroz, Amiyotrofik Lateral Skleroz, Kortikobazal dejenerasyon ve Lewy cisimcikli demans, denge kontrolünü etkileyen en yaygın nörodejeneratif bozukluklardır (31).

Bazı nörodejeneratif hastalıklar periferik nöropatiye neden olarak duyuşal eksikliklere, güçsüzlüğe ve propriosepsiyon kaybına yol

açabilir ve bunların hepsi denge ve stabiliteyi etkiler. Bazı nörodejeneratif hastalıklarda ise otonom sinir sistemi disfonksiyonu meydana gelir. Otonom disfonksiyon ortostatik hipotansiyona, baş dönmesine ve denge sorunlarına yol açar. Tüm bu nörodejeneratif hastalıklarda, belirli beyin bölgelerinin veya yollarının dejenerasyonu denge ve duruşu korumaktan sorumlu karmaşık sinir ağlarını bozar. Ortaya çıkan denge bozukluğu hareket kabiliyetini ciddi şekilde bozabilir, düşme riskini artırabilir ve genel yaşam kalitesini düşürebilir. Bu bağlamda yaşlı bireylerde nörodejeneratif hastalıklarda artma gözlemlenmiştir (32).

Bilişsel Gerilemenin Denge Üzerindeki Etkileri

Beyin, dengeyi korumak için görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlerden duyuşsal girdi alır ve işler. Bilişsel işlevler;duyuşsal bilgileri işleme, hareketleri koordine etme, yürüme ve yön değiştirme dâhil olmak üzere karmaşık motor görevleri planlamayı ve gerçekleştirmeyi içerdikleri için denge ve stabiliteyi korumada önemli bir rol oynar (33). Bilişsel gerileme ise denge bozukluklarıyla ilişkili olan hafıza, dikkat, problem çözme ve karar verme gibi bilişsel yeteneklerde kademeli bir bozulmayı içerir. Bilişsel gerileme, beyin duyuşsal sinyallerini doğru bir şekilde entegre etme ve yorumlama yeteneğini etkileyerek dengeyi ve mekansal yönelimi korumada zorluğa yol açar. Dengeyi korumak, özellikle zorlu durumlarda veya karmaşık ortamlarda gezinirken konsantrasyon gerektirir. Bilişsel gerileme, konsantrasyonun azalmasına ve dikkat dağınıcılığı şeylere karşı daha fazla duyarlılığa yol açarak dengeyi korumayı ve tehlikeden kaçınmayı zorlaştırabilir. Sonuç olarak da bilişsel gerilemeyle birlikte kısalmış adım uzunluğu, değişen zamanlama veya daha az verimli ağırlık transferi gibi yürümenin aşamalarında bozukluklar olabilir ve bunların hepsi dengeyi etkiler. Dengeyi etkileyen bu gibi durumlardan ötürü yaşlı bireylerde bilişsel gerilemeden kaynaklı olarak denge bozuklukları görülebilmektedir (34).

Kas-İskelet Sisteminde Yaşlanmaya Bağlı Olan Değişiklikler

- Kas Zayıflığının Denge Üzerindeki Etkileri

Kas zayıflığı, denge üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir çünkü kaslar çeşitli hareketler ve aktiviteler sırasında denge ve destek sağlamada hayati bir rol oynar. Dengeyi koruma yeteneği, duyuşsal ve kas sistemleri arasındaki etkileşime dayanır. Zayıf veya güçsüz kaslar denge sorunlarına neden olur ve düşme riskini artırır. Kaslar; ayakta durma, yürüme ve koşma aktiviteleri sırasında duruşu ve dengeyi korumaktan sorumludur. Zayıf kaslar, dik duruşu korumak için gerekli desteği sağlamayı zorlaştırır, bunun sonucunda da düşme riskini artıran eğik veya sallanan bir duruş ortaya çıkar (35).

Kas zayıflığı, ağırlığın bir bacadan diğerine etkili bir şekilde aktarılmasını engeller ve yürürken veya dönerken dengesizliğe neden olur. Güçlü kaslar, beklenmedik bozulmalara veya denge zorluklarına hızlı, koordineli yanıtlar vermek için gereklidir. Kaslar, eklemler için dengeleyici görevi görerek hareket sırasında eklemlerin doğru hizada kalmasına yardımcı olur. Kas zayıflığı eklemi yeterince dengeleyemez, bu durum eklem dengesizliğine neden olur ve özellikle yaşlı bireylerde kas zayıflığının artmasıyla birlikte düşme riskini de artırır (36).

- Eklem Hareketliliğinin Azalmasının Denge Üzerindeki Etkileri

Azalmış eklem hareketliliği, özellikle dengeyi korurken ve çeşitli fiziksel aktiviteler gerçekleştirirken stabilite üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Zamanla yaş, fiziksel hareketsizlik ve bazı sağlık koşulları eklem hareketliliğinin azalmasına yol açabilir (36). Eklem tam hareket aralığını sınırlayan azalmış eklem hareketliliği, dengeyi ve stabiliteyi etkiler. Azalmış eklem hareketliliği, yürüme sırasında stabiliteyi bozan ve takılma olasılığını artıran yürüyüş kalıplarında değişikliklere yol açabilir. Azalmış eklem hareketliliği, beklenmedik bir engelle karşılaştığında vücudun hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneğini engelleyerek düşmeye neden olur. Eklem hareketliliği, uygun duruş hizalamasını korumada

rol oynar. Bazı eklemlerdeki sertlik ve hareket kabiliyeti eksikliği, denge ve stabiliteyi etkileyen kötü duruşa yol açabilir. Özellikle yaşlı bireylerde eklem hareket açıklığının azalmasıyla birlikte bu görevleri yerine getirmede zorluk, genel stabiliteyi tehlikeye atabilir ve düşme riskini artırabilir (37).

- Kemik Yoğunluğundaki Değişikliklerin Denge Üzerindeki Etkileri

Yaşlı yetişkinlerde yaygın olan osteoporozda kemik kütlesi kaybı, denge sorunlarına önemli ölçüde yol açabilir ve düşme riskini artırabilir. Osteoporoz, zayıflamış kemiklerle karakterize bir hastalıktır. Osteoporozun denge üzerindeki etkisi, özellikle yaşlı yetişkinler için endişe vericidir çünkü düşmelerin yaralanmaya ve hareket kabiliyetinin azalmasına yol açan derin sonuçları vardır. Osteoporozda kemik yapısı ve yoğunluğundaki değişiklikler duruşu etkileyebilir. Omurga kırılabilir veya kifotik bir duruşa ve vücudun ağırlık merkezi ile dengeyi bozan duruş bozukluğuna neden olabilir (38).

Osteoporozda, zayıflamış kemikler yürüme veya merdiven çıkma gibi ağırlık taşıyan aktiviteler sırasında daha az destek sağlar, bu da dengesizliğe neden olur ve aktiviteler sırasında denge kontrolünü etkiler. Kalça veya diz gibi ağırlık taşıyan eklemlerde osteoporozla ilgili kırıklar şiddetli ağrıya, hareket kabiliyetinin bozulmasına ve iyileşme süresinin uzamasına neden olabilir. Bu faktörler düşme riskini artırır çünkü insanlar yaralanma korkusuyla hareket etmekten veya fiziksel aktiviteye katılmaktan çekinebilirler. Osteoporoz yürüyüş modellerini değiştirebilir, doğal yürüyüş modellerini bozan değişiklikler yapabilir ve denge kontrolünü etkileyebilir (39).

- Denge için Pelvik Bölgenin Temel Rolü

Pelvis; omurga için sabit bir temel sağlar, çeşitli kasların ve tendonların bağlanması için güçlü bir yapıdır ve ayakta durma, yürüme ve diğer aktiviteler sırasında dik bir duruş ve denge sağlamaya yardımcı olur. Pelvis; yürüme, koşma, eğilme ve oturma dâhil olmak üzere birçok hareket türü için kritik öneme sahiptir. Alt vücut ve gövde hareketi için bir pivot noktası görevi görerek verimli vücut hareketini kolaylaştırır. Pelvis, vücudun ağırlık

merkezini korumaya ve ağırlığı her iki alt ekstremitenin arasında eşit şekilde dağıtmaya büyük katkıda bulunur. Ayakta dururken ve hareket ederken denge ve stabiliteyi korumaya yardımcı olur. Bununla birlikte yaşlanmayla pelvik bölgenin fonksiyonunun azalabileceği ve bu durumun denge üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği ifade edilmiştir (40).

Genetik, İnflamasyon ve Otoimmünitenin Yaşlanmayla Beraber Denge Üzerindeki Etkileri

- Yaşlılarda Genetik Faktörler ve Dengenin Bozulması

Genetik faktörler yaşlı yetişkinlerde denge bozukluklarının gelişiminde rol oynayabilir. Yaşlanmanın kendisi denge sorunları için bir risk faktörü olsa da, belirli genetik varyasyonlar ve mutasyonlar dengeyle ilgili sorunlara olan duyarlılığı daha da artırır. Vestibüler sistemin gelişimi ve işleviyle ilgili genlerdeki varyasyonlar dengeyi ve stabiliteyi etkiler. Örneğin; vestibüler sistemin yapısını korumaktan sorumlu proteinleri kodlayan genlerdeki mutasyonlar bu durumu etkileyebilir. İç kulağın bütünlüğü veya vestibüler sinyalleri beyne iletme yeteneği, vestibüler disfonksiyona ve denge bozukluklarına yol açabilir. İç kulak bozukluklarıyla ilişkili gen mutasyonları, iç kulağın normal işlevini bozabilir ve denge sorunlarına neden olabilir (41).

Genetik faktörler, inme veya akut serebrovasküler hastalıktan sonra beyne veya iç kulağa giden kan akışı bozulduğunda ortaya çıkabilen kan damarıyla ilgili denge bozuklukları gibi damar sorunlarına karşı bireyin duyarlılığını etkiler. Genetik faktörler, bireyin kas-iskelet sistemini etkileyebilir ve bu durum genel vücut stabilitesini ve dengesini etkileyebilir. Genetik faktörler yaşlı yetişkinlerde denge bozukluğu riskini artırırken, genellikle diğer çevresel ve yaşam tarzı faktörleriyle etkileşime girer. Yaşlanma, çevre, tıbbi durumlar ve yaşam tarzı seçimleri, genetik özelliklerin ifadesini ve denge sorunlarının olasılığını etkileyebilir (42).

- Yaşlılarda İnflamatuar ile Otoimmün Hastalıklar ve Dengenin Bozulması

İnflamatuar ve otoimmün hastalıklar, yaşlı yetişkinlerde dengeyi bozar. İnflamasyon, vücudun yaralanmaya veya enfeksiyona karşı doğal tepkisidir ancak kronikleştiğinde veya düzensizleştğinde sinir sistemi de dâhil olmak üzere çeşitli dokulara zarar verir. Otoimmün hastalıklar ise bağışıklık sistemi yanlışlıkla kendi sağlıklı hücrelerine ve dokularına saldırdığında ortaya çıkar. Hem inflammatuar hem de otoimmün süreçler, denge ve motor kontrolünden sorumlu yapılar ile yollar dâhil olmak üzere merkezi sinir sistemini etkiler (43).

Vestibüler nörit, iç kulağı beyin sapına bağlayan vestibüler sinirin inflamasyonu ile karakterize bir hastalıktır. Bu inflamasyon, dengeyle ilgili sinyallerin iç kulaktan beyne iletilmesini bozarak vertigo gibi semptomlara yol açar. Otoimmün iç kulak hastalığı ise bağışıklık sisteminin bu yapılara saldırmasının sensörinöral işitme kaybına ve denge sorunlarına yol açabileceği bir otoimmün bozukluktur (8). Multipl Skleroz, merkezi sinir sistemini etkileyen bir otoimmün hastalıktır ve bazı durumlarda inflamasyon, demiyelinizasyon, denge bozuklukları ve baş dönmesine neden olarak vestibüler sistemi etkileyebilir. Romatoid Artrit, sistemik inflamasyona da yol açabilen kronik bir otoimmün hastalıktır. İç kulak veya sinir sisteminin inflamasyonu, romatoid artritli bazı kişilerde denge sorunlarına neden olabilir (31). Birlikte ele alındığında inflammatuar ve otoimmün tepkiler, denge ve motor kontrolünde yer alan yapılara doğrudan zarar verebilir, sinir yollarını bozabilir veya dengeyi dolaylı olarak etkileyen diğer sistemik etkilere yol açabilir (44). Yaşlanma ve denge bozukluğunun grafiksel özeti Şekil 1’de verilmiştir.

Yaşlı Bireylerde Postüral Stabilitenin Değerlendirilmesi

Yaşlı bireylerde duruşsal stabiliteyi değerlendirmek, denge durumlarını ve potansiyel denge bozukluklarını belirlemeye yardımcı olan çeşitli yöntem ve testleri içerir:

Berg Denge Skalası; denge yeteneğini ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir değerlendirme aracıdır. Ayakta durma, dönme ve

uzanma gibi statik ve dinamik dengeyi değerlendiren bir dizi 14 işlevsel görevden oluşur. Her görev, bireyin görevi tamamlama durumuna göre puanlanır ve 56 puan iyi bir dengeyi gösterir (45). *Zamanlı Kalk ve Yürü Testi;* kişinin bir sandalyeden kalkması, üç metre yürütmesi, dönmesi, sandalyeye geri yürütmesi ve oturması için geçen süreyi ölçer. Dinamik dengeyi, yürüyüşü ve işlevsel hareketliliği değerlendirir. Sürenin uzun olması, denge ve hareketlilik sorunlarını gösterir (45). *Fonksiyonel Uzanma Testi;* sabit bir destek tabanını korurken öne doğru uzanma durumunu değerlendirir. Dinamik dengeyi, koordinasyonu ve çevikliği test etmeye yardımcı olur (46). *Duyusal Organizasyon Testi;* görsel, somatosensoriyel ve vestibüler girdileri kullanarak dengeyi koruma yeteneğini değerlendirir. Bilgisayarlı dinamik postürografi sistemi kullanılarak gerçekleştirilir ve farklı duyu sistemlerinin duruşsal dengeye katkısı hakkında fikir sağlar. Bu ölçekler, denge kontrolünün psikolojik yönleri hakkında değerli bilgiler sağlar. Tıbbi geçmişin ve fiziksel muayenenin kapsamlı bir değerlendirmesi, denge sorunlarına neden olan tıbbi durumları veya ilaçları belirlemeye yardımcı olur (46). Denge bozukluklarını belirlemeye yardımcı olan testlerin grafiksel özeti Şekil 2’de verilmiştir.

Objektif Denge Değerlendirmesi için Kullanılan Teknikler

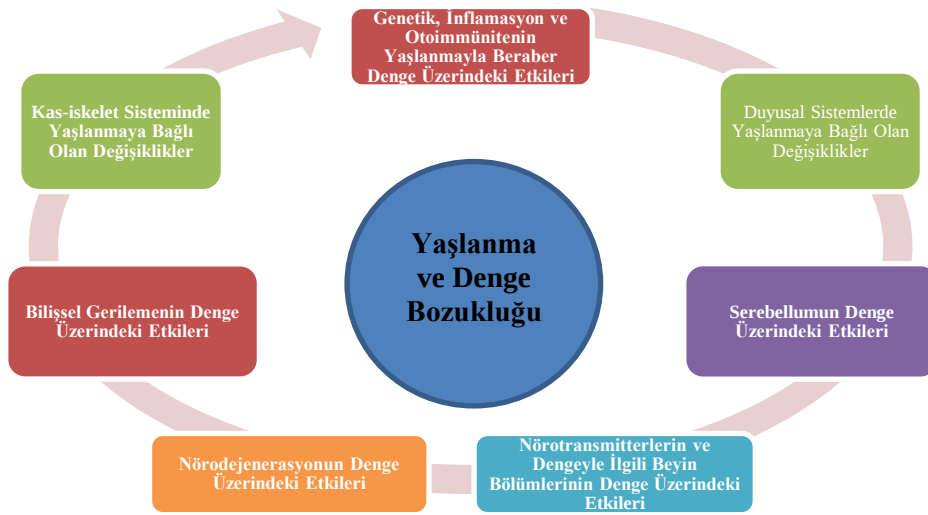
Son yıllarda objektif denge değerlendirmeleri, geleneksel değerlendirme yöntemlerine kıyasla birçok avantajı nedeniyle giderek daha popüler bir hale gelmiştir. Teknoloji tabanlı denge değerlendirme araçları; nesnel, nicel veriler sağlar, doğruluğu ve güvenilirliği artırır, gerçek zamanlı geri bildirim izin verir ve uzaktan izlemeyi kolaylaştırır. Objektif denge değerlendirmeleri için teknolojinin kullanımı hızla gelişmiştir ve daha yaygın olarak kullanılanlar şunlardır: *Kuvvet Plakaları ve Basınç Sensörleri, Eylemsizlik Ölçüm Birimleri, Giyilebilir Sensörler, Bilgisayarlı Dinamik Postürografi, Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik, Tele Sağlık ve Uzaktan İzleme, Video-Tabanlı Analiz ve Mobil Uygulamalar.* Teknolojinin denge değerlendirmelerine entegre edilmesi, daha kesin ve kapsamlı veri toplan-

masına, kişiselleştirilmiş müdahalelere ve zaman içerisinde ilerlemenin objektif olarak izlenmesine olanak tanır (47).

Mobil Sağlık ve Uygulamaları

Giderek yaşlanan nüfusla birlikte sağlık sistemi, artan sağlık hizmeti maliyetleri gibi çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorlukları yönetmek ve yaşlı bireyleri desteklemek için mobil uygulamalar, uygun maliyetli ve kolay erişilebilen bir yaklaşım sunabilmektedir. Teknolojik gelişmeler, web siteleri ve son zamanlarda mobil cihazlar gibi elektronik medya aracılığıyla rehabilitasyon ve sağlık bakım müdahalelerinin sunulması için bir fırsat olarak görülmüştür. Küresel olarak mobil

cihaz kullanımı (akıllı telefonlar, tabletler vs.) istikrarlı bir şekilde artış göstermektedir (48). Mobil cihazlar genellikle kişisel bilgisayarlar için yazılım programlarına benzeyen ancak daha kullanışlı ve taşınabilir olan mobil uygulamaları kullanır. Bu durum mobil cihazları, yaşlı yetişkinler için oldukça uygun ve giderek daha da popüler bir alternatif haline getirmektedir. Gerçekten de yaşlı yetişkinlerin masaüstü bilgisayar yerine bir mobil cihaza sahip olma olasılığı daha yüksektir ve akıllı telefon kullanıcılarının en hızlı büyüyen grubunu oluştururlar. Mobil cihaz kullanımındaki artışla birlikte her yıl milyarlarca uygulama indirilmesi, bu durumun bir göstergesidir (49).



Şekil 1. Yaşlanma ve Denge Bozukluğu Grafiksel Özeti



Şekil 2. Denge Bozukluğu Testlerinin Grafiksel Özeti

Bununla birlikte mobil uygulamaların yaşlı yetişkinler tarafından benimsenmesi ve kabul edilmesi oldukça düşüktür. Bu durum, mobil teknolojilerin kalitesi ve faydaları ile ilgili endişeler, sağlanan bilgilerin doğruluğu, yanlış teşhis korkusu, verilerin kötüye kullanımı ve veri aktarımına ilişkin güvensizlik, kullanım maliyetleri, uygulama geliştiricilerinin nitelikleri, kanıt eksikliği ve zayıf kullanılabilirlik dâhil olmak üzere mobil uygulama kullanımının çeşitli risklerinden kaynaklanabilmektedir. Ayrıca yaşlı bireyler, zaman zaman mobil uygulama kullanımıyla ilgili algılanan öz-yeterlilik eksikliği gösterirler ve bu durum da mobil uygulamanın benimsenmesini olumsuz etkilemektedir (52).

Dengeyle İlgili Bazı Mobil Sağlık Uygulamaları ve Özellikleri

“Senior Balance Quiz – Afraid You Will Fall?” uygulaması; geriatrik ve kronik hasta/tıbbi olarak karmaşık popülasyonlar hakkında danışmanlık hizmeti sunan bir şirket olan Stall Senior Medical LLC tarafından geliştirildiği belirtilmektedir. Stall Senior Medical LLC ayrıca yaşlılara yönelik bir dizi taşınabilir uygulama da geliştirmiştir. Örneğin; İnkontinans Testi, Bakım Testi, Sürüş Testi gibi. Bu uygulama özellikle yaşlı bireyler için hızlı bir şekilde denge taramasına geri bildirim imkanı sunmaktadır. Uygulamanın işletim sistemi iOS olup, uygulama herhangi bir web erişimine gerek kalmadan ve 1,99 ABD doları gibi bir ücretle kullanılabilir (53).

“Gyrobalance” uygulaması; denge bozuklukları konusunda deneyimli hekimler tarafından geliştirildiği belirtilmektedir. Dengenin hızlı bir şekilde taranmasını ve net, ayrıntılı talimatlarla denge eğitimini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Uygulamanın işletim sistemi iOS olup, uygulama herhangi bir web erişimine gerek kalmadan ve ücretsiz bir şekilde kullanılabilir (53).

“iBalance Fitness” uygulaması; sağlık ile ilgili olmayan ve diğer mobil uygulamaları geliştiren ticari yazılım şirketi Vahzay tarafından geliştirildiği belirtilmektedir. Dengeyi; zaman, süre ve harekete dayalı tek bacak

denge testini kullanarak değerlendirmektedir. Uygulamanın işletim sistemi iOS olup, uygulama herhangi bir web erişimine gerek kalmadan ve ücretsiz bir şekilde kullanılabilir (53).

“UStabilize” uygulaması; bir fizyoterapist tarafından kurulan şirket olan Interactive Medical Productions LLC tarafından geliştirildiği belirtilmektedir. UStabilize'a ek olarak, eklem hareket aralığını ölçmek için bir uygulama geliştirmişlerdir. Bu uygulama farklı pozisyonlarda dengeyi test etmekte ve bu pozisyonlar aynı zamanda dengeyi geliştirmek/korumak için egzersiz olarak da kullanılabilir. Uygulamanın işletim sistemi iOS olup, uygulama herhangi bir web erişimine gerek kalmadan ve 2,99 ABD doları gibi bir ücretle erişime açılabilir (53).

“VertiGo” uygulaması; bir nörolog tarafından Codev Ltd. için geliştirildiği belirtilmektedir. Bu uygulama baş dönmesine yönelik olmasına rağmen Cawthorne-Cooksey vestibüler rehabilitasyonuna dayalı denge egzersizleri sağlamaktadır. Ayrıca başlangıç, orta ve ileri seviyeler için egzersizler de sunmaktadır. Uygulamanın işletim sistemi iOS olup, uygulama herhangi bir web erişimine gerek kalmadan ve 3,99 ABD doları gibi bir ücretle kullanılabilir (53). Bahsedilen mobil sağlık uygulamalarının açıklamaları ve özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Mobil Sağlık Uygulamalarının Açıklamaları ve Özellikleri

Uygulama	Tanım	İşletim Sistemi	Maliyet	Web Erişim Gereği	Bakiye Takibi	Sosyal Medya/P aylaşım	Diğer
Senior Balance Quiz – Afraid You Will Fall?	Web Sitesi: http://stallseniormedical.com/ Uygulama Bağlantısı: https://itunes.apple.com/ca/app/senior-balance-quiz-afraid/id499146406?mt=8	iOS	\$1.99	Hayır	Yok	Evet	
Gyrobalance	Web Sitesi: http://gyro-balance.com/ Uygulama Bağlantısı: https://itunes.apple.com/ca/app/gyrobalance/id593825063?mt=8	iOS	Ücretsiz	Hayır	Evet	Hayır	Denge eğitimi egzersizleri zihinsel matematik bileşeniyle tamamlanabilir
iBalance Fitness	Web sitesi: http://www.vahzay.com/index.html Uygulama Bağlantısı: https://itunes.apple.com/bw/app/ibalance-fitness/id419326916?mt=8	iOS	Ücretsiz	Hayır	Evet	Evet	
UStabilize	Web Sitesi: http://www.interactivemedicalproductions.com/index.html Uygulama Bağlantısı: https://itunes.apple.com/us/app/ustabilize/id413503097?mt=8	iOS	\$2.99	Evet	Evet	Evet	
VertiGo	Web Sitesi: http://codev.uk/products/vertigo Uygulama Bağlantısı: https://itunes.apple.com/ca/app/vertigo/id352595327?mt=8	iOS	\$3.99	Hayır	Evet	Evet	Uygulama için sesli talimatlar ve denge-nin önemiyle ilgili bilgiler içerir

Mobil uygulamalar, mobil sağlık uygulamalarının kalitesini sınıflandırmak ve değerlendirmek için standartlaştırılmış, güvenilir ve objektif bir araç olan Mobil Uygulama Derecelendirme Ölçeği (MARS) kullanılarak değerlendirilir (49). MARS, her biri genel uygulama kalitesini belirlemeye katkıda bulunan beş etki alanından oluşmaktadır:

1. Katılım: Uygulamanın hedef gruba (bu durumda yaşlı yetişkinler) ne ölçüde odaklandığı ve kullanıcıyı eğlence, ilgi, kişiselleştirme, etkileşim yoluyla meşgul etme derecesi.

2. İşlevsellik: Kullanım kolaylığı, gezinme, hareketli tasarım ve genel uygulama performansı.

3. Estetik: Uygulamanın düzeni, grafikleri ve görsel çekiciliği.

4. Bilgi Kalitesi: Uygulama açıklamasının doğruluğu, uygulama içinde sağlanan bilgilerin kalitesi, uygulamanın hedefleri ve güvenilirliği/kanıt temeli.

5. Öznel Nitelik: Her bir etki alanındaki öğelerin özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. MARS Etki Alanları Örnek Soruları

MARS Alanı	Örnek Sorular
Katılım	- Eğlence: Uygulamanın kullanımı eğlenceli/keyifli mi? Eğlence yoluyla etkileşimi artırmak için herhangi bir strateji kullanıyor mu (örneğin, oyunlaştırma yoluyla) - Özelleştirme: Uygulama özellikleri (örneğin, ses, içerik, bildirimler, vb.) için tüm gerekli ayarları/tercihleri sağlıyor mu/koruyor mu? - Hedef grup: Uygulama içeriği (görsel bilgi, dil, tasarım) hedef kitleniz için uygun mu?
İşlevsellik	- Performans: Uygulama özellikleri (fonksiyonlar) ve bileşenler (düğmeler/menüler) ne kadar doğru/hızlı çalışıyor? - Kullanım kolaylığı: Uygulamayı kullanmayı öğrenmek ne kadar kolay; menü etiketleri/simgeleri ve talimatları ne kadar net? - Hareketli tasarım: Etkileşimler (dokunma/kaydırma/sıkıştırma/kaydırma) tüm bileşenler/ekranlar arasında tutarlı ve sezgisel mi?
Estetik	- Düzen: Ekrandaki düğmeler/ikonların/menülerin/içeriğin düzeni ve boyutu uygun mu veya gerektiğinde yakınlaştırılabilir mi? - Grafikler: Düğmeler/ikonlar/menüler/içerik için kullanılan grafiklerin kalitesi/çözünürlüğü ne kadar yüksek? - Görsel çekicilik: Uygulama ne kadar iyi görünüyor?
Bilgi Kalitesi	- Uygulama açıklamasının doğruluğu (uygulama mağazasında): Uygulama açıklananları içeriyor mu? - Bilgi kalitesi: Uygulama içeriği doğru, iyi yazılmış ve uygulamanın hedefi/konusuyla alakalı mı? - Bilgi miktarı: Kapsam, uygulamanın kapsamı dahilinde mi; kapsamlı ama öz mü? - Güvenilirlik: Uygulama güvenilir bir kaynaktan mı geliyor (uygulama mağazası açıklamasında veya uygulamanın kendisinde belirtilen)? - Kanıt temeli: Uygulama denenmiş/test edilmiş mi; kanıtlarla doğrulanmış mı (yayınlanmış bilimsel literatürde)?
Öznel Nitelik	- Bu uygulamayı, bundan faydalanabilecek kişilere tavsiye eder misiniz? - Uygulamanın genel yıldız derecelendirmeniz nedir?

Beş alandaki sorular beş puanlık bir ölçekle puanlanır (1 – Yetersiz, 2 – Kötü, 3 – Kabul Edilebilir, 4 – İyi, 5 – Mükemmel). İlk dört alan için puanlar, söz konusu alan içindeki sayısal olarak derecelendirilen öğelerin ortalaması olarak hesaplanır. Genel uygulama kalite puanı ise bu dört alandan alınan

ortalama puanların ortalaması alınarak hesaplanır. Öznel Kalite alanı, ayrı ayrı öğeler olarak puanlanır. Stoyanov ve ark., bu ölçeğin geliştirilmesi sırasında hem ilk dört alandan alınan puanların hem de genel uygulama kalitesi puanının yüksek iç tutarlılığa sahip olduğunu bildirmektedir. Bu da MARS'ın ge-

nel uygulama kalitesi ve tüm alanlardaki kalitenin güvenilir bir göstergesi olduğunu göstermektedir (49).

Her bir etki alanı için MARS puanlarının yanı sıra genel uygulama kalitesi ortalama **Tablo 3. Uygulama Kalitesi**

puanı ve uygulama öznel kalite puanları Tablo 3'te verilmiştir.

Mobil Uygulama	Katılım	İşlevsellik	Estetik	Bilgi	Uygulama Kalitesi Ortalama Puanı	Uygulama Öznel Kalite Puanı
Seniors Balance Quiz – Afraid You Will Fall?	2. 4	4. 5	2. 67	4. 2	3. 45	3
Gyrobalance	3. 4	3	4. 33	3. 83	3. 64	3
iBalance Fitness	3	3. 5	4	3. 6	3. 52	2. 5
UStabilize	4. 8	4. 25	4. 67	4	4. 43	3. 75
VertiGo	3	3. 75	3. 33	3	3. 27	2. 5
Alt Ölçek Puanlarının Ortalaması	3. 32	3. 8	3. 8	3. 7	3. 6	-

MARS Derecelendirme Ölçeği: 1 – Yetersiz, 2 – Kötü, 3 – Kabul Edilebilir, 4 – İyi, 5 – Mükemmel.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Denge sorunları, yaşlı yetişkinler arasında yaygın bir durumdur. Görme, vestibüler sistem, propriosepsiyon ve duyuşal bütünleme bozuklukları yaşa bağlı denge sorunlarının temel nedenleridir. Bunların yanı sıra kas güçsüzlüğü, eklem hareketliliğinin azalması, kemik yoğunluğundaki değişiklikler ve nörodejeneratif hastalıklar da denge sorunlarına neden olabilecek durumlardır. Bilişsel gerileme, ilaçların yan etkileri, eşlik eden hastalık etkileşimleri düşme riskini ve denge sorunlarını artırabilir. Bilişsel işlev ve motor kontrol arasındaki etkileşim yaşlı yetişkinlerde dengeyi etkilemektedir. Yaşlı yetişkinlerde denge eksikliklerinin erken tespiti zamanında müdahale ve düşmeyi önleme için kritik öneme sahiptir. Tedavi sırasında, multimodal duyuşal girdinin entegrasyonu yaşlı yetişkinlerde dengeyi korumada hayati bir rol oynar. Giyilebilir sensörler, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve özellikle de mobil sağlık uygulamaları denge değerlendirmesi ve eğitimi için umut vadeden teknolojilerdir.

Çeşitli mobil sağlık uygulamalarının kullanılabilirliği ve erişilebilirliği ile yaşlı yetişkinler arasında artan mobil cihaz kullanımı göz

önüne alındığında, mobil uygulamalar yaşlı yetişkinlere denge eğitimi gibi rehabilitasyon müdahalelerini sunmak için umut verici bir yoldur. Denge eğitimi için mobil sağlık uygulamaları mevcuttur ancak sağlık hizmetleri topluluğu içindeki sağlık uygulamalarına güven düşük olabileceğinden dolayı detaylı bir değerlendirmenin yapılması gerekebilir. Kabul edilebilir ve kalite bakımından iyi olan bir dizi mobil sağlık uygulaması mevcuttur ve bu uygulamaların güvenilir mobil sağlık bilgi merkezlerinde listelenebilmesi için paydaşların ortak olarak hareket etmeleri gerekebilir.

Sonuç olarak, mobil sağlık uygulamalarının kullanımı yaşlı bireylerde önemli bir potansiyel taşımaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bu uygulamaların gelecekte daha da gelişmesi ve yaygınlaşması beklenmektedir. Bu uygulamalar hem yaşlı bireylerin hem de sağlık profesyonellerinin tedavi süreçlerini daha da etkin yönetmelerine olanak tanıyarak sağlık hizmetlerinin erişilebilirliğini ve kalitesini artırabilir.

KAYNAKLAR

1. Yochim BP, Woodhead EL. Psychology of aging: A biopsychosocial perspective. Springer Publishing Company: 2017.
2. Godde B, Olk B, Voelcker-Rehage C. Einführung Gerontopsychologie. München: Ernst Reinhardt. Ütb: 2016.
3. Lusardi MM, Fritz S, Middleton A, Allison L, Wingood M, Phillips E, et al. Determining risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis using posttest probability. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2017;40(1):1-36.

4. Ambrose AF, Paul G, Hausdorff JM. Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*. 2013;75(1):51-61.
5. Amick RZ, Patterson JA, Jorgensen MJ. Sensitivity of tri-axial accelerometers within mobile consumer electronic devices: a pilot study. *International Journal of Applied Science and Technology*. 2013;3(2):97-100.
6. Stumieks DL, Hicks C, Smith N, Ratanapongleka M, Menant J, Turner J, et al. Exergame and cognitive training for preventing falls in community-dwelling older people: a randomized controlled trial. *Nature Medicine*. 2024;30(1):98-105.
7. McShane R, Westby MJ, Roberts E, Minakaran N, Schneider L, Farrimond LE, et al. Memantine for dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019;3(3):CD003154.
8. Matsumoto A, Yoshimura Y, Nagano F, Shimazu S, Shiraiishi A, Kido Y, et al. Potentially inappropriate medications are negatively associated with functional recovery in patients with sarcopenia after stroke. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2022;34(11):2845-55.
9. van der Veen SM, Thomas JS. A pilot study quantifying center of mass trajectory during dynamic balance tasks using an HTC vive tracker fixed to the pelvis. *Sensors*. 2021;21(23):8034.
10. Ebaid D, Crewther SG. Time for a systems biological approach to cognitive aging?—a critical review. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2020;12:114.
11. Ishiyama G. Imbalance and vertigo: the aging human vestibular periphery. *Seminars in Neurology*. 2009;29(5):491-9.
12. Van Laer L, Hallemans A, Janssens de Varebeke S, De Somer C, Van Rompaey V, Vereeck L. Compensatory strategies after an acute unilateral vestibulopathy: a prospective observational study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2024;281(2):743-55.
13. Wu J, Liu Y, Zhao J, Jia Z. Research on a new rehabilitation robot for balance disorders. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2023;31:3927-36.
14. Pröpper EJ, van Eijdsden HMK, Schermer TR, Bruinjes T. Bilateral vestibular hypofunction in a tertiary dizziness center: occurrence and etiology. *The Journal of International Advanced Otolaryngology*. 2022;18(4):327-33.
15. Kahiel Z, Grant A, Aubin M-J, Buhrmann R, Kergoat M-J, Freeman EE. Vision, eye disease, and the onset of balance problems: The Canadian longitudinal study on aging. *American Journal of Ophthalmology*. 2021;231:170-8.
16. O'connell C, Mahboobin A, Drexler S, Redfern MS, Perera S, Nau AC, et al. Effects of acute peripheral/central visual field loss on standing balance. *Experimental Brain Research*. 2017;235:3261-70.
17. Grant A, Aubin M-J, Buhrmann R, Kergoat M-J, Freeman EE. Visual impairment, eye disease, and the 3-year incidence of depressive symptoms: the Canadian longitudinal study on aging. *Ophthalmic Epidemiology*. 2021;28(1):77-85.
18. Srulijes K, Mack DJ, Klenk J, Schwickert L, Ihlen EA, Schwenk M, et al. Association between vestibulo-ocular reflex suppression, balance, gait, and fall risk in ageing and neurodegenerative disease: protocol of a one-year prospective follow-up study. *BMC Neurology*. 2015;15:1-11.
19. Jahn K. The aging vestibular system: dizziness and imbalance in the elderly. *Advances in Oto-rhino-laryngology*. 2019;82:143-9.
20. Boisgontier MP, Cheval B, van Ruitenbeek P, Levin O, Renaud O, Chanal J, et al. Whole-brain grey matter density predicts balance stability irrespective of age and protects older adults from falling. *Gait & Posture*. 2016;45:143-50.
21. Pahor M, Manini T, Cesari M. Sarcopenia: clinical evaluation, biological markers and other evaluation tools. *JNHA-The Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2009;13:724-8.
22. Mozafaripour E, Sadati SKM, Najafi L, Zoghi M. The Effect of Motor Imaginary Combined with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Balance in Middle-Aged Women with High Fall Risk: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Neural Plasticity*. 2023;2023(1):9680371.
23. Toniolo S, Pisotta I, Manto M. Editorial: The role of the cerebellum in dementia and neurodegenerative diseases. *Frontiers in Neuroscience*. 2023;17:1229624.
24. Chasiotis AK, Kitsos DK, Stavrogianni K, Giannopapas V, Papadopoulou M, Zompola C, et al. Rehabilitation on cerebellar ataxic patients with multiple sclerosis: A systematic review. *Journal of Neuroscience Research*. 2023;101(12):1773-80.
25. Bonasera SJ, Arikath J, Boska MD, Chaudoin TR, DeKorver NW, Goulding EH, et al. Age-related changes in cerebellar and hypothalamic function accompany non-microglial immune gene expression, altered synapse organization, and excitatory amino acid neurotransmission deficits. *Aging (Albany NY)*. 2016;8(9):2153-81.
26. Wellings TP, Brichta AM, Lim R. Altered neurofilament protein expression in the lateral vestibular nucleus in Parkinson's disease. *Experimental Brain Research*. 2017;235:3695-708.
27. Kannan L, Bhatt T, Ajilore O. Cerebello-cortical functional connectivity may regulate reactive balance control in older adults with mild cognitive impairment. *Frontiers in Neurology*. 2023;14:1041434.
28. Kim DJ, Moussa-Tooks AB, Bolbecker AR, Aphthorp D, Newman SD, O'Donnell BF, et al. Cerebellar–cortical dysconnectivity in resting-state associated with sensorimotor tasks in schizophrenia. *Human Brain Mapping*. 2020;41(11):3119-32.
29. Lin X, Wang H, Huang S, Chen L, Yang S, Zhao P, et al. A reliable nonhuman primate model of ischemic stroke with reproducible infarct size and long-term sensorimotor deficits. *Aging and Disease*. 2023;14(1):245-55.
30. Huang Z, Jordan JD, Zhang Q. Myelin pathology in Alzheimer's disease: potential therapeutic opportunities. *Aging and Disease*. 2024;15(2):698-713.
31. Fortel I, Zhan L, Ajilore O, Wu Y, Mackin S, Leow A. Disrupted Excitation-Inhibition balance in cognitively normal individuals at risk of alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2023;95(4):1449-67.
32. Rodríguez-Gutiérrez E, Torres-Costoso A, Pascual-Morena C, Pozuelo-Carrascosa DP, Garrido-Miguel M, Martínez-Vizcaino V. Effects of resistance exercise on neuroprotective factors in middle and late life: a systematic review and meta-analysis. *Aging and Disease*. 2023;14(4):1264-75.
33. Demanze Laurence B, Michel L. The fall in older adults: physical and cognitive problems. *Current Aging Science*. 2017;10(3):185-200.
34. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC, et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait & Posture*. 2003;18(2):101-8.
35. Carraro U, Kern H, Gava P, Hofer C, Loeffler S, Gargiulo P, et al. Recovery from muscle weakness by exercise and FES: lessons from Masters, active or sedentary seniors and SCI patients. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2017;29:579-90.
36. Ferrucci L, Baroni M, Ranchelli A, Lauretani F, Maggio M, Mecocci P, et al. Interaction between bone and muscle in older persons with mobility limitations. *Current Pharmaceutical Design*. 2014;20(19):3178-97.
37. Zhang L, Guan Q, Wang Z, Feng J, Zou J, Gao B. Consequences of aging on bone. *Aging and Disease*. 2023;15(6):2417-52.

38. Bhandari A, Kalotra S, Bajaj P, Sunkaria A, Kaur G. Dietary intervention with *Tinospora cordifolia* improved aging-related decline in locomotor coordination and cerebellar cell survival and plasticity in female rats. *Biogerontology*. 2022;23(6):809-24.
39. Severyn AM, Luzum NR, Vernon KL, Van Puymbroeck M, DesJardins JD. Influence of 8-week horseback riding activity on balance and pelvic movements in an older adult population. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2022;30(5):906-15.
40. Mahr S, Burmester G-R, Hilke D, Göbel U, Grützkau A, Häupl T, et al. Cis- and trans-acting gene regulation is associated with osteoarthritis. *The American Journal of Human Genetics*. 2006;78(5):793-803.
41. Kadow T, Sowa G, Vo N, Kang JD. Molecular basis of intervertebral disc degeneration and herniations: what are the important translational questions? *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2015;473:1903-12.
42. Chen Q, Wu M, Tang Q, Yan P, Zhu L. Age-related alterations in immune function and inflammation: focus on ischemic stroke. *Aging and Disease*. 2024;15(3):1046.
43. Psenicka MW, Smith BC, Tinkey RA, Williams JL. Connecting neuroinflammation and neurodegeneration in multiple sclerosis: are oligodendrocyte precursor cells a nexus of disease? *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2021;15:654284.
44. da Silva Lamp J, Beraldo LM, Dos Santos WV, da Silva LG, Cadore EL, Pietta-Dias C. Acute effects of different proprioceptive neuromuscular facilitation stabilization techniques on the balance of elderly women. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2023;35:342-7.
45. Almajid R, Goel R, Tucker C, Keshner E. Balance confidence and turning behavior as a measure of fall risk. *Gait & Posture*. 2020;80:1-6.
46. Vieira ER, Civitella F, Carreno J, Junior MG, Amorim CF, D'Souza N, et al. Using Augmented Reality with Older Adults in the Community to Select Design Features for an Age-Friendly Park: A Pilot Study. *Journal of Aging Research*. 2020;2020(1):8341034.
47. BinDhim NF, Freeman B, Trevena L. Pro-smoking apps for smartphones: the latest vehicle for the tobacco industry? *Tobacco Control*. 2014;23(1):e4.
48. Stoyanov SR, Hides L, Kavanagh DJ, Zelenko O, Tjondronegoro D, Mani M. Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR mHealth and uHealth*. 2015;3(1):e27.
49. Garvelink MM, Agbadjé TT, Freitas A, Bergeron L, Petitjean T, Dugas M, et al. Improving a web-based tool to support older adults to stay independent at home: qualitative study. *JMIR mHealth and uHealth*. 2020;8(7):e16979.
50. Wildenbos GA, Jaspers MW, Schijven MP, Dusseljee-Peute L. Mobile health for older adult patients: Using an aging barriers framework to classify usability problems. *International Journal of Medical Informatics*. 2019;124:68-77.
51. Rasche P, Wille M, Bröhl C, Theis S, Schäfer K, Knobe M, et al. Prevalence of health app use among older adults in Germany: national survey. *JMIR mHealth and uHealth*. 2018;6(1):e8619.
52. Reyes A, Qin P, Brown CA. A standardized review of smartphone applications to promote balance for older adults. *Disability and Rehabilitation*. 2018;40(6):690-6.