



The Role of Physical Activity in Preventing and Treating Osteoporosis in Women A Narrative Review

Sümena Hareket^{1,a,*}, İlkur Naz Gürşan^{2,b}

¹Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

²Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

*Corresponding author

Review

History

Received: 28/09/2022
Accepted: 20/03/2023

ABSTRACT

Osteoporosis is an important cause of morbidity and mortality, affecting almost one out of every two women at any point in her life. One of the important and modifiable risk factors of this disease, which disrupts the bone structure, is physical inactivity. While physical inactivity brings bone marrow-derived mesenchymal stem cell differentiation closer to adipogenesis and away from osteoblastogenesis; physical activity and exercise provide vascularization and mechanical loading through; the formation of piezo electric effect, hormone-cytokine release, signaling pathways and regulation of non-coding RNAs by providing positive effects on bone structure. To maintain bone health, loss of balance, fall and related fracture, etc. in order to prevent situations, to ensure general physical fitness, physical activity and exercise should become an indispensable element in the life of women. In the literature, the effects of physical activity, exercise-based training such as aerobics, strengthening, balance and combined exercise interventions and vibration training at different intensities on bone structure vary. In studies, it has been reported that combined exercise interventions provide the greatest effect and that resistance exercises are an important component in these interventions. It is recommended to regularly practice physical activity and exercise, and it is reported that long-term exercise programs provide more improvement in the treatment of osteoporosis. However, the physical fitness of the person participating in the program, the risk of fractures and their presence should be taken into account. Within the scope of this review, regarding the subject that is kept up-to-date and highly discussed in the literature; the effect of physical activity and exercise on osteoporosis in women, guideline recommendations and exercises to avoid were examined.

Keywords: Exercise, Fracture, Physical activity, Osteoporosis, Women's health

Kadınlarda Osteoporozu Önleme ve Tedavi Etmede Fiziksel Aktivitenin Rolü Geleneksel Bir Derleme

Süreç

Geliş: 28/09/2022
Kabul: 20/03/2023

Öz

Osteoporoz neredeyse her iki kadından birini, hayatının herhangi bir noktasında etkileyen önemli bir morbidite ve mortalite nedenidir. Kemik yapısını bozan bu hastalığın önemli ve değiştirilebilir risk faktörlerinden biri fiziksel inaktivitedir. Fiziksel inaktivite, kemik iliği kaynaklı mezenkimal kök hücre farklılaşmasını adipogeneze yaklaştırıp osteoblastogenezden uzaklaştırırken; fiziksel aktivite ve egzersiz sağladığı vaskülarizasyon ve oluşturduğu mekanik yüklemeye yoluyla; piezoelektrik etki oluşumu, hormon- sitokin salınımı, sinyal yolları ve kodlayıcı olmayan RNA'ların düzenlenmesini sağlayarak kemik yapısı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Kemik sağlığını korumak, denge kaybı, düşme ve buna bağlı kırık vb. durumları önlemek, genel fiziksel uygunluğu sağlamak için fiziksel aktivite ve egzersiz, kadınların yaşamında vazgeçilmez bir unsur haline gelmelidir. Literatürde farklı yoğunlukta fiziksel aktivite, aerobik, kuvvetlendirme, denge ve kombine egzersiz müdahaleleri gibi egzersize dayalı eğitimlerin ve vibrasyon eğitiminin kemik yapısı üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir. Çalışmalarda en fazla etkiyi kombine egzersiz müdahalelerinin sağladığı ve direnç egzersizlerinin bu müdahalelerde önemli bir komponent olduğu bildirilmiştir. Fiziksel aktivite ve egzersizin düzenli uygulanması önerilmekte, uzun süreli uygulanan egzersiz programlarının osteoporoz tedavisinde daha fazla gelişme sağladığı bildirilmektedir. Ancak programa katılan kişinin fiziksel uygunluğu, kırık riski ve varlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Literatürde güncelliğini koruyan ve oldukça tartışılan konuyla ilgili olarak bu derleme kapsamında; fiziksel aktivite ve egzersizin kadınlarda osteoporoz üzerine etkisi, kılavuz önerileri ve kaçınılması gereken egzersizler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz, Fiziksel aktivite, Kadın sağlığı, Kırık, Osteoporoz

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

^a SumenaHareket4@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0002-2072-8731>

^b ilkurnaz4@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-1160-6561>

How to Cite: Hareket S, Gürşan IN (2023) The Role of Physical Activity in Preventing and Treating Osteoporosis in Women A Narrative Review, Journal of Health Sciences Institute, 8(1): 73-81

Giriş

Osteoporoz; kırık riskini artıran, düşük kemik kütlesi ve kemik dokusunun mikro-mimari yapısının bozulması ile karakterize, en yaygın metabolik kemik hastalığıdır (Eastell ve ark., 2016; Johnell ve Kanis, 2006). Hastalığın tanısı proksimal femur ve omurga temel alınarak kemik dansitometrisinden elde edilen bir T-skoru aracılığıyla konmaktadır. Referans bir genç popülasyonun ortalama değerine göre 2.5 standart sapmadan daha düşük bir T-skoru, osteoporozun göstergesidir (Wright ve ark., 2014).

Her yıl dünya çapında 8,9 milyon kırığa neden olan önemli bir küresel sağlık sorunu olan osteoporozla ilişkili olarak nüfus yaşlandıkça maliyet ve problemler artmaktadır (Johnell ve Kanis, 2006; Nichols ve Pavlovic, 2018). Amerika'da hastalığın tıbbi maliyetinin yıllık 19 milyar dolar, bir hasta için tek kalça kırığı toplam maliyetinin de 45 bin dolar olduğu tahmin edilmektedir (Nichols ve Pavlovic, 2018). Türkiye'de yapılan bir incelemede ise, 2019'dan 2023'e kadar osteoporozla bağlı olarak 1,35 milyon kırık meydana geleceği ve bu durumun 2,42 milyar dolarlık bir maliyetle sonuçlanacağı öngörülmüştür (Aziziyeh ve ark., 2020).

Osteoporozun neredeyse her iki kadından birini hayatının herhangi bir noktasında etkilediği, erkeklerle kıyaslandığında ise kadınların, daha düşük kemik yoğunluğu ve kemik mineral içeriğine (KMi) sahip olmasına bağlı olarak, daha genç yaşta ve daha hızlı kemik kaybı yaşama eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum 50 yaş ve üzeri kadınlarda osteoporoz oranının erkeklere göre 4 kat fazla görülmesi ve 5-10 yıl erken kırık riski yaşanmasıyla sonuçlanmaktadır (Alswat, 2017; Nichols ve Pavlovic, 2018). Osteoporoz kırık riskine ek olarak, osteoklastların osteoblastlara dönüşüm oranında azalma ve kan dolaşımında kalsiyum konsantrasyonunun artışına neden olmaktadır. Arteriyel ve serebral kan damarlarında yüksek seviyede kalsiyum birikmesi ise, kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalık riskinde artışla sonuçlanmaktadır (Alswat, 2017; Hu ve ark., 2019).

Osteoporoz; birincil (menopoz sonrası kadınlar ve 70 yaş üstü kişiler), ikincil (başka hastalık veya tedavilerin neden olduğu) veya idiyopatik olarak sınıflandırılmaktadır (Marcucci ve Brandi, 2015). En yaygın osteoporoz türü, östrojen eksikliğinden kaynaklanan menopoz sonrası osteoporozdur. Östrojen eksikliği, tüm kemik hücreleri üzerindeki etkiler nedeniyle kemik döngüsünde artış sağlamaktadır. Kemik oluşumu ve emilmesindeki dengesizlik nedeniyle oluşan etkilere bağlı olarak, ortalama 50 yaş üzerindeki kadınların %50'si kırık riski altındadır (Eastell ve ark., 2016). Osteoporotik kırık için yaygın bölgeler omurga, kalça, distal önkol ve proksimal humerustur. Bu kırıklar, toplumda önemli bir morbidite nedenidir. Kırıkların tamamında akut ağrı ve fonksiyon kaybı görülmektedir. Ayrıca önkol kırıkları dışında oluşan kırıkların artan mortalite ile ilişkili olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Özellikle kalça kırığı durumunda, takip eden ilk 3-6 ayda ölümler meydana gelmektedir. Bunun %20-30'unun kırık durumuyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kanıs ve ark., 2019).

Osteoporoz Gelişiminde Risk Faktörü Olarak Fiziksel İnaktivite

Hastalığın önemli ve değiştirilebilir risk faktörlerinden biri fiziksel inaktivitedir (Carter ve Hinton, 2014). Kemik iliği kaynaklı mezenkimal kök hücre farklılaşması; fiziksel inaktiviteyle beraber adipogeneze yaklaşıırken, osteoblastogenezden uzaklaşır. Mekanik sinyallere duyarlı bu hücreler hareket sayesinde, osteoblast ve osteosit aktivitesini olumlu yönde etkilemektedir (Ozcivici ve ark., 2010). Bu durumu destekler nitelikte 50 yaş ve üzeri kadınlarda, 30 dakikalık inaktivite yerine fiziksel aktivite (FA) gerçekleştirilmesinin, kemik mineral yoğunluğunu (KMY) yaklaşık 3 mg/cm² artırabildiği ve omurgada osteoporoz riskini %12 oranında azaltabildiği bildirilmiştir (Ricci ve ark., 2019).

Egzersiz sırasında ise artan mekanik talebe yanıt olarak, kemik döngüsündeki denge; osteoblast alımı ve aktivitesi yoluyla anabolizmayı desteklemekte, yeni yüklenmeleri karşılamak için matris ekleyerek kemiğin gücünü artırmaktadır. Mekanik yüklemenin azalması durumunda osteoblastojenez baskılanırken, osteoklastogenez uyarılmaktadır (Ozcivici ve ark., 2010). Ayrıca mekanik yüklenme; östrojen, paratiroid, glukokortikoid gibi hormon ve kodlayıcı olmayan RNA'ların düzenlenmesi, IL-1, IL-6 ve TNF- α gibi kemik rezorpsiyonunu artıran proinflatuar sitokinlerin azaltılması, IL-2, IL-10, IL-12, IL-13, IL-18 ve IFN gibi kemik rezorpsiyonuna karşı koruyucu sitokinlerin artırılması, egzersiz tarafından indüklenen sinyal yolları üzerine etki ederek sağlıklı iskeletin korunmasına yardımcı olurken; piezoelektrik etki yaratarak hidroksiapatit kristalleri tarafından daha fazla kemik mineralizasyonunu sağlayan elektriksel bir impuls oluşturmaktadır (Marini ve ark., 2020; Tong ve ark., 2019). Kemiğin vaskülarizasyonunda da önemli yeri olan FA ve uygun egzersiz, osteoporoz gelişimini engellemektedir (Tong ve ark., 2019). Şekil 1'de FA'nin kemik üzerine etki mekanizmaları özetlenmiştir.

Osteoporoz Hastalarında Fiziksel Aktivite Azalma Nedenleri

Hastalarda FA azalmasının en yaygın nedeni, hem önceki hem de olası düşmeler ve bunun sonucunda oluşan kırıklardır. Ağrı ise osteoporotik kırık geçmişi olan ve 6 yıldan uzun süredir osteoporoz semptomları olan hastalar arasında, azalmış FA'nın başlıca nedeni olarak belirtilmiştir (Lewczuk ve Biafoszewski, 2006). Azalan FA; kemik yapısında, gücünde, mineralizasyonda azalmaya ve bunun sonucunda da kemik kırılma riskinde artışa neden olmaktadır (McGee-Lawrence ve ark., 2008). Bu durumu destekler nitelikte FA düzeyinin pedometre ve ivmeölçer ile değerlendirildiği bir çalışmada 94'ü kadın, 96 osteoporozlu katılımcıdan; günde 5.000 adımdan az atanların, günde 5.000 ve daha fazla adım atan katılımcılara göre daha yavaş yürüyüş hızına, daha düşük denge performansına ve daha düşük sağlıklı ilişkili yaşam kalitesine sahip olduğu görülmüştür (Dohrn ve ark., 2016).



Şekil 1. Fiziksel aktivitenin kemik yapıyı etkileyen mekanizmaları
Figure 1. Mechanisms of physical activity affecting bone structure

Osteoporoz Tedavisinde Fiziksel Aktivite ve Egzersiz Etkisi

Osteoporoz tedavisinde ilk basamak; kullanılan ajana, hasta popülasyonuna ve ilaca bağlı kalmaya ilişkili olarak kırık riskini yaklaşık %20-60 oranında azalttığı için KMY'yi hedefleyen farmasötik ajanlardır (Daly ve ark., 2019). Ancak farmasötiklerin; kas gücü, dinamik denge, koordinasyon ve genel fonksiyonel performans gibi düşme ve kırık riskinin artmasıyla ilişkili olan diğer önemli kırık risk faktörleri üzerinde etkisi yoktur (Cawthon ve ark., 2008). Değiştirilebilir kırık risk faktörlerini (kemik kuvveti, düşme riski, düşme etkisi) iyileştirebilecek tek strateji egzersiz eğitimidir (Daly ve ark., 2019). Egzersiz eğitiminin, uygun şekilde reçete edilmesi, uyumunun sürdürülmesi ve daha etkili hale getirmek için belli prensiplere dayanması gerekmektedir (Borer, 2005; Daly ve ark., 2019). Yapılandırılmış fiziksel aktivite olarak tanımlanan egzersizin; statik değil dinamik olması, bir eşik yoğunluğunu ve gerinim frekansını aşması, nispeten kısa ama aralıklı olması, kemiklere alışılmadık bir yüklenme modeli uygulaması bu prensipler arasındadır (Borer, 2005; Brooke-Wavell ve ark., 2022).

Fiziksel aktivite ise; egzersiz, günlük yaşam aktiviteleri, iş gibi enerji harcamasını artıran tüm aktiviteleri içeren bir şemsiye terim olarak tanımlanmaktadır (Pinheiro ve ark., 2020). Yüksek FA seviyesinin sağlık ve yaşam kalitesini daha olumlu şekilde etkilediği bildirilmiştir (McMillan ve ark., 2017).

FAve egzersiz; osteoporozu önlemek, yönetmek için tedavi potansiyeline sahiptir, ancak farklı FA ve egzersiz modalitelerinin kemik sağlığı üzerinde değişen etkileri vardır (Daly ve ark., 2019; McMillan ve ark., 2017).

Aerobik egzersiz

Tüm vücut sistemleri için geniş ölçüde faydalı egzersiz türlerinden biri uzun süreli aerobik egzersizlerdir. Ancak özellikle yerçekimine karşı yapılmayan aerobik egzersizlerin kemikler üzerinde etkisi olmadığı veya çok düşük düzeyde olduğu, yerçekimine karşı yapılan aerobik egzersizlerden daha az osteojenik yanıtlar alındığı gösterilmektedir (Hong ve Kim, 2018). Gonzalo-Encabo ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada bisiklete binme, yüzme gibi yerçekimine karşı yapılmayan aerobik egzersizler yerine koşma, ip atlama ve yürüme gibi yerçekimine karşı yapılan aerobik egzersizlere daha fazla zaman ayıran kadınların, KMY'da daha az düşüş yaşadığını kaydetmiştir.

Al Dahamsheh ve ark. (2019) içlerinde osteoporotik kadın grubunun olduğu çalışmalarında; germe-ısınma, adım atma-kademeli yürüyüş ve soğuma-gevşemeden oluşan haftada 3 seans 60 dakika aerobik egzersiz protokolünü uygulamış; 12 haftanın sonunda bu aerobik egzersiz protokolünün, kemiğe özgü alkalin fosfataz ve kalsiyum gibi kemik biyobelirteçlerini geri yükleyerek kemik sağlığını iyileştirdiğini, kemik dokusunun homeostazını eski haline getirdiğini savunmuş ve KMY'da anlamlı iyileşme sağladığını kaydetmiştir. Daly ve ark. (2019) ise düzenli yürüyüş, bisiklete binme ve yüzme gibi düşük yoğunluklu aerobik aktivitelerin, postmenopozal kadınlarda yaşa bağlı kemik kaybını önlemede az etkisi olduğunu veya hiç etkisi olmadığını savunmuştur. Başka bir çalışmada yürüyüş yapmanın kemik kütlelerini iyileştirmede; ancak ilerleyen kemik kaybını sınırlayabildiği belirtilmiştir (Benedetti ve ark., 2018). Bu durum, kemik yapısını kuvvetlendirmek için bir eşik yoğunluğunun aşılması ve kemiklere alışılmadık bir yüklenme modeli uygulamak gerektiğiyle açıklanabilir

(Borer, 2005). Maksimum oksijen alımının yaklaşık %75'i veya daha fazla yoğunlukta tempolu yürümenin, ağırlıklı bir yekek veya diğer egzersiz tipleriyle birlikte (koşu, merdiven çıkma) yürümenin kemik kaybına karşı bir miktar koruma sağlayabileceği bildirilmiştir (Daly ve ark., 2019). Aerobik egzersizle beraber fiziksel olarak aktif kişilerde; KMY'da olası bir artış, daha iyi denge, gelişmiş kas gücü, esnek eklemler, düşme riskinde ve buna bağlı kırık oluşumunda azalma sağlayabilmektedir (Pines, 2009). Yapılan bir çalışma haftada 1 saat (3 MET'e eşdeğer) ortalama bir hızda yürümenin kalça kırığı riskini %6 oranında azalttığı, ek olarak yapılan her 1 saatlik yürüyüşün de bu riski %6 daha azalttığı bildirilmiştir (Feskanich ve ark., 2002).

Aerobik egzersizin, uygulandığı süre bakımından dolayı da KMY üzerine farklı etkileri olabilmektedir (Gonzalo-Encabo ve ark., 2019). Postmenopozal kadınlarda uzun süreli (300 dk/hafta) ve orta süreli (150 dk/hafta) aerobik egzersizin KMY ve KMİ üzerindeki etkileri incelenmiş; 12 aylık müdahale sonunda uzun süreli egzersiz grubunun, orta süreli egzersiz grubuna kıyasla daha yüksek KMY'ya sahip olduğu, ancak KMİ bakımından gruplar arasında fark olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca gruplar arasında KMY'ye ilişkin farkın 1 yıl sonra da devam ettiği bildirilmiştir (Gonzalo-Encabo ve ark., 2019). Ayrıca osteoblastların enzimatik aktivasyonunda etkili olan aerobik egzersiz eğitiminin, hipertansiyon vb. kardiyovasküler risk faktörlerini azalttığı için egzersiz programına eklenmesi beklenmektedir (Benedetti ve ark., 2018; Nichols ve Pavlovic, 2018). Bu nedenle maksimum kalp hızının %40-70'inde haftada 5 gün 30 dakika olacak şekilde orta şiddette yürüyüş veya bisiklet egzersizi önerilmektedir (Nichols ve Pavlovic, 2018).

Kuvvetlendirme egzersizi

Egzersizin kemik sağlığını iyileştirdiği belirli mekanizmalar henüz tam olarak aydınlatılamamış olsa da egzersiz eğitiminin neden olduğu mekanik yükün kas kütlelerini artırdığı, iskelette mekanik stres ürettiği ve osteoblast aktivitesini geliştirdiği yaygın olarak kabul edilmektedir (Hong ve Kim, 2018). Bununla birlikte, tüm egzersiz modaliteleri eşit derecede osteojenik değildir (Mertiya ve ark., 2023). Egzersiz eğitiminin osteojenik bir etki ortaya çıkarması için kemiklere uygulanan mekanik yükün günlük aktiviteler sırasında karşılaşılan yükü aşması gerekmektedir (Benedetti ve ark., 2018; Hart ve ark., 2017). Zıplama vb.yerçekimine karşı yapılan egzersizler ve/veya progresif kuvvet egzersizi (PKE), tek başına veya kombinasyon halinde erişkinlerde kemik sağlığını iyileştirebilmektedir (Beck ve ark., 2017). Bunlar arasında PKE, kemik kütlelerini ve yoğunluğunu korumak/artırmak için en umut verici müdahale olarak vurgulanmış, nedeni olarak PKE sırasında kemiğe uyarıcı oluşturan ve kemiğin osteojenik yanıtını destekleyen çeşitli kas yüklerinin uygulanması olarak gösterilmiştir (Hong ve Kim, 2018). Hem kasların doğrudan çekme hareketi (eklem reaksiyon kuvvetleri) hem de iskeletin daha fazla ağırlıkla (yer reaksiyon kuvvetleri) desteklenmesi ile kemiğe çeşitli yüklerin binmesi sağlanabilmektedir (Taafe ve ark., 2013).

İskelet sağlığını korumak için gereken en iyi kuvvet antrenmanlarından biri 1 maksimum tekrar ve KMY arasındaki pozitif ilişkiden dolayı, maksimal kuvvet antrenmanı olarak kabul edilmektedir (Cussler ve ark., 2003; Mosti ve ark., 2013). Yapılan bir çalışmada osteopeni ve osteoporozu olan postmenopozal kadınlar için, haftada 3 kez 12 hafta boyunca squat egzersiz makinesinde alt ekstremitelerin kullanıldığı, 1 egzersizden oluşan antrenman programı uygulanmıştır. Antrenman yükünün yaklaşık %50'sinde 8-12 tekrar 2 set ısınma ve ardından 1 maksimum tekrarın %85-90'ında 4 set 3-5 tekrar uygulanan squat egzersizinin; lomber omurga ve femur boyun KMİ'de %2,9 ve %4,9 artış, kemik oluşumunda da uyarılma sağladığı kaydedilmiştir (Mosti ve ark., 2013). Bir Delphi çalışmasında (2015) osteoporozlu bireyler için genel olarak; egzersiz bantları, ağırlık ve vücut ağırlığı yerçekimine karşı kullanılacak şekilde, haftada en az 2 gün, egzersiz başına 1-3 set 8-12 tekrar; bacak, kol, göğüs, sırt ve omuzlar için en az 1 egzersizin dahil edildiği egzersiz programı önerilmektedir (Giangregorio ve ark., 2015).

Osteoporozun en yaygın belirtisi vertebral kırıklardır ve yaşlı kadın hastalar bu durumdan ciddi şekilde etkilenmektedir (Nevitt ve ark., 1998). Bu durum; sırt ağrısı, azalan fiziksel kapasite, algılanan kötü genel sağlıkla koreledir (Çergel ve ark., 2019). Vertebra kırığı olan postmenopozal kadınlar üzerinde yapılan bir çalışmada; ilk 2 haftası 3 set 8, 2. haftası 10 ve 3. haftası 12 tekrardan oluşan, haftada 3 defa yapılan 6 haftalık denetimli spinal ekstansiyon egzersiz programının istirahat-aktivitede ağrı, sırt ekstansör kas gücü, fonksiyonel hareketlilik, gövde-kol kas dayanıklılığı ve yaşam kalitesinde önemli ölçüde iyileşme sağladığı görülmüştür (Çergel ve ark., 2019). Osteoporozlu hastalarda günlük 5-10 dk spinal ekstansör eğitimi önerilmektedir (Giangregorio ve ark., 2015).

Denge egzersizi

Denge kaybı ve düşme, osteoporozlu hastalar için ciddi risk faktörleridir. Düşmeler genellikle tıbbi müdahale gerektiren ve hatta ölümcül olabilen kırıklarla sonuçlanmaktadır. Farmakolojik tedaviye ek olarak, düşmeleri önlemek ve dengeyi iyileştirmek için egzersizin önemli bir yeri vardır (Miko ve ark., 2018).

Düşme riskini azaltmak için gereken başarılı bir egzersiz programının komponentleri; kişinin zorlanmasını sağlayan denge egzersizi, alt ekstremiteler için orta veya yüksek yoğunlukta progresif kuvvet egzersiz eğitimi, uzun süre (6 ay-1 yıl) ve haftada 3 saatten fazla egzersiz yapmaktır (Skelton ve Mavroei, 2018). Osteoporozlu kişilerde günlük 10-15 dk, statikten dinamiğe olacak şekilde ilerleme ve gerektiğinde destek kullanımının sağlandığı denge egzersizleri önerilmektedir (Giangregorio ve ark., 2015). Osteoporozu olan postmenopozal kadınlarda statik, dinamik, fonksiyonel fazdan oluşan ve 12 ay, haftada 3 kez 30 dakika boyunca uygulanan sensorimotor denge egzersiz programının; denge parametrelerini önemli ölçüde iyileştirdiği ve düşme sayısını azalttığı bildirilmiştir (Miko ve ark., 2018).

Kas gücü ve dengeyi korumaya yardımcı olduğu bilinen egzersizlerden TaiChi'nin düşmeleri azaltmada, proksimal femur ve lumbur omurgaya stres yükleyerek KMY'da artış sağlamada ve buna bağılı olarak osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde başarılı olduğunu bildiren çalışmaların yanı sıra (Skelton ve Mavroei, 2018; Xie ve ark., 2019); TaiChi kanıtlarının ikna edici olmadığına inanan ve daha titiz araştırmaların gerektiğini düşünen çalışma da vardır (Lee ve ark., 2008). Osteoporozlu postmenopozal kadınlarda yapılan bir çalışmada; 6 ay, haftada 2 gün TaiChi yapan egzersiz grubu, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı fark olmadığı ancak TaiChi grubunda ayakta durma dengesinin pozitif yönde gelişme gösterdiği bildirilmiştir (Ferrara ve ark., 2019).

Kombine egzersiz müdahaleleri

Tek egzersizli eğitim modunun sıklıkla KMY üzerinde bölgeye özgü etkiler ürettiği, en az iki farklı egzersiz türünü karıştıran kombine egzersiz müdahalelerinin ise çeşitli mekanik zorlamalar oluşturduğu ve farklı iskelet yüklenme alanlarını etkilediği varsayılmaktadır (Zhao ve ark., 2017).

On bir çalışmanın sistematik bir incelemesi ve meta-analizi olan bir çalışma; kombine egzersiz müdahalelerinin, kontrol grubunun olağan FA seviyelerine kıyasla lumbur omurga, femur boynu, toplam kalça ve vücut KMY'sini olumlu etkilediğini; 60 yaşından küçük postmenopozal kadınların femur boynundaki kombine egzersiz müdahalelerine, 60 yaş ve üzeri bireylerin ise lumbur omurgadaki müdahalelere daha duyarlı olduğunu bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2017). Osteoporozlu postmenopozal kadınlarda kuvvet egzersizi; KMY, gücü, işlevselliği ve yaşam kalitesi açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte aerobik, denge ve koordinasyon gibi diğer terapötik egzersiz modaliteleri ile birleştirildiğinde üretilen faydaların artabileceği gösterilmiştir (Alonso Pérez ve ark., 2021). Osteoporoz ve vertebra kırığı olan 65 yaş ve üstü kadınlara, egzersiz süresi boyunca her katılımcı için egzersizlerin ayarlanması ve ilerlemesini sağlayan deneyimli bir fizyoterapist tarafından 12 hafta, haftada 2 kez bir kuvvet ve denge egzersiz programı uygulanmıştır. Müdahaleden 3 ay sonra kadınlarda; düşme korkusunun yanı sıra kas gücü, denge ve hareketlilik gibi sonuçlar üzerinde çok bileşenli bir egzersiz programının gelişmiş etkileri bildirilmiştir (Stanghelle ve ark., 2020). Kuvvet ve denge egzersiz programının yararlı etkilerine benzer olarak, başka bir çalışmada 6 ay boyunca haftada 3 kez 60 dakika denge ve kuvvet egzersiz programı uygulayan osteoporozlu kadınlarda statik dengede %21, dinamik dengede %36; üst %80 ve alt ekstremite kuvvetinde %47 oranında önemli gelişmeler gözlemlenmiştir (Otero ve ark., 2017). İngiltere'de belirlenen konsensus raporunda ise osteoporozlu hastalar için haftada 2-3 defa progresif olacak şekilde kas güçlendirici FA ve egzersiz önerilmekte, PKE eğitimi maksimum 8-12 tekrar 3 set olacak şekilde planlanmaktadır. Kırığı olmayan hastalarda ek olarak orta düzeyde seans başına en az 50 tepki kuvveti (koşu, atlama vb.) içeren yerçekimine karşı yapılan aerobik egzersizler önerilmektedir. Omurga kırığı veya çoklu travma kırığı

olan osteoporozlu hastalarda ise haftada 150 dakika (günde ortalama 20 dakika) olacak şekilde, zorlanma olmadan tempolu yürüyüş gibi yerçekimine karşı yapılan egzersizler önerilmektedir (Brooke-Wavell ve ark., 2022).

Tüm vücut vibrasyon eğitimi

Tüm vücut vibrasyonu eğitimi, titreşimler sayesinde kas iğciklerini uyararak kas kasılmasına neden olan motor nöronları harekete geçirmektedir (Trans ve ark., 2009). Kas performansını olumlu etkileyen bu özelliğinin yanında büyüme hormonu, paratiroid hormonu ve testosteron düzeylerini etkileyerek sarkopeni ve osteoporozu da önleyebilmektedir (Bautmans ve ark., 2005; Bemben ve ark., 2010; Von Stengel ve ark., 2011). Kemik yoğunluğunu artırmak için yapılan çalışmalarda vibrasyonun; 12-55 Hz. frekanslarında, 0.7-12 mm amplitüde ve 0.1-10.9 g yerçekimi ivmesi gücünde kullanıldığı bilinmektedir. (Ana Luiza Peretti ve ark., 2019; Swe ve ark., 2016; Wysocki ve ark., 2011). Son yıllarda postmenopozal kadınlarda küçük yan etkileri, basit kullanımı nedeniyle tüm vücut 1 g yerçekimi ivmesinin altında olan düşük büyüklükteki tüm vücut vibrasyon şiddeti tercih edilmeye başlanmıştır; bu şiddetin kemik gücünü, hacmini ve yoğunluğunu iyileştirebileceği bildirilmiştir (de Oliveira ve ark., 2023; Li ve Li, 2018). Ancak bu terapötik etkilerin hastaların yaşlarına, hormon seviyelerine ve vücut bölgesine bağılı olarak farklılık gösterebileceği kaydedilmiştir (de Oliveira ve ark., 2023; Li ve Li, 2018).

Literatürde tüm vücut vibrasyon eğitiminin KMY üzerine etkisini inceleyen çalışma sonuçları farklılık gösterebilmektedir. Luo ve ark. (2017) tüm vücut vibrasyon eğitiminin; osteoporozlu postmenopozal kadınlarda maksimum ekstansör diz gücünü artırabildiğini, ancak kemik mineral yoğunluğu, kemik dönüşüm indeksleri üzerinde genel bir terapötik etkisi olmadığını göstermiştir. Başka bir derlemede tüm vücut vibrasyon eğitiminin; dengeyi geliştirmek, kas kuvvetini artırmak ve düşme riskini azaltmak açısından iyi sonuçlar verebildiği ancak KMY üzerine etkilerin farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Benedetti ve ark., 2018). Yakın zamanda yapılan bir sistematik derleme ve meta-analiz sonucu ise tüm vücut vibrasyon eğitiminin osteojenik etkiyi destekleyerek osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde tamamlayıcı bir yaklaşım olabileceğini bildirmiştir (DadeMatthews ve ark., 2022).

Yaşa bağılı olarak bakıldığında vibrasyon eğitiminin postmenopozal yaşlı kadınlarda lumbur omurga KMY'sini iyileştirdiği, 65 yaşından genç postmenopozal kadınlarda kullanıldığında ise femur boynu KMY'sini iyileştirmek için daha etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Marín-Cascales ve ark., 2018). Vibrasyon eğitiminin etkilerinin incelendiği bir çalışmada 50 yaş üstü osteoporozlu postmenopozal kadınlar iki gruba ayrılmış; her iki gruba günde bir kez kalsiyum ve D vitamini takviyesi verilirken, bir gruba bunlara ek olarak 24 hafta, haftada 2 defa olmak üzere vibrasyon eğitimi verilmiştir. Dizlerin hafif fleksiyon ve abduksiyonda, ayakların platformda; dizlerin hafif fleksiyon ve abduksiyonda, ayakların platform kenarında; dizlerin 45° fleksiyonda, ayakların platformun ortasında;

dizlerin 90° fleksiyonda, ayakların platformun ortasında; bir dizin ekstansiyonda, diğer dizin ekstansiyondaki bacağın önünde 90° fleksiyonda olacak şekilde ayakta durduğu farklı squat pozisyonları, tek ayak üzerinde duruş pozisyonu, bir kalça ve diz 90° fleksiyonda, diğer kalça ve diz fleksiyonda ve yerde olacak şekilde lunge pozisyonunda uygulanan eğitimin başlangıcında 20 Hz, 2. ayda 25, 3.-4. aylarda 30, 5.-6. aylarda 35 Hz olacak şekilde çalışılmıştır. Egzersiz sayılarının 1.ayda 3, 2.-3. aylarda 6, 4.-5.-6. aylarda ise 9 tekrara yükseltildiği çalışmanın sonucunda lomber ve femoral KMY'de iyileşme gözlenmiştir (ElDeeb ve Abdel-Aziem, 2020).

Kaçınılması Gereken Egzersizler

Osteoporotik hastalarda küçük bir travma nedeniyle veya travma olmaksızın kırık meydana gelebilmektedir. Bu nedenle koşma gibi yüksek etkili aerobik egzersizlerden ve trambolin, step aerobik gibi düşme olasılığını artıran aktivitelerden kaçınılmalıdır (Nichols ve Pavlovic, 2018).“Fleksiyon veya twist yapılmaması” gibi genel tavsiyelerde bulunulmaması, her fleksiyon veya twist hareketinin kötü olmadığına dair bilgilendirilme yapılması ancak özellikle kırık riski yüksek olan bireylerde omurganın; hızlı, tekrarlayan, sürekli, ağırlıklı yapılan ve son hareket aralığında fleksiyon veya twist içeren aktivitelerinin değiştirilmesi gerekmektedir (Giangregorio ve Ponzano, 2022). Bu durumu destekleyecek nitelikte yüksek derece spinal fleksiyonun yapılmamasını savunan çalışmalar da vardır (Brooke-Wavell ve ark., 2022).

Öneriler

Osteoporozun önlenmesi ve tedavisine yönelik kılavuzlar, düzenli FA ve egzersiz yapılmasını önermektedir (Coronado-Zarco ve ark., 2019; Cosman ve ark., 2014; Gimigliano ve ark., 2021). Amerikan Spor Hekimliği Koleji, yetişkinlikte kemik sağlığını korumak için haftada 3-5 defa atlama (tenis gibi), koşu dahil olmak üzere yerçekimine karşı yapılan aerobik egzersiz ve haftada 2-3 kez kuvvet egzersizi önermektedir (Kohrt ve ark., 2004). Ulusal Güç ve Kondisyon Derneği KMY olumlu yönde etkilemek için direnç egzersizini önemli bir parametre olarak belirlerken; yayınlanan Kemik Sağlığı Raporu da buna benzer olarak yüksek etkili fiziksel aktiviteyi tolere edebilen bireyler için progresif kuvvet egzersiz eğitimi önermekte, ek olarak günlük atlama ve yerçekimine karşı yapılan aktivitelere katılmayı da hedeflemektedir (Carter ve Hinton, 2014; Office of the Surgeon General (US), 2004).

Egzersiz veya fiziksel aktivite programlarının başlangıcında, doğru tekniği sağlamak için fizyoterapistten yardım alınması, programın hastanın fiziksel uygunluğuna göre uyarlanması önerilmektedir. Uygulamada, düşmelerin önlenmesi öncelik olarak belirlenmelidir (Brooke-Wavell ve ark., 2022).

Sonuç

Kemik sağlığını korumak, denge kaybı, düşme ve buna bağlı kırık vb. durumları önlemek için FA ve egzersiz, osteoporoz açısından kadın cinsiyetin risk faktörü olduğu

göz önünde bulundurularak osteoporozlu tüm bireylerin yaşamında vazgeçilmez bir unsur haline gelmelidir. Literatürde farklı yoğunlukta fiziksel aktivite, aerobik, kuvvetlendirme, denge ve kombine egzersiz müdahaleleri gibi egzersize dayalı eğitimlerin ve vibrasyon eğitiminin kemik yapısı üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir. Kadınlarda osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde en fazla etkiyi kombine egzersiz müdahaleleri sağlamaktadır. Direnç egzersizleri diğer egzersiz müdahalelerine göre daha büyük bir osteojenik etki yaratmaktadır. Bu nedenle kombine egzersiz müdahalelerinin önemli bir komponentidir. Aerobik egzersizler için KMY'ye etkisi açısından literatürde fikir birliği sağlanamamış olsa da osteoporozun neden olduğu kardiyovasküler problemleri önleyip genel uygunluğu sağlamak açısından önemli bir faktördür. Özellikle yerçekimine karşı yapılan aerobik egzersizlerin, kemiği alışkın olmadığı streslere maruz bırakarak kemik yapısı üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiği söylenebilir. Dengeyi iyileştirip, düşmeleri ve buna bağlı kırıkları önlemek için denge egzersizleri tedavi planına dahil edilmelidir. Son yıllarda özellikle küçük yan etkileri, basit kullanımı nedeniyle tercih edilensiddeti 1 g yerçekimi ivmesinin altında olan düşük büyüklükteki tüm vücut vibrasyon eğitiminin kemik üzerine olumlu etkileri göz ardı edilmemelidir. FA ve egzersizin düzenli uygulanması önerilmekte, uzun süreli uygulanan egzersiz programlarının osteoporoz tedavisinde daha fazla gelişme sağladığı bildirilmektedir. Ancak programa katılan kişinin fiziksel uygunluğu, kırık riski ve varlığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada, yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Al Dahamsheh, Z., Al Rashdan, K., Al Hadid, A., Jaradat, R., Al Bakheet, M., & Bataineh, Z. S. (2019). The Impact of Aerobic Exercise on Female Bone Health Indicators. *Medical Archives (Sarajevo, Bosnia and Herzegovina)*, 73(1), 35-38. <https://doi.org/10.5455/medarh.2019.73.35-38>
- Alonso Pérez, J. L., Martín Pérez, S., Battaglino, A., Villafaña, J. H., Alonso-Sal, A., & Sánchez Romero, E. A. (2021). An Update of the Muscle Strengthening Exercise Effectiveness in Postmenopausal Women with Osteoporosis: A Qualitative Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(11), 2229. <https://doi.org/10.3390/jcm10112229>
- Alswat, K. A. (2017). Gender Disparities in Osteoporosis. *Journal of Clinical Medicine Research*, 9(5), 382-387. <https://doi.org/10.14740/jocmr2970w>
- Ana Luiza Peretti, A. L., Rodolfo Tozeto Ciqueleiro, R. T., Lucinar Jupir Forner Flores, L. J. F., & Gladson Ricardo Flor Bertolini, G. R. F. (2019). Use of whole-body vibration as osteoporosis treatment in postmenopausal women: A systematic review. *European Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2, 146-152. <https://doi.org/10.15584/ejcem.2019.2.7>
- Aziziyeh, R., Garcia Perlaza, J., Saleem, N., Kirazlı, Y., Akalın, E., McTavish, R. K., Duperrouzel, C., & Cameron, C. (2020). The

- burden of osteoporosis in Turkey: A scorecard and economic model. *Archives of Osteoporosis*, 15(1), 128. <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00801-9>
- Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A. F., & Taaffe, D. R. (2017). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(5), 438-445. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.001>
- Benedetti, M. G., Furlini, G., Zati, A., & Letizia Mauro, G. (2018). The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. *BioMed Research International*, 2018, 4840531. <https://doi.org/10.1155/2018/4840531>
- Borer, K. T. (2005). Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: Interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(9), 779-830. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00004>
- Brooke-Wavell, K., Skelton, D. A., Barker, K. L., Clark, E. M., De Biase, S., Arnold, S., Paskins, Z., Robinson, K. R., Lewis, R. M., Tobias, J. H., Ward, K. A., Whitney, J., & Leyland, S. (2022). Strong, steady and straight: UK consensus statement on physical activity and exercise for osteoporosis. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2021-104634. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104634>
- Carter, M. I., & Hinton, P. S. (2014). Physical Activity and Bone Health. *Missouri Medicine*, 111(1), 59-64. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6179512/>
- Cawthon, P. M., Fullman, R. L., Marshall, L., Mackey, D. C., Fink, H. A., Cauley, J. A., Cummings, S. R., Orwoll, E. S., Ensrud, K. E., & Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Research Group. (2008). Physical performance and risk of hip fractures in older men. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 23(7), 1037-1044. <https://doi.org/10.1359/jbmr.080227>
- Coronado-Zarco, R., Olascoaga-Gómez de León, A., García-Lara, A., Quinzaños-Fresnedo, J., Nava-Bringas, T. I., & Macías-Hernández, S. I. (2019). Nonpharmacological interventions for osteoporosis treatment: Systematic review of clinical practice guidelines. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 5(3), 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2019.09.005>
- Cosman, F., de Beur, S. J., LeBoff, M. S., Lewiecki, E. M., Tanner, B., Randall, S., Lindsay, R., & National Osteoporosis Foundation. (2014). Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 25(10), 2359-2381. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-2794-2>
- Cussler, E. C., Lohman, T. G., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Metcalfe, L. L., Flint-Wagner, H. G., Harris, R. B., & Teixeira, P. J. (2003). Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 10-17. <https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00003>
- Çergel, Y., Topuz, O., Alkan, H., Sarsan, A., & Sabir Akkoyunlu, N. (2019). The effects of short-term back extensor strength training in postmenopausal osteoporotic women with vertebral fractures: Comparison of supervised and home exercise program. *Archives of Osteoporosis*, 14(1), 82. <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0632-z>
- DadeMatthews, O. O., Agostinelli, P. J., Neal, F. K., Oladipupo, S. O., Hirschhorn, R. M., Wilson, A. E., & Sefton, J. M. (2022). Systematic review and meta-analyses on the effects of whole-body vibration on bone health. *Complementary Therapies in Medicine*, 65, 102811. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2022.102811>
- Daly, R. M., Dalla Via, J., Duckham, R. L., Fraser, S. F., & Helge, E. W. (2019). Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: An evidence-based guide to the optimal prescription. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(2), 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.11.011>
- de Oliveira, R. D. J., de Oliveira, R. G., de Oliveira, L. C., Santos-Filho, S. D., Sá-Caputo, D. C., & Bernardo-Filho, M. (2023). Effectiveness of whole-body vibration on bone mineral density in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporosis International*, 34(1), 29-52. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06556-y>
- Dohrn, I.-M., Hagströmer, M., Hellenius, M.-L., & Ståhle, A. (2016). Gait Speed, Quality of Life, and Sedentary Time are Associated with Steps per Day in Community-Dwelling Older Adults with Osteoporosis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 24(1), 22-31. <https://doi.org/10.1123/japa.2014-0116>
- Eastell, R., O'Neill, T. W., Hofbauer, L. C., Langdahl, B., Reid, I. R., Gold, D. T., & Cummings, S. R. (2016). Postmenopausal osteoporosis. *Nature Reviews. Disease Primers*, 2, 16069. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.69>
- ElDeeb, A. M., & Abdel-Aziem, A. A. (2020). Effect of Whole-Body Vibration Exercise on Power Profile and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women With Osteoporosis: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 43(4), 384-393. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2019.12.003>
- Ferrara, P. E., Salini, S., Maggi, L., Foti, C., Maccauro, G., & Ronconi, G. (2019). Evaluation of quality of life and static balance in postmenopausal osteoporosis women after Tai Chi Chuan practice: An observational randomized case control study. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 33(2 Suppl. 1), 163-169. XIX Congresso Nazionale S.I.C.O.O.P. Societa' Italiana Chirurghi Ortopedici Dell'ospedale Privata Accreditata.
- Feskanich, D., Willett, W., & Colditz, G. (2002). Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA*, 288(18), 2300-2306. <https://doi.org/10.1001/jama.288.18.2300>
- Giangregorio, L. M., McGill, S., Wark, J. D., Laprade, J., Heinonen, A., Ashe, M. C., MacIntyre, N. J., Cheung, A. M., Shipp, K., Keller, H., Jain, R., & Papaioannou, A. (2015). Too Fit To Fracture: Outcomes of a Delphi consensus process on physical activity and exercise recommendations for adults with osteoporosis with or without vertebral fractures. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 26(3), 891-910. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-2881-4>
- Giangregorio, L. M., & Ponzano, M. (2022). Exercise and physical activity in individuals at risk of fracture. *Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism*, 36(2), 101613. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2021.101613>
- Gimigliano, F., Liguori, S., Moretti, A., Toro, G., Rauch, A., Negrini, S., & Iolascon, G. (2021). Correction to: Systematic review of clinical practice guidelines for adults with fractures: identification of best evidence for rehabilitation to develop the WHO's Package of Interventions for Rehabilitation. *Journal of orthopaedics and traumatology: official journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology*, 22, 7. <https://doi.org/10.1186/s10195-021-00566-y>

- Gonzalo-Encabo, P., McNeil, J., Boyne, D. J., Courneya, K. S., & Friedenreich, C. M. (2019). Dose-response effects of exercise on bone mineral density and content in post-menopausal women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(8), 1121-1129. <https://doi.org/10.1111/sms.13443>
- Hart, N. H., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A., & Newton, R. U. (2017). Mechanical basis of bone strength: Influence of bone material, bone structure and muscle action. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 17(3), 114-139. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5601257/>
- Hong, A. R., & Kim, S. W. (2018). Effects of Resistance Exercise on Bone Health. *Endocrinology and Metabolism (Seoul, Korea)*, 33(4), 435-444. <https://doi.org/10.3803/EnM.2018.33.4.435>
- Hu, X., Ma, S., Yang, C., Wang, W., & Chen, L. (2019). Relationship between senile osteoporosis and cardiovascular and cerebrovascular diseases. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 17(6), 4417-4420. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7518>
- Johnell, O., & Kanis, J. A. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 17(12), 1726-1733. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0172-4>
- Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J.-Y., & Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis (ESCEO) and the Committees of Scientific Advisors and National Societies of the International Osteoporosis Foundation (IOF). (2019). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 30(1), 3-44. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4704-5>
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., Yingling, V. R., & American College of Sports Medicine. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1985-1996. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000142662.21767.58>
- Lane, J. M., & Nydick, M. (1999). Osteoporosis: Current modes of prevention and treatment. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 7(1), 19-31. <https://doi.org/10.5435/00124635-199901000-00003>
- Lee, M. S., Pittler, M. H., Shin, B.-C., & Ernst, E. (2008). Tai chi for osteoporosis: A systematic review. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 19(2), 139-146. <https://doi.org/10.1007/s00198-007-0486-x>
- Lewczuk, E., & Białoszewski, D. (2006). The level of physical activity in patients with osteoporosis in relation to the risk and prevention of falls. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 8(4), 412-421.
- Li, H., & Li, L. (2018). Low magnitude whole-body vibration and postmenopausal osteoporosis. *Sheng wu yi xue gong cheng xue za zhi = Journal of biomedical engineering = Shengwu yixue gongchengxue zazhi*, 35, 301-306. <https://doi.org/10.7507/1001-5515.201801071>
- Luo, X., Zhang, J., Zhang, C., He, C., & Wang, P. (2017). The effect of whole-body vibration therapy on bone metabolism, motor function, and anthropometric parameters in women with postmenopausal osteoporosis. *Disability and Rehabilitation*, 39(22), 2315-2323. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1226417>
- Marcucci, G., & Brandi, M. L. (2015). Rare causes of osteoporosis. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 12(2), 151-156. <https://doi.org/10.11138/ccmbm/2015.12.2.151>
- Marín-Cascales, E., Alcaraz, P. E., Ramos-Campo, D. J., Martínez-Rodríguez, A., Chung, L. H., & Rubio-Arias, J. Á. (2018). Whole-body vibration training and bone health in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 97(34), e11918. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011918>
- Marini, S., Barone, G., Masini, A., Dallolio, L., Bragonzoni, L., Longobucco, Y., & Maffei, F. (2020). The Effect of Physical Activity on Bone Biomarkers in People With Osteoporosis: A Systematic Review. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 585689. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.585689>
- McGee-Lawrence, M. E., Carey, H. V., & Donahue, S. W. (2008). Mammalian hibernation as a model of disuse osteoporosis: The effects of physical inactivity on bone metabolism, structure, and strength. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 295(6), R1999-2014. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.90648.2008>
- McMillan, L. B., Zengin, A., Ebeling, P. R., & Scott, D. (2017). Prescribing Physical Activity for the Prevention and Treatment of Osteoporosis in Older Adults. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 5(4), E85. <https://doi.org/10.3390/healthcare5040085>
- Mertiya, A. S., Tiwari, A. K., Mishra, A., Main, R. P., Tripathi, D., & Tiwari, A. (2023). Computational modeling for osteogenic potential assessment of physical exercises based on loading-induced mechanobiological environments in cortical bone remodeling. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 22(1), 281-295. <https://doi.org/10.1007/s10237-022-01647-5>
- Miko, I., Szerb, I., Szerb, A., Bender, T., & Poor, G. (2018). Effect of a balance-training programme on postural balance, aerobic capacity and frequency of falls in women with osteoporosis: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 50(6), 542-547. <https://doi.org/10.2340/16501977-2349>
- Mosti, M. P., Kaehler, N., Stunes, A. K., Hoff, J., & Syversen, U. (2013). Maximal strength training in postmenopausal women with osteoporosis or osteopenia. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2879-2886. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280d4e2>
- Nevitt, M. C., Ettinger, B., Black, D. M., Stone, K., Jamal, S. A., Ensrud, K., Segal, M., Genant, H. K., & Cummings, S. R. (1998). The association of radiographically detected vertebral fractures with back pain and function: A prospective study. *Annals of Internal Medicine*, 128(10), 793-800. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-128-10-199805150-00001>
- Nichols, D. L. ve Pavlovic A. (2018). Osteo. içinde Klinik egzersiz fizyolojisi (3. bs). 'Osteoporoz'. (İ. Çitak Karakaya, çev.). *Klinik Egzersiz Fizyolojisi (3. Baskı)*. J. K. Erhman, P. M. Gordon, P. S. Visich, S. J. Keteyian (Eds.). (pp. 447-457). İstanbul: İstanbul Medikal Sağlık ve Yayıncılık, 2018.
- Office of the Surgeon General (US). (2004). Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General. Office of the Surgeon General (US). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45513/>
- Otero, M., Esain, I., González-Suarez, Á. M., & Gil, S. M. (2017). The effectiveness of a basic exercise intervention to improve strength and balance in women with osteoporosis. *Clinical*

- Interventions in Aging, 12, 505-513. <https://doi.org/10.2147/CIA.S127233>
- Ozcivici, E., Luu, Y. K., Adler, B., Qin, Y.-X., Rubin, J., Judex, S., & Rubin, C. T. (2010). Mechanical signals as anabolic agents in bone. *Nature Reviews. Rheumatology*, 6(1), 50-59. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2009.239>
- Pines, A. (2009). Lifestyle and diet in postmenopausal women. *Climacteric: The Journal of the International Menopause Society*, 12 Suppl 1, 62-65. <https://doi.org/10.1080/13697130902785449>
- Pinheiro, M. B., Oliveira, J., Bauman, A., Fairhall, N., Kwok, W., & Sherrington, C. (2020). Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: A systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01040-4>
- Ricci, C., Gervasi, F., Havemann Nel, L., Smuts, C. M., Kruger, S. H., & Leitzmann, M. F. (2019). Substitution of sedentary time with light physical activity is related to increased bone density in U.S. women over 50 years old. An iso-temporal substitution analysis based on the National health and Nutrition Examination Survey. *European Journal of Sport Science*, 19(10), 1404-1413. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1600588>
- Skelton, D. A., & Mavroieidi, A. (2018). Which strength and balance activities are safe and efficacious for individuals with specific challenges (osteoporosis, vertebral fractures, frailty, dementia)?: A Narrative review. *Journal of Frailty, Sarcopenia and Falls*, 3(2), 85-104. <https://doi.org/10.22540/JFSF-03-085>
- Stanghelle, B., Bentzen, H., Giangregorio, L., Pripp, A. H., Skelton, D. A., & Bergland, A. (2020). Physical fitness in older women with osteoporosis and vertebral fracture after a resistance and balance exercise programme: 3-month post-intervention follow-up of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 471. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03495-9>
- Swe, M., Benjamin, B., Tun, A. A., & Sugathan, S. (2016). Role of the Whole Body Vibration Machine in the Prevention and Management of Osteoporosis in Old Age: A Systematic Review. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 23(5), 8-16. <https://doi.org/10.21315/mjms2016.23.5.2>
- Taaffe, D., Daly, R., Suominen, H., Galvão, D., & Bolam, K. (2013). Physical activity and exercise in the maintenance of the adult skeleton and the prevention of osteoporotic fractures. *Faculty of Science, Medicine and Health - Papers: part A*, 683-719. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415853-5.00029-7>
- Tong, X., Chen, X., Zhang, S., Huang, M., Shen, X., Xu, J., & Zou, J. (2019). The Effect of Exercise on the Prevention of Osteoporosis and Bone Angiogenesis. *BioMed Research International*, 2019, 8171897. <https://doi.org/10.1155/2019/8171897>
- Trans, T., Aaboe, J., Henriksen, M., Christensen, R., Bliddal, H., & Lund, H. (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*, 16(4), 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.11.014>
- Wright, N. C., Looker, A. C., Saag, K. G., Curtis, J. R., Delzell, E. S., Randall, S., & Dawson-Hughes, B. (2014). The Recent Prevalence of Osteoporosis and Low Bone Mass in the United States Based on Bone Mineral Density at the Femoral Neck or Lumbar Spine. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 29(11), 2520-2526. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2269>
- Wysocki, A., Butler, M., Shamlivan, T., & Kane, R. L. (2011). Whole-Body Vibration Therapy for Osteoporosis: State of the Science. *Annals of Internal Medicine*, 155(10), 680-686. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-10-201111150-00006>
- Zhao, R., Zhang, M., & Zhang, Q. (2017). The Effectiveness of Combined Exercise Interventions for Preventing Postmenopausal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 47(4), 241-251. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.6969>