

OSTEOPOROZ VE EGZERSİZ

Erdem ATALAY*

ÖZET

Kemik doku, fiziksel egzersiz ve mekanik titreşim gibi çeşitli uyaranlara uyum sağlayan; sürekli olarak yeniden yapım ve yıkıma uğrayan dinamik bir yapıdır. Kemik mineral yoğunluğunu arttırmak ve osteoporotik kırık riskini azaltmak için direnç egzersizleri, aerobik egzersizler ve yüksek darbe (high-impact) etkili egzersizler en sık kullanılan modellerdir. Osteojenik etki göstermesi için, uygulanacak egzersizler dinamik olmalı, eşik yoğunluğu aşmalı, alışılmadık bir yüklenme örgüsü içermeli ve yeterli kalsiyum ve D vitamini ile desteklenmelidir. Yüksek darbe etkisi olan egzersizlerin kemik kitlesi artışı üzerine en belirgin etkiyi gösterdiği düşünölmektedir. Osteoporozla yönelik yapılacak egzersiz planlamalarında, yüksek darbe etkili egzersizlerin kuvvet, direnç ve denge egzersizlerinin yanı sıra kardiyovasköler uygunluk artırıcı egzersizler ile kombine edilmesi önerilmektedir.

Anahtar sözcükler: Osteoporoz, koruyucu etki, yeniden yapım, fiziksel aktivite, yüksek darbe etkili egzersizler

SUMMARY

OSTEOPOROSIS AND EXERCISE

The bone tissue is a dynamic structure that adapts to various stimuli such as physical exercise and mechanical vibration, and constantly undergoes reconstruction and destruction. Resistance, aerobic and high impact exercises are the most frequently used exercise types to increase bone mineral density, and to reduce the risk of osteoporotic fracture. The exercises should be dynamic, exceed the threshold intensity, contain an unusual strain pattern, and supported with adequate calcium intake and vitamin D, to demonstrate an osteogenic effect on bone tissue. High impact exercises seem to have the most significant effect on bone mass increase. Exercise programs for osteoporosis prevention should include high impact

*Yunus Emre Devlet Hastanesi, Eskişehir

exercises that are combined with strength, weight bearing and balance activities, and cardiovascular conditioning.

Key words: Osteoporosis, prevention, remodeling, physical activity, high-impact exercise

GİRİŞ

Osteoporoz, düşük kemik kütlesi ve kemik dokusunun mikro mimari yapısının bozulması sonucu, kemik kırılabilirliğinde ve kırığa yatkınlıkta artış ile karakterize olan sistemik bir iskelet hastalığıdır (11). Kırıklar, başta kalça kırığı olmak üzere, osteoporozun en önemli klinik sonucu ve morbidite ve mortalitenin en önemli nedeni olmaktadır. Dünya çapında 2000 yılında dokuz milyon osteoporotik kırık görülürken; bunların 1.6×10^6 'sı kalça, 1.7×10^6 'sı ön kol ve 1.4×10^6 'sı vertebra kırığı olarak gerçekleşmiştir (9). Yaşlı nüfusun artışına bağlı olarak, osteoporozla bağlı kırık sayısında önceki yıllara göre belirgin artışlar gözlenmektedir. Avrupa Birliği'nde 2010 yılında 27 ülkeyi içeren değerlendirmede 22 milyon kadının ve beş milyon erkeğin osteoporozlu olduğu hesaplanırken, buna her yıl 3.5×10^6 yeni kırık eklendiği düşünülmektedir. Bu kırıkların 610.000'i kalça, 520.000'i vertebra, 560.000'i önkol ve 1.800.000'i diğer kırıklardan (pelvis, kosta, humerus, tibia, fibula, klavikula, skapula, sternum gibi) oluşmaktadır (14).

Kemik mineral yoğunluğunu (KMY) arttırmak ve osteoporotik kırık riskini azaltmak için antirezorptif ve anabolik ajanlar kullanılmakla birlikte, bunların maliyetleri oldukça yüksektir ve birçok istenmeyen yan etkileri vardır. Ancak genel koruyucu önlemlerle birlikte kalsiyum ve D vitamini kullanımının yanı sıra uygun fiziksel aktivite ile osteoporoz ve kırıkların oluşması önlenmektedir. Kemik doku fiziksel egzersiz ve mekanik titreşim gibi çeşitli uyaranlara yanıt veren ve uyum sağlayan, sürekli olarak yeniden yapım ve yıkıma uğrayan dinamik bir yapıdır (19).

Mekanik uyarıların, kemiğin piezoelektrik özelliğiyle elektriksel uyarıya dönüştüğü, kemiğin yapısının korunmasını, hatta gelişmesini sağladığı düşünülmektedir. Bu mekanizma sayesinde sıkıştırma, gerilim ya da bükülme hareketleri elektrik sinyalleri üreterek, kemiğin hücrel aktivitesini uyarmaktadır (29). Egzersiz kemiğin trabeküler bölümüne etki etmekle birlikte, kortikal bölüme etkilerinin daha belirgin olduğu düşünülmektedir (13).

Hamilton ve ark. (13)'a göre postmenopozal kadınlarda egzersiz, kemik kütlesi ve geometrisini iyi yönde etkilerken, egzersiz modellerinin

kemikte farklı etkileri olabilmektedir. Pek çok çalışmada, kemik doku için yararlı, mekanik stimülasyon içeren çeşitli egzersiz modelleri önerilmektedir (47). Fakat osteoporozda, kemik kitlesine hangi egzersiz modelinin, şiddetinin, frekansının ve süresinin en iyi katkısı sağladığı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bu derlemede farklı yaş gruplarında osteoporozdan korunmada egzersizin öneminin ve egzersiz modelleri ve etkilerinin incelenmesi amaçlandı.

Yaş grupları için önerilen fiziksel aktiviteler

Pübertenin sonlanması ile kemik gelişiminin %98'i tamamlanır. Kemik kütlesi genelde 20-40 yaşlarında sabit kalırken, 40-45 yaşlarından sonra yılda yaklaşık %0.5-1 azalmaktadır (30). Mekanik yüklenmeye bağlı olarak osteosit apoptozisinin azalması ve osteoblast farklılaşmasının uyarılması sonucunda kemik matriksi korunmakta veya gelişmektedir (6). Kemik kitlesini korumak ve geliştirmek için bütün yaş gruplarında fiziksel aktivitenin gerekliliği, çalışmalarda vurgulanmıştır (24).

Çocukluk çağında juvenil romatoid artrit, diyabet gibi hastalıklar, antikonvülsan ve kortikosteroid türevi ilaç kullanımı, inaktivite ve beslenme bozukluklarına bağlı olarak osteoporoz görülebilir. Khoshhal ve ark. (20), bifosfonat kullanımı ile birlikte egzersiz yapılmasının, çocukluk çağı osteoporozundan korunmada ve tedavisinde gerekliliğini vurgulamışlardır. Özellikle ağırlık kaldırma gibi bütün yüksek fiziksel aktiviteler ile yeterli miktarda kalsiyum ve D vitamini alınımının, yüksek KMY ile ilişkilidir.

Pübertede erişkin kemik kitlesi zirvesine ulaşıldığı için ergenlik özellikle maksimum kemik kütlesinin elde edilmesi açısından önemlidir (38). Erişkinlikte ölçülen radius ve kalkaneus kemik dansiteleri ile çocukluk ve gençlikteki aktivite düzeyi ile arasında pozitif korrelasyon saptanması bu görüşü desteklemektedir (28). Ayrıca genç yaşlarda yapılan düzenli sporun ileri yaşlarda femur boynu fraktür riskini azaltıyor olması, erken yaşlarda yapılan aktivitelerin önemini göstermektedir (17).

Bergström ve ark. kemik dayanıklılığını en iyi kısa, tekrarlayan ve farklı yönlere yüklenmeler içeren egzersizlerin arttırdığını göstermiştir (5). Üç yıl boyunca takip edilen 14-18 yaş arası elit bayan basketbolcular normal aktif grupla karşılaştırıldığında, özellikle yüksek darbe etkisine maruz kalan lomber omurga ve femurda kemik kitlesinde artışlar saptanmıştır (3). Bu görüşlere koşut olarak, çocuklarda kemik dansitesine olumlu etki açısından, egzersizlerin çok yönlü ve vücudu taşıyan oyun sporlarını içermesi önerilmektedir (36).

Sağlıklı erişkinlere bakıldığında ise; doğal yaşlanmaya bağlı olan kemik kaybını egzersiz ile azaltmak, veya var olanı korumak primer amaç olmaktadır. Sağlıklı erişkinler için çok yönlü yüklenme profilinde ve vücut ağırlığını taşıyan sporlar öncelikle önerilmektedir (36). Fakat fiziksel bir egzersizin "osteojenik" olarak değerlendirilebilmesi için çevresel yüklerin, alışılmışın üzerinde bir eşik değere ulaşması gerekmektedir. Bu süreç yoğunluk, frekans, amplitüd, dinlenme dönemleri ve uyaran süresinden etkilenmektedir (7). Çok yönlü aktivitelerin (atlama, hızlanma, ani durma ve yön değiştirmeler) kemiği daha kuvvetli uyardığı düşünülmektedir (36).

Menopoza giren, özellikle de inaktif olan kadınlar kemik sağlığı ile ilgili pek çok zorluklarla karşılaşmaktadır. Mekanik strese yönelik osteojenik yanıtın yaşlanmaya bağlı olarak giderek azalması da önemli sorunlardan biri olmaktadır (22). Egzersiz, postmenopozal kadınlarda kemik yapısında gözlenen doğal değişikliklere karşı koyabilmektedir. Bu nedenle, özellikle yaşlılarda KMY'yi korumak ve yaşam kalitesini arttırmak için egzersiz programlarının uygulanması gerekmektedir (36). Egzersizle mekanik duyarlılık artırılarak daha etkili bir kemik oluşumu ve onarımı sağlanabilmektedir (44). Borer ve ark. (8) osteoporotik hastalar için bu egzersizlerin statik değil dinamik olması, eşik yoğunluğu ve eşik gerilme frekansını aşması, görece kısa ama aralıklı olması ve alışmadık bir yüklenme örgüsü içermesi, sınırlanmamış besin enerjisi ve yeterli kalsiyum ve kolekalsiferol (D vitamini) ile de desteklenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu hedeflere ulaşmak için, osteojenik egzersizler temelde darbe etkili atlama ve direnç egzersizlerinden oluşmalıdır.

Amerikan Spor Hekimliği Derneği (ACSM)'ne göre de osteoporotik bireyler için uygulanacak egzersiz programı; direnç egzersizleri, ağırlık kaldırmayı ve darbe etkili egzersizleri, esneklik, koordinasyon ve denge egzersizleri ile kardiyovasküler uygunluk arttırıcı egzersizleri içermelidir (21).

Direnç egzersizleri

Direnç egzersizi sırasında farklı kas gruplarının çalışmasıyla kemiğe kuvvet uygulanır ve kemikte osteojenik yanıt harekete geçirilir (44). Daha aktif bir yaşam tarzı ve direnç egzersizleri, postmenopozal kadınların KMY düzeyini devam ettirebilmelerine, osteopenik/osteoporotik kadınların ise omurga ve kalça KMY düzeyini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (49).

Postmenopozal kadınlarda bir yıl boyunca haftada iki ya da üç kez yapılan orta ve yüksek yoğunluklu (bir maksimal tekrarın %70-90'ı), 3-4 set 8-12 tekrarlı direnç egzersizleri, kalça ve femur KMY düzeylerini

korumakta veya arttırmaktadır (49). Başka bir çalışmada ise premenopozal kadınlarda koşma ve ağırlık kaldırmayı içeren sekiz haftalık egzersiz programları karşılaştırıldığında, lomber omurgada KMY açısından benzer artışlar saptanmıştır (40). Osteoporozlu hastalarda önerilen bir diğer kuvvet çalışması arka ekstansör kas kuvvetlendirmesidir. Arka ekstansör kas gücüne yönelik egzersizler vertebral kırık oluşumunda önemli bir azalma sağlamakla birlikte vücut dengesini artırarak düşme ve kırık riskini azaltmaktadır (15).

Turner ve ark. ise haftada dört gün yüksek yüklenmelerle (bir maksimal tekrarın %70-90'ı), çok dinamik bir şekilde (direnc + hız = güç eğitimi) altı tekrar yapılmasıyla, güçlü kasılmalar sağlanarak, kemik oluşumunu en iyi uyarıcı tip II liflerin aktive edildiğini vurgulamışlardır (42). Bununla birlikte; eksantrik kas kasılmasının, konsantrik olanla kıyaslandığında daha fazla osteojenik uyarı sağladığı gösterilmiştir (34).

Aerobik egzersizler

Osteoporozda en çok önerilen egzersiz modellerinden olan aerobik egzersizlerle ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Bir derlemede sadece yürüyüş içeren aerobik egzersiz programının postmenopozal kadınlarda KMY gelişimine katkı sağlamadığı vurgulanmıştır (18). Martyn-St James ve ark. (27) yürüyüşün osteojenik etkisini değerlendirdiklerinde femoral KMY'de artış gözlemişler, omurga KMY'de ise değişiklik saptamamışlardır. Sedanter erkek ve postmenopozal kadınlarda bir yıl boyunca sert adımlarla yürüme ve atlama içeren egzersizleri değerlendiren Welsh ve Rutherford, femur boynu ve trokanterde KMY'de anlamlı artışlar bulmuşlardır (48). Ayrıca, 65 yaş üstü 44 koşucuda yapılan bir incelemede ise sedanterlere göre belirgin olarak daha iyi total vücut KMY görülmüştür (46).

Bir araştırmada sadece yürümenin yetmediği, haftada 3-4 kez hızlı yürüyüşün veya aerobik/dans aktivitelerinin maksimal kalp atımının %60-80'i ile 45-60 dk süreyle yapılması gerektiği açıklanmıştır. Anaerobik eşiğe yakın submaksimal aktiviteler haftada 3-4 kez ve en az 45 dk yapıldığında, yürümek gibi tek yönlü hareket dizileri dahi olsalar, lomber vertebra ve femurda etkili olabilmektedir (37).

Diğer bir aerobik egzersiz modeli olan yüzme ve bisiklet kullanımı gibi ağırlık bindirmeyen aerobik egzersiz yapan sporcularda, yerçekimsel yüklenme sonucunda darbe etkisine maruz kalan sporculara göre daha düşük KMY gözlenmesi, yerçekimsel yüklenme ile kemik stimülasyonunun ilişkili olduğunu düşündürmektedir (35). Master kategorisinde yarışan

erkek bisiklet sporcuları üzerinde yapılan yedi yıllık izlemlerde, birçok bisikletçide düşük KMY ve artmış kırık riski gözlenmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak, bisikletçilerde KMY artışı sağlamak için ağırlık çalışması ve pliometrik egzersizler yapılması önerilmektedir (33).

Yüksek darbe etkili egzersizler

Mekanik yüklenmenin kemik için anabolik uyarıcı etkisi olması nedeniyle, darbe etkili egzersizlerin kemik oluşumunu belirgin olarak arttırdığı bilinmektedir (43). Hamilton ve ark. kemik kitlesi ve geometrisinde en belirgin etkiyi yapan egzersizlerin özellikle yüksek darbe etkili (high-impact) egzersizler olduğunu belirtmişlerdir (13). Postmenopozal kadınlarda darbe etkisi olmayan, direnç içerikli (ağırlık kaldırma, kürek egzersizleri) egzersiz grubu ile darbe etkisi içeren (koşu, yavaş tempo koşu ve merdiven inip çıkma egzersizleri) egzersiz gruplarının her ikisinde de kıyaslanabilir lomber omurga ve total kalça KMY artışı belirlenirken, femoral boyunda yalnızca darbe etkili egzersizler yapan grupta KMY artışı saptanmıştır (21).

Basat ve ark. 42 postmenopozal kadında yaptıkları bir çalışmada, kuvvet egzersizi veya yüksek darbe etkili atlama egzersizleri yapan ve egzersiz verilmeyen üç grubu değerlendirmişlerdir. Altı ay boyunca haftada üç gün bir saat süreyle egzersiz uygulanması sonunda, yüksek darbe etkili egzersiz grubunda, diğer iki gruba göre lomber omurgada ($p=0.017$) ve femoral boyunda ($p=0.013$) belirgin KMY artışı saptamışlardır. Ayrıca, sadece yüksek darbe etkili egzersiz grubunda kemik formasyon markeri olan serum osteocalcin düzeyinde artış ($p=0.033$) gözlenirken, kemik rezorbsiyon markeri olan N-terminal telopeptid miktarında düşüş ($p=0.034$) bulunmuştur (4). Moreira ve ark. (32) bu sonuçlarla birlikte, kemik metabolizmasını uyarmak için yüksek darbe etkili egzersiz modelinin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Zhao ve ark., postmenopozal kadınlarda atlama egzersizlerinin KMY etkisini değerlendirdikleri meta-analizde, özellikle kalça eklemi belirgin olarak yarar sağladığını gözlerlerken, aynı etkinin lomber omurgada daha kısıtlı olduğunu belirlemişlerdir (50). Başka bir meta analiz çalışmasında ise, yüksek darbe etkili egzersizlerin, tek başına ya da herhangi bir darbe etkisi içermeyen egzersizle kombine edildiğinde, femoral boyun KMY düzeyine iyi yönde etki ettiği bildirilmiştir (26). Bu çalışmalara bağlı olarak, osteoporozaya yönelik olarak yapılacak egzersiz planlamalarında, yüksek darbe etkili egzersizlerin özellikle yer alması gerektiği söylenebilir.

Su içi egzersizler

Su içi egzersizler, kemik üzerinde yeterli yerçekimsel yüklenme oluşturmadığı için, genellikle osteoporozlu hastalarda önerilmemektedir. Fakat ileri osteoporozlu hastalarda destek ve konfor sağlaması nedeniyle, iyi tolere edilerek fonksiyonelliği ve dengeyi arttırdığı ve düşme riskini azalttığı bildirilmiştir (1). Ayrıca, Moreira ve ark. 108 postmenopozal kadın hastada, yüksek yoğunluklu su içi egzersiz yaptırılan grup ile kontrol grubunu karşılaştırdıklarında; düşme sayısında azalma, el kavrama gücünde, bel ekstansör, kalça ekstansör/fleksör ve diz ekstansör kas kuvvetlerinde artışlar belirlemişlerdir (31).

Direnç egzersizleri sırasında kas-tendon-kemik etkileşimi sonucunda kemik üzerinde bazı osteojenik etkilerin gelişebileceği düşünülmektedir (32). Su içi egzersizleri değerlendiren Ay ve Yurtkuran'a göre ise direnç egzersizlerine benzer olarak, su içi egzersizler postmenopozal kadınlarda anabolik etkileriyle potansiyel osteojenik etki nedeni olmaktadır (2). Ayrıca su içinde hareket etme ile oluşan türbülansın, propriosepsiyon ve denge reaksiyonlarını uyardığı da belirlenmiştir (16). Sonuç olarak çalışmalar, vertikal pozisyonda su direncine karşı maksimal hızda, geniş hareket açıklığında, birkaç tekrar ve yüksek yoğunlukta yapılan egzersizlerin kemik metabolizmasını uyardığını ve dengeyi arttırarak düşme riskini azalttığını göstermektedir (32).

Dengeye yönelik ve propriyoseptif egzersizler

Yaşlılarda bozulmuş denge, ileri yaşlarda düşmelerin en önemli etkenlerindendir (39). Propriyoseptif çalışmalar, görsel ve vestibüler sistemleri desteklemeye ve postüral kontrolü arttırmaya yardımcı olmaktadır (32). Teixeira ve ark. 55 yaş üstü 100 kadında 18 haftalık direnç, propriyosepsiyon ve denge egzersizleri yapan grup ile kontrol grubunu karşılaştırdıklarında düşme sayısında azalma; fonksiyonel kapasite, dinamik denge ve yaşam kalitesinde artışlar saptamışlardır (41).

Denge ve postüral stabiliteye etkili diğer bir egzersiz modeli olan Tai-Chi'nin, osteoporozlu hastalarda düşme riskini azalttığı ve KMY devamını sağlamak için etkili ve güvenli olduğu bildirilmektedir (45). Tai-Chi çalışmasına benzer olarak, dans etmek gibi aktivitelerin de ağırlık transferi, koordinasyon ve propriyosepsiyon gelişimine katkı sağladığı düşünülmektedir (32).

Tüm vücut vibrasyonu

Son dönemde yapılan çalışmalarda, tüm vücut vibrasyonunun KMY ve kemik dayanıklılığına katkı sağladığı gösterilmiştir. Çeşitli in vitro

çalışmalarda osteoblastlar, osteositler ve osteoklastları uyarmak için farklı frekans ve şiddetlerde uygulamalar yapılmış ve mekanik vibrasyonun kemik mikro mimarisini, yoğunluğunu ve dayanıklılığını geliştirmede yararlı olabileceği gösterilmiştir (10,23).

Postmenopozal kadınlarda sekiz ay boyunca dūřuk frekanslı vibrasyon uygulaması ile yūrumenin etkilerinin karřılařtırıldıęı bir çalıřmada, femur boynunda KMY'de %4.3 ve dengede %29'luk artıř saęlayan vibrasyonun yūrūyūře gōre daha etkili olduęu bulunmuřtur (12). Bir derlemede ise, ileri yařlı osteoporozlu hastalarda uyum zorluęuna baęlı olarak dūřme ve kırık riski artabileceęi için, tūm vūcut vibrasyon uygulamasının kısa dōnemde etkili olmasına karřın, uzun dōnemdeki sonuęlarının incelenmesi gerektięi bildirilmiřtir. Ayrıca yūrūyūřün pratik ve ucuz bir egzersiz olduęu ve dūřerek yaralanma riskinin kabul edilebilir dūzeyde olduęu vurgulanmıřtır (25).

SONUÇ

Uygun fiziksel aktivite, būtūn yař gruplarında kemik kitlesinin korunması ve geliřtirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yalnızca yūrūyūř ięeren aerobik egzersiz programının, postmenopozal kadınlarda KMY geliřimine katkı saęlamadıęı dūřūnūlmektedir. Fiziksel aktivitenin osteojenik etki gōstermesi için; anaerobik eřięe yakın, submaksimal dūzeyde haftada 3-4 kez ve en az 45 dk uygulanması gerekmektedir. Osteoporoz tedavisinde, yūksek darbe etkili egzersizlerin aęrnlık kaldırma ve denge egzersizleri ile kombine edilerek, kiřinin fiziksel kapasitesi ve yařı da gōz önūnde bulundurularak egzersiz planlamasının yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Arnold CM, Busch AJ, Schachter CL, Harrison EL, Olszynski WP. A randomized clinical trial of aquatic versus land exercise to improve balance, function, and quality of life in older women with osteoporosis. *Physiother Can.* 2008;60:296-306.
2. Ay A, Yurtkuran M. Evaluation of hormonal response and ultrasonic changes in the heel bone by aquatic exercise in sedentary postmenopausal women. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82:942-9.
3. Bagur-Calafat C, Farrerons-Minguella J, Girabent-Farrés M, Serra-Grima JR. The impact of high level basketball competition, calcium intake, menses, and hormone levels in adolescent bone density: a three-year follow-up. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015;55:58-67.
4. Bařat H, Esmaeilzadeh S, Eskiuyurt N. The effects of strengthening and high-impact exercises on bone metabolism and quality of life in postmenopausal

- women: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013; 26:427-35.
5. Bergström I, Landgren BM, Brinck J, Freyschuss B. Physical training preserves bone mineral density in postmenopausal women with forearm fractures and low bone mineral density. *Osteoporosis Int.* 2008;19:177-83.
 6. Bonewald LF, Johnson ML. Osteocytes, mechanosensing and Wnt signaling. *Bone.* 2008;42:606-15.
 7. Bono CM, Einhorn TA. Overview of osteoporosis: pathophysiology and determinants of bone strength. *Eur Spine J.* 2003;12(Suppl 2):S90-6.
 8. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med.* 2005;35:779-830.
 9. Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures (Review). *Lancet.* 2002;359:1761-7.
 10. De Oliveira ML, Bergamaschi CT, Silva OL, Nonaka KO, Wang CC, Carvalho AB, et al. Mechanical vibration preserves bone structure in rats treated with glucocorticoids. *Bone.* 2010;46:1516-21.
 11. Duque G, Troen BR. Understanding the mechanisms of senile osteoporosis: new facts for a major geriatric syndrome. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56:935-41.
 12. Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:92.
 13. Hamilton CJ, Swan VJ, Jamal SA. The effects of exercise and physical activity participation on bone mass and geometry in postmenopausal women: a systematic review of pQCT studies. *Osteoporosis Int.* 2010;21:11-23.
 14. Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, et al. Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arc Osteoporos.* 2013;8:136-256.
 15. Huntoon EA, Schmidt CK, Sinaki M. Significantly fewer refractures after vertebroplasty in patients who engage in back-extensor-strengthening exercises. *Mayo Clin Proc.* 2008;83:54-7.
 16. Irion JM: Aquatic properties and therapeutic interventions. In: *Aquatic Exercise for Rehabilitation and Training.* Brody LT, Geigle PR, Eds. United States of America, Human Kinetics, 2009, pp 25-35.
 17. Joakimsen RM, Magnus JH, Fønnebo V. Physical activity and predisposition for hip fractures: a review. *Osteoporos Int.* 1997;7:503-13.
 18. Kelley GA, Kelley KS. Exercise and bone mineral density at the femoral neck in postmenopausal women: a meta-analysis of controlled clinical trials with individual patient data. *Am J Obstet Gynecol.* 2006;194:760-7.
 19. Kelley GA, Kelley KS, Kohrt WM. Exercise and bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Endocrinol.* 2013;2013:741639.

20. Khoshhal KI. Childhood osteoporosis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 2011;6:61-76.
21. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1985-96.
22. Kohrt WM, Ehsani AA, Birge SJ Jr. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res*. 1997;12:1253-61.
23. Lau E, Al-Dujaili S, Guenther A, Liu D, Wang L, You L. Effect of low-magnitude, high-frequency vibration on osteocytes in the regulation of osteoclasts. *Bone*. 2010;46:1508-15.
24. Lirani-Galvão AP, Lazeretti-Castro M. Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2010;54:171-8.
25. Liu PY, Brummel-Smith K, Ilich JZ. Aerobic exercise and whole-body vibration in offsetting bone loss in older adults. Review *J Aging Res*. 2011;2011:379674.
26. Martyn-St James M, Carroll S. Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*. 2008;43:521-31.
27. Martyn-St James M, Carroll S. A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: the case for mixed loading exercise programmes. *Br J Sports Med*. 2009;43:898-908.
28. McCulloch RG, Bailey DA, Houston CS, Dodd BL. Effects of physical activity, dietary calcium intake and selected lifestyle factors on bone density in young women. *Can Med Assoc J (CMAJ)*. 1990;142:221-7.
29. Menkes A, Mazel S, Redmond RA, Koffler K, Libanati CR, Gundberg CM, et al. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol (1985)*. 1993;74: 2478-84.
30. Minne W. Pathophysiologie der Osteoporose. *D Zeitschr Sportmed*. 1995; 46(Sonderheft):47-8.
31. Moreira L, Fronza FC, dos Santos RN, Teixeira LR, Krueel LF, Lazaretti-Castro M. High-intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women. *Menopause*. 2013;20:1012-9.
32. Moreira LD, Oliveira ML, Lirani-Galvão AP, Marin-Mio RV, Santos RN, Lazaretti-Castro M. Physical exercise and osteoporosis: effects of different types of exercises on bone and physical function of postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2014;58:514-22.
33. Nichols JF, Rauh MJ. Longitudinal changes in bone mineral density in male master cyclists and nonathletes. *J Strength Cond Res*. 2011;25:727-34.
34. Nickols-Richardson SM, Miller LE, Wootten DF, Ramp WK, Herbert WG. Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporos Int*. 2007;18:789-96.
35. Nikander R, Kannus P, Dastidar P, Hannula M, Harrison L, Cervinka T, et al. Targeted exercises against hip fragility. *Osteoporos Int*. 2009;20:1321-8.

36. Özgürbüz C. Derleme: osteoporoz ve fiziksel aktivite, *Spor Hekimliği Dergisi (TJSM)*. 2008;43:99-109.
37. Platen P. Mobilitaet, Fitness und Osteoporoseentstehung. Körperliche Belastung und Knochenmasse. *D Zeitschr Sportmed*. 1995;46:48-56.
38. Prabhoo R, Prabhoo TR. Vitamin K2: a novel therapy for osteoporosis. *J Indian Med Assoc*. 2010;108:253-4.
39. Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Training balance under single- and dual-task conditions in older adults with balance impairment. *Phys Ther*. 2006;86:269-81.
40. Snow-Harter C, Bouxsein ML, Lewis BT, Carter DR, Marcus R, et al. Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *J Bone Miner Res*. 1992;7:761-9.
41. Teixeira L, Peccin S, Silva K, Teixeira T, Imoto AM, Magalhães J, et al. The effectiveness of progressive load training associated to the proprioceptive training for prevention of falls in women with osteoporosis. In: *Topics in Osteoporosis*. M Valdes Flores, Ed. eBook, InTech, 2013.
42. Turner CH. Aging and fragility of bone. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2007;7:342-3.
43. Turner CH, Robling AG. Exercise as an anabolic stimulus for bone. *Curr Pharm Des*. 2004;10:2629-41.
44. Turner CH, Robling AG. Mechanisms by which exercise improves bone strength. *J Bone Miner Metab*. 2005;23Suppl:16-22.
45. U.S. Department of Health and Human Services. *Bone Health and Osteoporosis. A Report of the Surgeon General*. McGowan JA, Raisz LG, Noonan AS, Elderkin AL, Eds. Rockville, MD, U.S. Dept. of Health and Human Services, 2004.
46. Velez NF, Zhang A, Stone B, Perera S, Miller M, Greenspan SL. The effect of moderate impact exercise on skeletal integrity in master athletes. *Osteoporos Int*. 2008;19:1457-64.
47. Vieira SS, Lemes B, Silva Jr JA, DS Bocalini, FS Suzuki, R Albertini, et al. Different land-based exercise training programs to improve bone health in postmenopausal women. *Med Sci Tech*. 2013;54:158-63.
48. Welsh L, Rutherford OM. Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1996;74:511-7.
49. Zehnacker CH, Bemis-Dougherty A. Effect of weighted exercises on bone mineral density in postmenopausal women. A systematic review. *J Geriatr Phys Ther*. 2007;30:79-88.
50. Zhao R, Zhao M, Zhang L. Efficiency of jumping exercise in improving bone mineral density among premenopausal women: a meta-analysis. *Sports Med*. 2014;44:1393-402.