

Titreşimli Denge Bordunun Geliştirilmesi ve Sporcuların Denge Kabiliyeti Üzerine Akut Etkilerinin Araştırılması

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 11.12.2023

Kabul/Accepted: 16.09.2024

Yayımlandı/Published: 07.02.2025

Development of Vibrating Balance Board and Investigation of its Acute Effects on Athletes' Balance Ability

İsmail BAYBURA^{1*}, Mehmet YILDIZ², Uğur FİDAN³

¹ Fızyo Os Fizik Tedavi ve Egzersiz Danışma Merkezi, Afyonkarahisar, Türkiye

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye



© Afyon Kocatepe Üniversitesi

© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada titreşimli denge egzersizlerinin akut olarak denge performansına etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada otuz amatör futbolcu, rastgele bir şekilde titreşim+denge grubu (T+DG), denge grubu (DG) ve kontrol grubu (KG) olmak üzere üç grup şeklinde sınıflandırılmıştır. T+DG bosu topuna sabitlenmiş vibrasyon motoruyla çalışırken; DG, titreşimsiz denge çalışmalarını gerçekleştirmiştir. KG ise herhangi bir çalışma yapmamıştır. Çalışmanın başında ve sonunda üç gruptan da statik ve dinamik denge ölçümleri yapılmıştır. Ön testlerde statik denge açısından gruplar arasında belirgin bir farklılık tespit edilmemişken, son testlerde T+DG lehine olmak üzere KG'na göre anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (F:4.199, p<0.02) (t:2.831, p<0.019). Zaman etkisine göre (F:9.716, p<0.01), gerek DG gerekse de T+DG'unda istatistiksel olarak bir yükselme gözlemlenmiştir (t:-3.117, p<0.003). Grup*zaman etkileşimi açısından (F:4.156, p<0.021) T+DG'nun oransal olarak (T+DG %13.41, DG %4.64, KG %0.003) daha fazla gelişim kaydettiği belirlenmiştir. Dinamik denge ölçümlerinde ön testlerde anlamlı bir fark saptanmamışken, son testlerde ise T+DG lehine olmak üzere KG'na göre istatistiksel olarak bir yükselme belirlenmiştir (t:1.632, p<0.032). Zaman etkisine göre (F:4.096, p<0.04), gerek DG gerekse de T+DG'unda istatistiksel olarak bir yükseliş (t:-2.024, p<0.048) tespit edilmişken, grup*zaman (F:1.128, p<0.031) etkileşimine göre, T+DG'unda oran olarak (T+DG %10.22, DG %4.66, KG %0.77) daha fazla gelişim gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, titreşimli denge çalışmalarının klasik olarak yapılan denge çalışmalarına kıyasla hem statik hem de dinamik denge becerisini akut olarak daha fazla geliştirdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, denge becerisini önem arz ettiği spor türleri ve egzersiz içeriklerinde akut gelişim amacıyla denge çalışmalarına titreşim uygulamasının da eklenmesi, ayrıca bu alanda daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir.

Abstract

This study aimed to evaluate the acute effects of vibratory balance exercises on balance performance. In the study, thirty amateur football players were randomly classified into three groups: vibration + balance group (T + DG), balance group (DG) and control group (CG). While working with the vibration motor fixed to the T+DG bosu ball; DG carried out vibration-free balance studies. KG did not conduct any studies. The balance measurements were obtained from all participants at the beginning and end of the study. While no significant difference was detected between the groups in terms of static balance in the pre-tests, it was determined that there was a significant difference according to CG in favor of T+DG in the post-tests (F:4.199, p<0.02) (t:2.831, p<0.019). According to the time effect (F:9.716, p<0.01), a statistical advancement was observed in DG and T+DG (t:-3.117, p<0.003). According to the group*time interaction (F:4.156, p<0.021), it was detected that T+DG improved proportionally (T+DG 13.41%, DG 4.64%, CG 0.003%). While no significant difference was detected in dynamic balance measurements in the pre-tests, a statistical advancement was determined in the post-tests compared to CG, in favor of T+DG (t:1.632, p<0.032). According to the time effect (F:4.096, p<0.04), a statistical advancement was determined in DG and T+DG (t:-2.024, p<0.048), while group*time (F:1.128, p<0.031) According to the interaction, more improvement was observed in T+DG (T+DG 10.22%, DG 4.66%, CG 0.77%). As a result, it has been determined that vibratory balance exercises acutely improve both static and dynamic balance ability when compared to classical balance exercises. For this reason, it is recommended to add vibration application to balance exercises for the purpose of acute development in sports types and exercise contents where balance skills are important, and further research in this field is recommended.

Anahtar Kelimeler: Denge Bordu; Stabilité; Denge Egzersizi; Titreşim; Statik; Dinamik.

Keywords: Balance Board; Stability; Balance Exercise; Static; Dynamic; Vibration.

1. Giriş

Sportif başarı sporcuların sakatlanmadan en yüksek performansı göstererek rakiplerini yenmesi ve yarışma ya da müsabakayı kazanmasıdır (Bayraktar ve Kurtoğlu 2009). Hem Profesyonel hem de amatör spor branşlarına olan ilgi her geçen gün artmakta bu da sportif performans gelişimi öne çıkarmaktadır. Spor alanındaki uzmanlarda ise sportif performansın altında yatan nedenler ve faktörleri daha fazla anlamaya yönelik merak artmaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak hem sporcular hem de çalıştırıcılar rekabet gücünü arttırmak için maksimal kapasiteyi arttırmayı hedeflemektedir. Sportif performansı etkileyen faktörlerin başında motorik özellikler, doğru antrenman metotları (şiddet, sıklık, tekrar vb.) beslenme, psiko-sosyal içerikler ve çeşitli dış etkenler gelmektedir (Powers ve Howley, 2011). Kuvvet, sürat ve dayanıklılık temel motorik özellikler olmakla birlikte kuvvet ve koordinasyon gibi faktörlerin beraber hareket etmesiyle sergilenen denge becerisi ise yardımcı motorik olarak sınıflandırılmakta ve sportif performansta önemli bir yer tutmaktadır (Koku 2015). Bundan dolayı son zamanlarda rutin antrenman programlarına ek olarak yapılan denge çalışmalarının sporcuların performanslarına olan etkisine yönelik merak her geçen gün artmaktadır. Denge becerisinin en önemli özelliği bazı branşlarda (okçuluk, atıcılık vb.) başarının temel unsuru iken, birçok branşta ise diğer motorik özelliklerin ve tekniğin daha verimli sergilenmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle, hareketin başlatılmasında ve durdurulmasında, yön değiştirmede, nesnelere hareket ettirilmesinde, kavrama durumunda, tutuşlarda vücut pozisyon ve stabilizasyonunun korunmasında çok önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Literatürde denge becerisi gerek statik gerekse de dinamik bir pozisyonda iken vücudun uzaysal mekânsal pozisyonunun korunması olarak ifade edilmektedir (Altay 2001).

Denge becerisinin en önemli özelliği denge pozisyonunun korunması için diğer motorik içeriklerle beraber hareket etme becerisidir. Bu durumda dengedeki bir gelişim diğer motorik içeriklerde de gelişime yol açmaktadır (Erkmen vd. 2007). Denge esnasında kalıplaşmış mekanizmalar sıralı bir düzen içinde beraber hareket ederek kontrol sağlanmaktadır. Denge esnasında vestibular, okular, proprioseptif ve serebellum sistemden gelen veriler birleştirilerek anlamlı ve uyumlu hale getirilir. Verilerin alındığı kaynakların her biri farklı oran ve şekillerde katkı sağlamaktadır. Bir duyu organında meydana gelen bir problem denge kabiliyetinde sorunlara yol açar. Örneğin; kulaktaki bir enfeksiyon denge probleminin görülmesine yol açabilir (Kuo 1998). Sportif faaliyetler yoğun motorik ve bilişsel faaliyetlerin bir arada yapılmasından dolayı

somatosensör ve otolit sistemlerin verileri işleme becerisinde gelişime yol açmaktadır. Böylelikle de postüral kontrol yeteneklerin alınan verileri işleme hızında da gelişimi desteklemektedir. Bu gelişim yapılan spor branşının özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Özellikle uzun dönem yapılan spor etkinliklerin duyu organlarındaki adaptasyonu arttırdığını gösteren birçok kanıt bulunmaktadır (Perrin vd. 2002). Vuillerme (2001) tecrübeli sporcuların spor branşlarının gereklilikleriyle ilişkili özel sensör bilgileri kullandıklarını bildirmiştir. Denge becerisinin artırılması için önerilen çalışmaların başında stabil olmayan zemin üzerinde yapılan egzersizler, çeşitli denge geliştirici cihazlarla (stabilite pedleri, pilates topları, Bosu topu, denge tahtası vb.) yapılan çalışmalar ve propriyoseptif kabiliyeti geliştirici cihazlarla (ProKin Sistem) yapılan egzersizler gelmektedir (Lephart 1997).

Vibrasyon (titreşim) uygulamaları son yıllarda gerek sportif performans gelişimi gerekse de rehabilitasyon alanında popüler olmaya başlamıştır. Kemik dokuların temelini oluşturan minerallerin yoğunluğunun artırılmasında, iskelet sisteminde öneme sahip olan kırık dokuların yaralanmasının önlenmesinde ve dokuların beslenmesini arttırmak amacıyla kullanılan yöntemlerden bir tanesi de tüm vücut titreşim uygulamasıdır. Bu uygulama yöntemlerinden farklı olarak vücudun denge alanı içinde kalmasını sağlayarak denge becerisinin sağlıklı şekilde ortaya çıkartılması ve denge performansının geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Denge becerisinin daha verimli şekilde ortaya çıkartılmasıyla beraber düşme korkusunun azaltılması sağlanmaktadır. Bunlar gibi farklı teknikler kullanılarak tüm vücut titreşim uygulamasının tedavi edici etkilerinden faydalanılmaktadır (Lau vd. 2011; Rabert vd. 2012). Ayrıca vibrasyon kaslar arasında bir zincirleme etki oluşturarak istemsiz kasılmaların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Demirel, 2009). Bu istemsiz kasılmalar zinciri, tendonların uyarılmasını tetikleyerek derin kas gruplarının kasılmasına neden olmaktadır. Derin kas gruplarının bu şekilde antrene edilmesi kas kuvvetinde artışa yol açmaktadır. Kas dokusu ve tendonlar, gerilen yay şeklinde betimlenen bir yapıya sahiptir. Bu yapıda gerilmiş bir yaya benzer biçimde titreşim enerjisi ile kas ve tendonlarda depolanan mekanik enerji aynı mekanizma ile oluşmaktadır. Bu mekanizma yoluyla duyu reseptörleri tarafından ortaya çıkan tonik vibrasyon refleksi (istemsiz kas kasılmaları) tetiklenir ve kasılma gerçekleşir. Aynı zamanda, motor ünitelerin aktifleşmesi için gerekli olan eşik değerinde bir düşüş meydana gelir. Vücudun kendi ağırlığının kullanıldığı egzersizlerde herhangi bir vücut bölümü üzerinde uygulanan bu mekanizma, nöromüsküler

aktivasyonu gerçekleştirerek kas gücünde artışa neden olur (Santos-Filho 2012). Son yıllarda yapılan araştırmalarda, vücuda titreşim uygulamanın propriyoseptif sistemi uyararak sportif performansta gelişme sağlayabileceği gösterilmiştir (İşler 2007; Baumbach 2013; Chang 2021). Örneğin, Baumbach (2013) tarafından yapılan çalışmada, 5 Hz. frekans aralığıyla tüm vücuda uygulanan titreşim uygulamasının, ayak bileğinin stabilite kabiliyetini artırabileceği sonucuna varılmıştır. Kronik ayak bileği yaralanmaları olan bireylerin de dahil edildiği başka bir çalışmada, seçilen denge egzersizleri ile tüm vücut titreşim uygulamasının etkilerini karşılaştırarak titreşimin propriyosepsiyon üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu gösterilmiştir fakat tam etkilerin anlaşılabilmesi için farklı metotlarla yapılan çalışmaların yapılması önerilmiştir (Chang 2021).

Titreşimle ilgili çalışmaların bir kısmı, tüm vücuda yapılan titreşim uygulamasının denge performansı üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmaktadır. Lam (2012) tarafından yapılan meta-analiz çalışmasında tüm vücut titreşim uygulamasını içeren 15 çalışma incelenmiştir. Yapılan incelemenin sonucunda tüm vücut titreşim uygulamasının denge performansının artırılması yönünde olumlu etki gösterebileceği düşünülmüştür. 2001 yılında Nashner tarafından yapılan çalışmada denge performansının başarılı bir şekilde ortaya çıkartılabilmesinin temelinde alt, üst ekstremit ve gövde kasları arasında uyum içinde gerçekleşen motor reaksiyonların bulunduğu düşünülmüştür. Kas içiği ve golgi tendon organından gelen verilerin değerlendirilmesiyle motor reaksiyonlar birbirleri ile uyum içinde ortaya çıkmaktadır. Titreşim uygulamasının fizyolojik etkileri arasında hem merkezi sinir sistemi hem de spinal seviyede açığa çıkan motor refleksler üstünde etkisinin olduğu düşünülmüştür (Naito vd. 2002). Tüm vücuda uygulanan titreşimin oluşturulacağı nörofizyolojik cevabın, sinir sistemi, spinal refleksler ve kas kasılma mekanizması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Stania vd. 2016). Gerek denge fizyolojisi gerekse de titreşim uygulama mekanizmasının fizyolojisi incelendiğinde birçok ortak özelliğe sahip oldukları fark edilmektedir. Bununla beraber bizim araştırmamıza göre denge tahtalarıyla denge çalışması gerçekleştirilirken aynı anda vibrasyon verilmesinin denge becerisinin ortaya çıkartılması üstündeki etkilerini inceleyen çalışmalara henüz rastlanmamıştır. Her iki mekanizmanın benzer fizyolojik özelliklerinden dolayı bu iki uygulamanın eş zamanlı sergilenmesinin denge performansını daha fazla arttıracığı hipotez edilmiştir. Bu çalışmada denge egzersizi esnasında aynı anda titreşim verilmesi ile yapılan çalışmaların denge kabiliyeti üstündeki akut etkilerinin

araştırılması amaçlanmıştır.

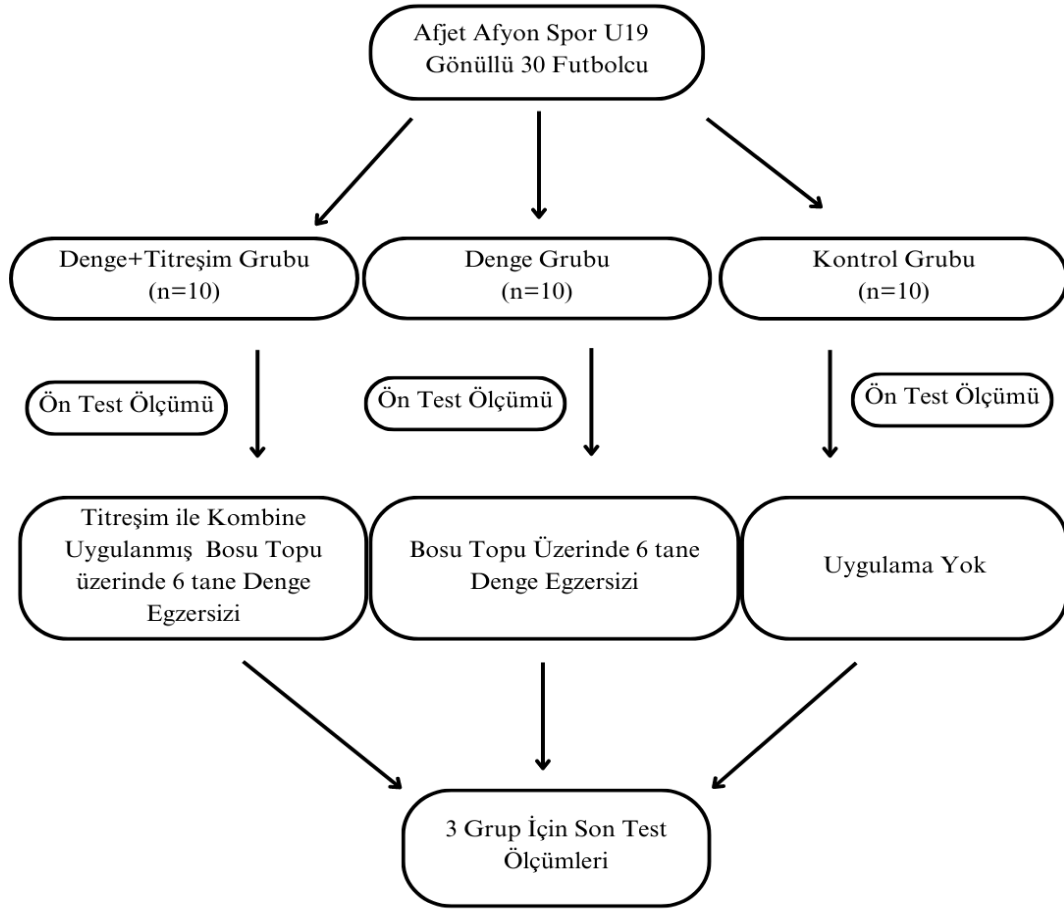
2. Materyal ve Metot

2.1. Katılımcılar

HES ilaç Afyonspor Futbol kulübünün U19 yaş grubunda aktif olarak futbol oynayan otuz sporcu rastgele yöntemle seçilerek çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilme kriteri olarak; minimum üç sene aktif futbol geçmişi olması, son 7 gün içinde herhangi bir ilaç kullanmamış olmak, haftada 5 gün, günde 2 saat antrenman yapmak, son 3 aydır herhangi bir iskelet sistemi sakatlığı geçirmemiş olmak, göz (oküler sistemin etkilenimini elimine etmek için) ve kulak (vestibüler sistemin etkilenimini elimine etmek için) hastalık hikayesi olmaması kriterleri alınmıştır. 09.02.2022-78953 Tarih ve Sayılı numarası ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulundan "Evrak Etik Kurul Olur Raporu" alınmıştır. Gönüllü onam formunu tüm katılımcılar imzalamıştır.

2.2 Deneysel Tasarım ve İşlem Yolu

Titreşimli denge çalışmalarının denge becerisi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, otuz amatör futbolcu, rastgele bir şekilde T+DG (n=10), DG (n=10) ve KG (n=10) olacak şekilde üç gruba ayrılmıştır. Çalışma dizaynı ve uygulama yöntemi Şekil.1'de verilmiştir. Çalışmanın bir hafta öncesinde ve ölçümlerden hemen önce tüm katılımcılara mobil denge ölçüm cihazında familirizasyon çalışması yaptırılmıştır. Bu zamanda titreşim+denge grubu ile denge grubuna Bosu topu üzerinde de familirizasyon çalışması yaptırılmıştır. T+DG'na Bosu topunun üstüne yerleştirilen vibrasyon motoru aracılığıyla çalışma yaptırılırken, DG aynı denge çalışmalarını titreşim uygulaması olmadan Bosu topu üzerinde gerçekleştirmiştir. KG'na herhangi bir uygulama yapılmayıp sadece ön ve son testler olarak iki ölçüm alınmıştır. Çalışma toplam üç gün sürmüştür. Her gün sırasıyla bir gruba önce ön-test daha sonra protokollere uygun olan denge çalışması ve ardından son-test değerlerinin alındığı çalışmalar uygulanmıştır. İlk gün T+DG, ikinci gün DG ve üçüncü gün KG ölçüm ve uygulamalara tabi tutulmuştur. Grup içindeki katılımcılara ısınma faaliyetini olarak 5 dakika submaksimal koşu sonrasında 3 dakika dinamik germe egzersizi yaptırılmıştır. Tüm katılımcılardan sırayla statik ve dinamik denge ön-test değerleri alınıp, ardından uygulamalara geçilmiştir. Uygulamalardan hemen sonra son-test denge ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sırası gelene kadar katılımcılar arasında topla 5-2 dar alan oyunu oynatılmıştır. KG'na yönelik olarak ilk olarak ön-test, daha sonra son-test uygulaması yapıp; bu grup herhangi bir denge çalışması yapmamıştır.



Şekil 1. Çalışmanın akış şemasının görüntüsü

2.3 Ölçüm Araçları

2.3.1 Denge Performansı Puanlarının Ölçülmesi

Çalışmada denge değerlendirilmesinin objektif şekilde yapılabilmesi için Fitbalans (Sportek, Türkiye) cihazı kullanılmıştır. Literatürde Fitbalans denge ölçüm sisteminin geçerlilik ve güvenilirlik çalışması bulunmaktadır (Yıldız vd. 2022). Fitbalans denge ölçüm sistemi özel olarak geliştirilmiş denge tahtası ve bu denge tahtası için geliştirilmiş özel bir bilgisayar yazılımından oluşmaktadır. Denge ölçüm cihazının görseli Şekil.2'de gösterilmektedir.

Denge bordu bluetooth yardımıyla bilgisayar uygulamasıyla bağlantı kurmaktadır. Kurulan bağlantı sayesinde ölçüm esnasında anlık olarak uygulamaya veri aktarılmaktadır. Test gerçekleştirilirken katılımcı denge tahtası üzerinde bilgisayar programının istediği denge görevini en doğru şekilde gerçekleştirerek maksimum denge başarıyı göstermeyi hedeflemektedir. Sistem sayesinde hem statik hem de dinamik denge değerlendirmesi yapılabilmektedir. Statik denge değerlendirmesi için uygulamanın atadığı kırmızı kutucuk denge tahtasının merkezinde tutulmaya çalışılmaktadır. Dinamik dengenin değerlendirilmesinde uygulamanın

rastgele aralıklarla hareket ettiği sarı kutunun, sporcunun anlık dengesini belirten kırmızı kutuyla yakalanması sayesinde gerçekleşmektedir. Şekil.3'de Fitbalans denge cihazının uygulama ara yüzü gösterilmektedir. Katılımcının statik ve dinamik denge testleri tamamlandıktan sonra katılımcının ortaya koyduğu denge başarısına göre maksimum 100 minimum 0 olacak şekilde denge başarı puanı ataması yapmaktadır.



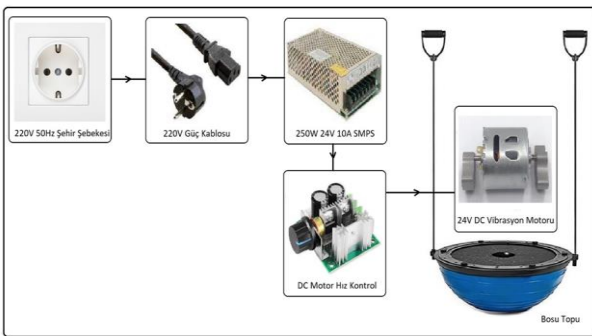
Şekil 2. Denge performansının belirlenmesi için kullanılan mobil denge ölçüm cihazının (fitbalans cihazı) görseli



Şekil 3. Denge performansının belirlenmesinde kullanılan mobil sistemin (Fitbalance) arayüzünün görseli

2.3.2 Vibrasyon Kontrollü Bosu Topu

Bosu topuna titreşim eklenmesi amacıyla, bir titreşim motoru entegre edilmiştir. Vibrasyon kontrollü Bosu topunun şematik gösterimi Şekil 4'te sunulmuştur. Bu sistem 3 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler elektrik akımının geldiği ve düzenlendiği beslenme ünitesi, motor kontrol devresi ve titreşimin oluşturulup iletilmesi için vibrasyon motorundan oluşmaktadır. Sistemin elektrik beslenmesi şehir şebekesinden alınan 220V ve 50 Hz. çalışma geriliminden oluşmaktadır. Anahtarlı güç kaynağı (SMPS), 250W çıkış gücü ve 24V çıkış gerilimine sahip olarak AC/DC dönüştürücü olarak kullanılmaktadır. Anahtarlamalı güç kaynağıyla, DC motor hız kontrol devresinin yardımıyla vibrasyon motorunun ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlanmaktadır. Şekil.4'de geliştirilen titreşim kontrollü bosu topunun blok şeması gösterilmektedir.



Şekil 4. Bosu Topuna yerleştirilen Vibrasyon uygulamasının Blok Şeması

Vibrasyon motorunun titreşimi eşit ve güvenli şekilde iletebilmesi için Bosu topunun dış çapına uygun olarak tasarlanmıştır. Bosu topunun düz plastik aksamının çapına uygun olarak 60 cm çapında ahşap malzeme (MDF) seçilmiştir. Vibrasyon motoru sunta plakanın merkezine monte edildikten sonra dış çap uyumuna dikkat edilerek sunta platform Bosu topu üzerine monte edilmiştir. Sunta platformun kaygan yüzeye sahip olması sebebiyle

katılımcıların kaymaması için sunta platform, et kalınlığı 1 mm olan ve kum kalınlığı 0,6 mm olan kaydırmaz malzeme ile kaplanmıştır. Elektriksel izolasyonun sağlanabilmesi için yukarıda sayılan 3 temel ana bileşen 2 metre uzunluğundaki 2x0,75mm² izoleli kablo ile birbirinden ayrıştırılmıştır. Denge çalışması esnasında Bosu topuna uygulanan vibrasyon frekansı, DC motor hız kontrol devresindeki ayar potansiyometresi aracılığıyla kolaylıkla düzenlenebilmektedir. Bu potansiyometre sayesinde vibrasyon frekansı, 5Hz. ile 15Hz. arasında ayarlanabilir, bu da spesifik denge egzersizi sırasında istenilen frekansın seçilebilmesine olanak tanımaktadır.

2.4 Denge Egzersizleri

2.4.1. Öne & Arkaya salınım (30 sn.)

Çalışma başlanmadan önce Bosu topunun sert zemini yukarı olacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcı Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar beklemesi istenmiştir. Katılımcı hazır olduktan sonra kronometre başlatılmıştır. Şekil. 5'te gösterildiği üzere katılımcı Bosu topunun arkadan (posterior) öne (anterior), önden arkaya olacak şekilde salınımı sürdürmüştür. Kronometre 30 saniyeye ulaştığında egzersiz tamamlanmıştır.



Şekil 5. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başlandı. Sporcu Bosu topu öne ve arkaya olacak şekilde salınım hareketiyle hareket ettirilerek egzersiz gerçekleştirildi.

2.4.2. Yanlara salınım (30sn.)

Çalışma öncesi Bosu topunun sert zemini yukarı bakacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcının Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar beklemesi istenmiştir. Katılımcı hazır olduktan sonra kronometre başlatılmıştır. Şekil. 6'da gösterildiği üzere Katılımcı Bosu topunun sağdan sola ve bunu takip ederek soldan sağa olacak şekilde salınımı sürdürmüştür. Kronometre 30 saniyeye ulaştığında egzersiz tamamlanmıştır.



Şekil 6. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başladı. Sporcu Bosu topu sağa ve sola olacak şekilde salınım hareketiyle hareket ettirilerek egzersiz gerçekleştirildi.

2.4.3. Her iki yöne dönerek salınım(30sn.)

Çalışma öncesi Bosu topunun sert zemini yukarı bakacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcının Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar beklemesi istenmiştir. Katılımcı hazır olduktan sonra kronometre başlatılmıştır. Şekil. 7'de gösterildiği üzere katılımcı Bosu topunu ilk olarak 15 saniye boyunca saat yönünde daire çizerek hareket ettirmiştir. İlk 15 saniye tamamlandıktan sonra katılımcıya düdük yardımıyla uyarın verilmiştir. Verilen uyarınla birlikte katılımcı, dairesel hareketi saat yönünün tersine olacak şekilde 15 saniye daha sürdürmüştür. Kronometre 30 saniyeye ulaştığında egzersiz tamamlanmıştır.



Şekil 7. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başladı. Sporcu Bosu topunu 15 saniye boyunca saat yönünde dairesel hareket ettirdi. 15 saniyenin sonunda verilen düdük sesiyle beraber salınım 15 saniye saat yönünün tersine olacak şekilde sürdürüldü. Toplamda 30 saniye hareket ettirilerek egzersiz gerçekleştirildi.

2.4.4. Vücut ağırlığı ile squat (10 Tekrar)

Çalışma öncesi Bosu topunun sert zemini yukarı bakacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcı Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar beklemesi istenmiştir. Şekil. 8'de gösterildiği üzere katılımcı hazır olduktan sonra Bosu topunun nötral pozisyonu korunarak squat egzersizini yapması istenmiştir. Gerçekleştirilen her hareket 1 tekrar kabul edilmiştir. Toplamda 10 tekrar squat hareketi gerçekleştirildiğinde egzersiz sonlandırılmıştır.



Şekil 8. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başladı. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini koruyarak 10 adet squat hareketi yaptığında egzersiz tamamlandı.

2.4.5. Parmak ucuna dokunma (10 Tekrar)

Çalışma öncesi Bosu topunun sert zemini yukarı bakacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcı Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar bekledi. Şekil. 9'da gösterildiği üzere katılımcı hazır olduktan sonra Bosu topunun nötral pozisyonu korunarak el parmak uçlarıyla ayak parmaklarına doğru eğilerek dokunması istendi. Parmak uçlarına dokunduktan sonra tekrar ayağa kalkan katılımcının hareketi 1 tekrar kabul edildi. Toplamda 10 tekrar hareket gerçekleştirildiğinde egzersiz sonlandırıldı.



Şekil 9. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başladı. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini koruyarak 10 adet el parmaklarıyla ayak parmaklarına dokunup tekrar nötral pozisyona dönme hareketi yaptığında egzersiz tamamlandı.

2.4.6. Medikal top ile squat (10 Tekrar)

Çalışma öncesi Bosu topunun sert zemini yukarı bakacak pozisyonda dengesi korunarak zemine yerleştirilmiştir. Katılımcının Bosu topunun üstüne çıkıp dengesini kurana kadar beklemesi istenmiştir. Katılımcı hazır olduktan sonra katılımcıya 4 kg ağırlığında sağlık topu verilmiştir. Şekil. 10'da gösterildiği üzere Bosu topunun nötral pozisyonu korunarak elindeki sağlık topuyla birlikte squat egzersizini gerçekleştirmesi istenmiştir. Gerçekleştirilen her squat egzersizi 1 tekrar kabul edilmiştir. Toplamda 10 squat egzersizi gerçekleştirildiğinde egzersiz sonlandırılmıştır.



Şekil 10. Sporcu Bosu topu üzerinde dengesini sağladıktan sonra teste başladı. Sporcuya Bosu topu üzerinde sağlık topu verilir. Sağlık topu ile dengesini koruyarak toplam 10 adet squat hareketi yaptığında egzersiz tamamlandı.

2.5 Veri Analizi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 18.0 Paket programı ile yapılmıştır. Grup içinde, gruplar arasında ve grup-zaman etkileşimine bağlı farkın belirlenebilmesi amacıyla 3x2 tekrarlı ölçümler ANOVA testi uygulanmıştır. Hangi parametreler arasında farkların ortaya çıktığını tespit etmek amacıyla Post Hoc analizi olarak Bonferroni Testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ ve güven aralığında %95 olacak şekilde değerlendirilmiştir. Yüzdeler farkın belirlenebilmesi için (Ön test-son testler arasındaki fark) / (Ön test) x100 formülü kullanılmıştır.

3. Bulgular

Grafik yorumlandığında gruplar arasında ($F:4.199, p < 0.020, \eta^2_p: 0.135$) grup içi zamanlar arasında ($F:9.716, p < .003, \eta^2_p:0.152$) ve Grup *Zaman etkileşimine ($F:4.156, p < 0.021, \eta^2_p:0.133$) anlamlı farklılıklar görülmüştür (Şekil. 11)). Çizelge.1'e göre Post Hoc (Bonferroni) testi sonucunda,

gruplar arasında ön test sonuçlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmezken, son testlerde KG ile karşılaştırıldığında, T+DG lehine olarak istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür ($t:2.831, p < 0,019$). Grup içi zamanlar bakıldığında, DG ve T+DG'larında istatistiksel olarak anlamlı bir gelişim saptanmıştır ($t:-3.117, p < 0,003$).

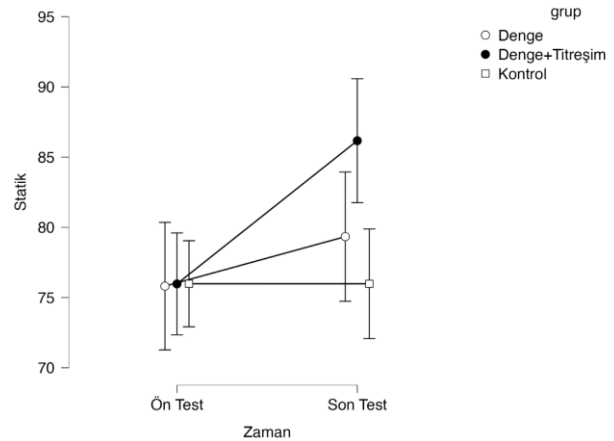
Çizelge 1. Statik denge performansına ait olan ortalama ve standart sapma değerleri

Grup	Zaman	$\bar{X} \pm Ss$
Denge+Titreşim	Ön-test	75.97±5.07
	Son-test	86.17±6.17
Denge	Ön-test	75.81±6.34
	Son-test	79.34±6.43
Kontrol	Ön-test	75.98±4.28
	Son-test	75.98±5.46

\bar{X} : Ortalama, Ss: standart sapma

Grup: $F:4.199, p < 0.020, \eta^2_p: 0.135$
 Zaman : $F:9.716, p < 0.003, \eta^2_p: 0.152$
 Grup *Zaman: $F:4.156, p < 0.021, \eta^2_p: 0.133$
 Değişim oranı: T+DG %13,41, DG %4,64, KG %0,003

Grup*Zaman ($F:4.156, p < 0,021$) etkileşimi bağlamında ise T+DG'nun yüzdeler olarak (T+DG %13,41, DG %4,64, KG %0,003) daha fazla artış kaydettiği belirlenmiştir.



Şekil 11. Statik Denge 3x2 tekrarlı ölçümler NOVA testi grafiği.

Dinamik denge üzerine gerçekleştirilen tekrarlı ölçümler varyans analizi sonuçlarına göre, zaman ($F:4.096, p < 0.048$) ve grup*zaman ($F:1.128, p < 0.031$) değişkenlerine göre parametreler arası istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir (Şekil. 12). Dinamik denge için yapılan ve Çizelge. 2'de görülen Post Hoc (Bonferroni) test sonuçlarına göre, gruplar arasında ön testlerde belirgin bir fark saptanmamış olmasına rağmen, son testlerde T+DG ile KG arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($t:1.632, p < 0.032$). Zaman açısından, gerek DG gerekse de T+DG'larında istatistiksel olarak anlamlı bir gelişim gözlemlenmiştir ($t:-2.024, p < 0.048$).

Çizelge 2. Dinamik denge performansına ait olan ortalama ve standart sapma değerleri

Grup	Zaman	$\bar{X} \pm Ss$
Denge+Titreşim	Ön-test	72.99±7.16
	Son-test	80,46±8.03
Denge	Ön-test	73.16±5.01
	Son-test	76.57±8.82
Kontrol	Ön-test	72.68±6.28
	Son-test	73.24±7.83

\bar{X} : Ortalama, Ss: standart sapma

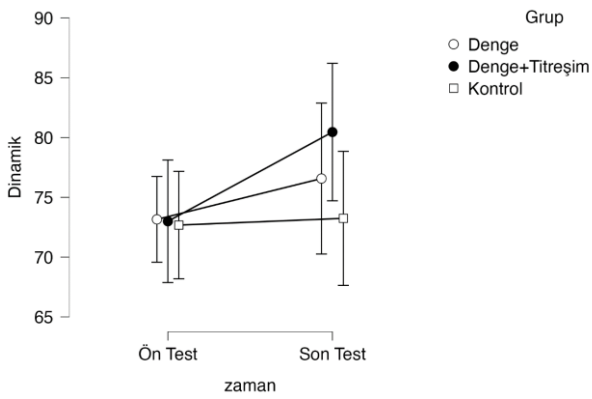
Çizelge.2'ye göre Grup*Zaman etkileşimi bakımından T+DG'nun yüzdesel olarak (T+DG %10.22, DG %4.66, KG %0.77) daha fazla artış kaydettiği gözlemlenmiştir.

Grup: $F:1.331$, $p<0.273$, $\eta^2_p: 0.047$

Zaman: $F:4.096$, $p<0.048$ * $\eta^2_p: 0.071$

Grup * Zaman: $F:1.128$, $p<0.031$ *, $\eta^2_p: 0.040$

Değişim oranı: T+DG %10,22, DG %4,66, KG %0,77



Şekil 12. Dinamik denge 3x2 tekrarlı ölçümler NOVA testi grafiği.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın sonuçları, denge bordu üzerinde yapılan denge çalışması ile titreşim uygulamasının bir araya getirildiğinde, akut olarak denge becerisi üzerinde kontrol grubu ve tek başına yapılan denge çalışmasına göre daha fazla gelişim sağladığını göstermektedir. Mevcut literatürde denge bordu üzerinde titreşim uygulaması ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır (Korkmaz, 2007). Bu nedenle, tartışma bölümünde, denge performansında gelişimi takip için denge borduları üstünde uygulanan egzersizler ile titreşim uygulamalarının tek başına denge kabiliyeti üzerindeki etkisi ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

Çeşitli araştırmalar, sabit olmayan zeminlerde yapılan çalışmaların denge kabiliyetini geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Cerrah vd. 2016; Gioftsidou vd. 2006; Korkmaz, 2007; Haksever vd. 2017). Örneğin, Cerrah vd. (2016) adolesan futbol oyuncularında yaptıkları çalışmalarında, fonksiyonel stabilite egzersizlerin hem statik hem de dinamik denge üzerindeki etkilerini

incelemiştir. Sonuç olarak denge egzersizlerinin topa vuruş esnasında özellikle dominant olmayan (denge bacağı) bacakta artış gösterdiğini ve propriyoseptif uyarıların seviyelerindeki artışın denge yeteneğini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Diğer bir taraftan, literatürde titreşim uygulamasının denge performansı üzerine olumlu etkilerini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Cloak vd. 2016; Despinae vd. 2014; Lam vd. 2012; Ritzmann vd. 2014). Örneğin, Cloak vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada, vibrasyon uygulamasının denge performansında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu artışın vibrasyondan kaynaklı olarak aktif hale gelen kas içiciklerinde uyarı girdisindeki bu artış ile propriyoseptif duyu verilerini etkin bir şekilde iletmeleri sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Bu çalışma, denge bordu üzerinde yapılan denge egzersizlerinin tüm vücut titreşim uygulaması ile birleştirildiğinde, akut denge performansını daha fazla geliştirdiğini göstermektedir. Bu gelişim, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur (Stania vd. 2016) ve propriyoseptif girdinin artışına, kas içiciklerinin aktive olmasına ve verilerin etkin bir şekilde iletilmesine bağlanabilir.

Çalışmanın sonuçları, titreşim ile aynı anda uygulanan denge antrenman uygulamasının, titreşimsiz denge antrenman uygulaması ile karşılaştırıldığında denge performansı üzerinde anlamlı düzeyde olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, spor branşlarında denge performansının önemli olduğu düşünüldüğünde, titreşimli denge çalışmalarının akut gelişim için önerilebileceğini ve bu alanda daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Literatürde bu konuda yapılacak yeni çalışmalarda, farklı egzersiz çeşitlerinin kullanılması ve eşit vibrasyon seviyelerindeki farklılıkların incelenmesi önemlidir. Ayrıca, uygulanan titreşimin genlik ve frekans değerleri ile değişimler yapılması ile bu değişimlerin denge kabiliyetine olan etkisi detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, farklı denge platformları ve vibrasyon entegrasyonu ile yapılan uzun dönemli çalışmaların etkisi üzerine odaklanan araştırmaların yapılması, bu alandaki bilgiyi genişletebilir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Bu çalışma Doç. Dr. Mehmet YILDIZ ve Doç. Dr. Uğur FİDAN danışmanlığında İsmail BAYBURA tarafından 2023 yılında tamamlanan "Titreşimli denge cihazı ile yapılan egzersizlerin statik ve dinamik denge üzerine akut etkisinin araştırılması" başlıklı ve 817145 tez no'lu yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Metodoloji/Çalışma, Deneysel tasarım, Analiz ve yorumlama, Araştırma, Yazma/orijinal taslak, Görselleştirme

Yazar 2: Kavramsallaştırma, Metodoloji/Çalışma, Deneysel tasarım, Analiz ve yorumlama, Yazma/inceleme ve düzenleme, Denetleme/danışmanlık

Yazar 3: Kavramsallaştırma, Metodoloji/Çalışma, Doğrulama, Analiz ve yorumlama, Yazma/inceleme ve düzenleme, Görselleştirme, Denetleme/danışmanlık,

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

Altay F., 2001. Ritmik Cimnastikte İki Farklı Hızda Yapılan Chain Rotasyon Sonrasında Yan Denge Hareketinin Biyomekanik Analizi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 125.

Baumbach, S. F., Fasser, M., Polzer, H., Sieb, M., Regauer, M., Mutschler, W., Blauth, M., 2013. Study protocol: the effect of whole body vibration on acute unilateral unstable lateral ankle sprain-a biphasic randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **14**, 1-9.
<https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-22>

Bayraktar, B., Kurtoglu, M., 2009. Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim Dergisi*, **22(1)**, 16-24.

Cerrah, A. O., Bayram, İ., Yıldizer, G., Uğurlu, O., Şimşek, D., Ertan, H., 2016. Effects of functional balance training on static and dynamic balance performance of adolescent soccer players. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, **2(2)**, 73-81.
<https://doi.org/10.18826/ijsets.38897>

Chang, W. D., Chen, S., Tsou, Y. A., 2021. Effects of Whole-Body Vibration and Balance Training on Female Athletes with Chronic Ankle Instability. *Journal of Clinical Medicine*, **10(11)**, 2380
<https://doi.org/10.3390/jcm10112380>

Cloak, R., Nevill, A., Wyon, M., 2016. The acute effects of vibration training on balance and stability amongst soccer players. *European Journal of Sport Science*, **16(1)**, 20-26.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.973912>

Demirel N., 2009, Marmara Üniversitesi, Menopoz Öncesi Bayanlarda Tüm Vücut Titreşim Antrenmanının Yaşlanmanın Geciktirilmesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul,35.

Despina, T., George, D., George, T., Sotiris, P., George, K., Maria, R., & Stavros, K., 2014. Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility

and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Human Movement Science*, **33**, 149-158.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.023>

Erkmen, N., Suveren, S., Göktepe, A. S., Yazıcıoğlu, K., 2007. Farklı branşlardaki sporcuların denge performanslarının karşılaştırılması. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, **5(3)**, 115-122.
https://doi.org/10.1501/sporm_0000000080

Fidan, U., Yıldız, M., Şahan, A., 2019. İnsan bilgisayar etkileşimi ile propriyoseptif duyuğun geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 177-184.
<https://doi.org/10.31590/ejosat.637808>

Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Godolias, G., Maganaris, C. N., 2006. The effects of soccer training and timing of balance training on balance ability. *European journal of applied physiology*, **96**, 659-664.
<https://doi.org/10.1007/s00421-005-0123-3>

Haksever, B., Düzgün, İ., Deniz, Y., Baltacı, G., 2017. Sağlıklı bireylere Standart Denge Eğitiminin Dinamik, Statik Denge ve Fonksiyonellik Üzerine Etkileri, *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, **2(3)**, 40-49.

İşler, A. K., 2007. Titreşimin Performansa Etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, **18(1)**, 42-56.

Koku, F. E., 2015. Sportif Performansın Genetik ile İlişkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, **50(1)**, 021-030.

Korkmaz, M. 2007, Profesyonel Dansçılarda Propriyoseptif Egzersizlerin Denge Üzerine Etkisi, Yüksek lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,68.

Kuo, A. D., Speers, R. A., Peterka, R. J., Horak, F. B., 1998. Effect of altered sensory conditions on multivariate descriptors of human postural sway. *Experimental brain research*, **122**, 185-195.
<https://doi.org/10.1007/s002210050506>

Lam, F. M., Lau, R. W., Chung, R. C., Pang, M. Y., 2012. The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, **72(3)**, 206-213.
<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.04.009>

Lau, R. W., Liao, L. R., Yu, F., Teo, T., Chung, R. C., Pang, M. Y., 2011. The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, **25(11)**, 975-988.
<https://doi.org/10.1177/0269215511405078>

Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraudo, J. L., Fu, F. H., 1997. The role of propriyoeption in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American journal of sports medicine*, **25(1)**: 130-137.
<https://doi.org/10.1177/036354659702500126>

Naito, E., Kochiyama, T., Kitada, R., Nakamura, S., Matsumura, M., Yonekura, Y., Sadato, N., 2002.

- Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *Journal of Neuroscience*, **22(9)**, 3683-3691.
<https://doi.org/10.1523/jneurosci.22-09-03683.2002>
- Nashner LM., 2001. Computerized Dynamic Posturography. In: Goebel JA, Ed: Practical Management of the Dizzy Patient, Lippincott, Williams&Wilkins, 143-170.
- Paillard, T., Noe, F., Riviere, T., Marion, V., Montoya, R., Dupui, P., 2006. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of athletic training*, **41(2)**, 172-176.
- Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F., & Perrot, C., 2002. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & posture*, **15(2)**, 187-194.
[https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(01\)00149-7](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(01)00149-7)
- Rabert, M. S., Comas, D. R., Vanmeerhaeghe, A. F., Medina, C. S., i Figuls, M. R., Romero-Rodríguez, D., Cosp, X. B., 2012. Whole-body vibration training for patients with neurodegenerative disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **2**.
<https://doi.org/10.1002/14651858.cd009097>
- Ritzmann, R., Kramer, A., Bernhardt, S., & Gollhofer, A., 2014. Whole body vibration training-improving balance control and muscle endurance. *PloS one*, **9(2)** e89905.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089905>
- Powers, C.K., Howley E.T., Exercise Physiology (Theory and application to fitness and performance), McGraw-Hill International edition., USA, (2011).
<https://doi.org/10.1249/00005768-199503000-00027>
- Santos-Filho, S. D., Cameron, M. H., Bernardo-Filho, M., 2012. Benefits of whole-body vibration with an oscillating platform for people with multiple sclerosis: a systematic review. *Multiple Sclerosis International*.7
<https://doi.org/10.1155/2012/274728>
- Stania, M., Juras, G., Słomka, K., Chmielewska, D., Król, P., 2016. The application of whole-body vibration in physiotherapy- A narrative review. *Acta Physiologica Hungarica*, **103(2)**, 133-145.
<https://doi.org/10.1556/036.103.2016.2.1>
- Türkmen, F. C., Köse, N., 2016. Vibrasyon: fizyoterapide kullanımı ve etkileri. *Fizyoterapi Seminerleri*, **11**.
- Vuillerme, N., Danion, F., Marin, L., Boyadjian, A., Prieur, J. M., Weise, I., Nougier, V., 2001. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience letters*, **303(2)**, 83-86.
[https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)01722-0](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)01722-0)
- Yıldız, M., Fidan, U., Baybura, İ., 2022. Fitbalance Mobil Denge Ölçüm Cihazının Güvenirliği. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, **6(1)**, 14-23.
<https://doi.org/10.32706/tusbid.1086251>