

Agnieszka Ćwirlej-Sozańska¹, Agnieszka Krawczyk-Wasielewska², Włodzimierz Samborski²¹Katedra Fizjoterapii, Instytut Nauk o Zdrowiu, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski²Katedra i Klinika Reumatologii, Rehabilitacji i Chorób Wewnętrznych, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu

Fizjoprofilaktyka w osteoporozie

Physioprohylaxis in osteoporosis

STRESZCZENIE

Osteoporoza, zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*), jest chorobą charakteryzującą się obniżeniem masy kostnej oraz zaburzeniami w mikroarchitekturze tkanki kostnej. Zarówno profilaktyka, jak i leczenie osteoporozy powinny być działaniem kompleksowym, zawierającym oprócz farmakoterapii postępowanie usprawniające oraz modyfikację stylu życia — fizjoprofilaktykę.

Zależnie od okresu choroby oraz objawów klinicznych fizjoprofilaktykę w osteoporozie można wdrożyć jako fizjoprofilaktykę pierwotną, wtórną lub kliniczną. Fizjoprofilaktyka osteoporozy powin-

na rozpoczynać się już u osób młodych i opierać się na uzyskaniu możliwie najwyższego poziomu szczytowej masy kostnej oraz sprawności fizycznej. Główne cele w fizjoprofilaktyce osteoporozy to stymulacja biosyntezy tkanki kostnej oraz zapobieganie upadkom i ich powikłaniom. W zależności od oczekiwanego efektu należy odpowiednio przeprowadzić edukację pacjenta i dobrać formę treningu: oporowy, siłowy, wytrzymałości lub równowagi. Dane z literatury wskazują na wysoką skuteczność fizjoprofilaktyki w zapobieganiu objawom i powikłaniom osteoporozy.

Forum Reumatol. 2020, tom 6, nr 4: 167–172

Słowa kluczowe: fizjoprofilaktyka; osteoporoza; leczenie zachowawcze; trening medyczny

WSTĘP

Osteoporoza, zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*), jest układową chorobą szkieletu, charakteryzującą się obniżeniem masy kostnej oraz zaburzeniami w mikroarchitekturze tkanki kostnej. Zmiany w układzie kostnym prowadzą do obniżenia wytrzymałości mechanicznej kości oraz podwyższonego ryzyka występowania złamań [1]. Stan zmniejszonej gęstości kości, w odniesieniu do norm dla płci i wieku, ale jeszcze nieosiągający wartości patologicznych, nazywany jest osteopenią [2]. Osteoporoza należy do grupy chorób cywilizacyjnych. Ryzyko zachorowania na osteoporozę wzrasta z wiekiem, a problemy z nią związane rosną proporcjonalnie do wydłużania się życia ludzkiego. Światowa Organizacja Zdrowia jako standard współczesnej diagnostyki osteoporozy wska-

zuje badanie gęstości mineralnej kości metodą podwójnej absorpcjometrii rentgenowskiej (DEXA, *dual energy X-ray absorptiometry*). Ponadto zdefiniowała osteopenię jako wynik T-score wynoszący od $-1,0$ do $-2,5$ SD i brak złamań, zaś osteoporozę jako T-score: $< -2,5$ SD [3]. Jednak użyteczność oceny gęstości mineralnej kości (BMD, *bone mineral density*) jako klinicznego wskaźnika osteoporozy jest ograniczona, ponieważ BMD jest tylko jednym z wielu ważnych czynników ryzyka złamania, a wiele złamań występuje u osób z wartościami BMD powyżej tego progu [4].

Osteoporoza jest chorobą ogólnoustrojową i ryzyko wystąpienia złamań dotyczy praktycznie wszystkich miejsc układu szkieletowego [5]. Za najbardziej typowe i groźne, w związku ze znacznym ryzykiem powikłań, uważa się złamania szyjki głowy kości udowej [6] oraz złamania kręgow [7]. Złamania osteoporotyczne

Adres do korespondencji:
dr n. o zdrowiu Agnieszka
Krawczyk-Wasielewska
Katedra i Klinika Reumatologii
i Rehabilitacji,
Uniwersytet Medyczny
im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
ul. 28 czerwca 1956 r. 135/147
61–545 Poznań
e-mail: akw@ump.edu.pl

kręgow często nie powodują silnego bólu i nie są diagnozowane klinicznie, lecz przypadkowo podczas badań obrazowych [8]. Złamania obserwowane w kręgosłupie mają jednak ważne znaczenie prognostyczne jako markery łamliwości szkieletu, wskazując na zwiększone ryzyko innych złamań, w tym szyjki głowy kości udowej [9]. Obecnie dość dużo wiadomo na temat czynników ryzyka osteoporozy. Co oznacza, że wśród osób o zwiększonym ryzyku należy jak najwcześniej wdrażać działania profilaktyczne zapobiegające lub zmniejszające ryzyko obniżenia masy kostnej i zniszczenia architektury kości oraz zapobiegające złamaniom. Do szczególnie narażonych na występowanie osteoporozy należą osoby rasy białej i *żółtej*, w wieku 65 lat i więcej oraz kobiety [10]. Ważnym czynnikiem ryzyka jest menopauza u kobiet (osteoporoza pomenopauzalna) szczególnie w połączeniu z małą podażą wapnia i witaminy D₃ w diecie oraz stosowaniem używek [11]. Wiele chorób endokrynologicznych, gastroenterologicznych, nefrologicznych, tkanki łącznej czy nowotworowych wpływa na zaburzenia prawidłowej struktury i funkcji kośćca. Czynnikiem ryzyka stanowi także przewlekłe stosowanie niektórych grup leków, między innymi: glikokortykoidów, leków przeciwpadaczkowych, przeciwnowotworowych, przeciwgruźliczych, przeciwzakrzepowych czy tetracyklin (osteoporoza polekowa) [12]. Istotną rolę w metabolizmie i przebudowie kostnej odgrywają także czynniki genetyczne [13]. W literaturze wskazuje się także, że niski poziom aktywności fizycznej skutkuje większym ryzykiem wystąpienia upadku, a tym samym zwiększa ryzyko złamań i groźnych dla zdrowia i życia powikłań [14].

Zarówno profilaktyka, jak i leczenie osteoporozy powinny być działaniem kompleksowym, zawierającym oprócz farmakoterapii postępowanie usprawniające oraz modyfikację stylu życia. W zapobieganiu osteoporozie kluczowe znaczenie mają fizjoterapia i fizjoprofilaktyka. Można wyróżnić tutaj celowane działania usprawniające oraz zmiany w stylu życia i środowisku osoby zagrożonej osteoporozą oraz złamaniami osteoporotycznymi. Zależnie od okresu choroby oraz objawów klinicznych postępowanie fizjoterapeutyczne w osteoporozie może być ukierunkowane na:

- fizjoprofilaktykę pierwotną u osób zdrowych zagrożonych czynnikami ryzyka wystąpienia osteoporozy, mającą na celu zapobieganie uszkodzeniom struktury tkanki kostnej oraz utrzymywanie wysokiego poziomu sprawności i wydolności fizycznej;

- fizjoprofilaktykę wtórną przy nasilających się zmianach osteoporotycznych, mającą na celu poprawę, utrzymanie lub spowolnienie niszczenia mikroarchitektury tkanki kostnej oraz zapobieganie upadkom i ich konsekwencjom w postaci złamań;
- fizjoterapię kliniczną u pacjentów ze zmianami osteoporotycznymi (ból osteoporotyczny, osłabienie siły mięśniowej, zaburzenia postawy ciała, ograniczenia ruchomości stawów i przykurcze zgięciowe stawów kolanowych i biodrowych, upośledzenia funkcji układu oddechowego i wydalniczego) oraz po złamaniach osteoporotycznych.

Po zakończeniu fizjoterapii konieczna jest systematyczna fizjoprofilaktyka w celu utrzymania efektów uzyskanych podczas fizjoterapii.

Fizjoprofilaktyka osteoporozy rozpoczyna się już u osób młodych i ma na celu uzyskanie możliwie najwyższego poziomu szczytowej masy kostnej oraz sprawności fizycznej. Celem fizjoprofilaktyki u osób w czwartej dekadzie życia jest spowolnienie procesu utraty masy kostnej [15]. Istotnym elementem fizjoprofilaktyki staje się wtedy regularna aktywność fizyczna, podczas której dochodzi do obciążenia osiowego szkieletu, ściskania i rozciągania tkanki kostnej, co prowadzi do pobudzenia kościotworzenia [16]. Stosowana w starszym wieku regularna aktywność fizyczna wpływa nadal na spowolnienie utraty i niszczenia tkanki kostnej [17]. Do fizjoprofilaktyki nie można zaliczać treningów fizycznych o charakterze wyczynowym. U kobiet uprawiających sport wyczynowo stwierdza się wyższą częstość występowania osteopenii lub osteoporozy, co jest spowodowane niedoborem żeńskich hormonów płciowych oraz nadmiernym wysiłkiem [18].

Ćwiczenia fizyczne w fizjoprofilaktyce osteoporozy można podzielić na dwie główne grupy, zależnie od oczekiwanego efektu wpływu, czyli na: ćwiczenia symulujące biosyntezę tkanki kostnej oraz ćwiczenia zapobiegające upadkom i ich powikłaniom.

ĆWICZENIA STYMULUJĄCE BIOSYNTEZĘ TKANKI KOSTNEJ

Obciążenia mechaniczne kości, rozciąganie, skręcanie, zginanie i kompresja tkanki kostnej stymulują osteoblasty do tworzenia macierzy kostnej. Odpowiednie obciążenie mechaniczne kośćca uzyskuje się poprzez wprowadzanie różnorodnych ćwiczeń, przy czym największą skuteczność potwierdzono w przypadku ćwiczeń o znacznej intensywności i sile

impaktu. Dobór ćwiczeń, ich częstotliwości i intensywności zależą jednak od wieku oraz stanu zdrowia osoby ćwiczącej. Systematyczna aktywność fizyczna przez całe życie ma pozytywny wpływ na utrzymanie odpowiedniej gęstości kości. Wyniki badań wskazują na szczególne znaczenie ćwiczeń skokowych, które prowadzą do wzrostu napięcia i odkształcania kości. Naprężenie mechaniczne wywołane treningiem skokowym zwiększają gęstość mineralną i strukturę kości, nawet przy obniżonej masie kostnej. Trening tego typu niesie jednak ryzyko wystąpienia złamania w przypadku bardziej zaawansowanych ubytków masy kostnej [19].

W ciągu ostatnich lat przeprowadzono kilka protokołów randomizowanych badań kontrolnych (RTC, *randomized controlled trial*), w celu ustalenia skutecznych interwencji w zapobieganiu osteoporozie. Bardzo efektywne okazały się *high-impact exercise*. Jedną z pierwszych interwencji tego typu przeprowadzono u kobiet w wieku 35–45 lat, u których stosowano trening progresywny zawierający kombinację joggingu, tańca i aerobiku na stepie, 3 razy w tygodniu przez okres 18 miesięcy. Efektem tej formy treningu był wzrost BMD szyjki kości udowej [20]. Wykazano także dobrą skuteczność intensywnych progresywnych treningów oporowych u kobiet w wieku pomenopauzalnym z niską masą kostną. Częstotliwość i intensywność treningu oraz wielkość stosowanego ciężaru ulegała zmianie w czasie wraz z indywidualnym przyrostem siły i wydolności. Po 8 miesiącach treningu prowadzonego 2 razy w tygodniu przez 30 minut stwierdzono istotną poprawę BMD szyjki kości udowej ($0,3 \pm 0,5\%$ vs. $-2,5 \pm 0,8\%$, $p = 0,016$), kręgosłupa lędźwiowego ($1,6 \pm 0,9\%$ vs. $-1,7 \pm 0,6\%$, $p = 0,005$) oraz poprawę sprawności funkcjonalnej ($p < 0,05$) w porównaniu z grupą kontrolną, w której wykonywano ćwiczenia o niskiej intensywności 2 razy w tygodniu [21].

Przeprowadzono także RTC u mężczyzn w średnim wieku i starszych. W tym 12-miesięcznym badaniu z udziałem zdrowych mężczyzn w wieku 50–79 lat przeprowadzono łączony trening progresywny o wysokiej intensywności z różnorodnymi ćwiczeniami o umiarkowanym wpływie wykonywany 3 razy w tygodniu. Przeprowadzony program spowodował wzrost BMD szyjki kości udowej o 2% netto w porównaniu z grupą, która nie wykonywała ćwiczeń [22].

Inne badanie RTC potwierdziło skuteczność chińskiej sztuki walki, Tai-Chi w profilaktyce osteopenii. Interwencję prowadzono przez

9 miesięcy w grupie kobiet w wieku 45–70 lat. Pacjentki uczestniczyły w treningach trwających co najmniej godzinę, 2 razy w tygodniu przez pierwszy miesiąc i jedną godzinę w tygodniu przez kolejne 8 miesięcy. Dodatkowo wykonywały ćwiczenia w domu 3 razy w tygodniu. Stwierdzono istotną statystycznie różnicę pomiędzy pacjentkami poddanymi interwencji (wzrost BMD szyjki kości udowej $+0,04\%$) w stosunku do grupy kontrolnej niewykonywającej ćwiczeń (utrata BMD $-0,98\%$) ($p = 0,05$). Dodatkowo potwierdzono poprawę jakości życia kobiet poddanych interwencji [23].

Ćwiczenia fizyczne, zwłaszcza o dużym impakcie, wydają się pozytywnie wpływać na masę i geometrię kości u starszych osób, jednak należy pamiętać, że efekty te nie są realnie tak duże, jak by tego oczekiwano. Poza tym prawdopodobnie dotyczą głównie części korowej kości i wydają się zależeć od dalszego uczestnictwa w ćwiczeniach, a także od zdolności do utrzymania wystarczającej intensywności ćwiczeń [24]. Dlatego w fizjoprofilaktyce osteoporozy szczególne znaczenie mają ćwiczenia poprawiające i utrzymujące sprawność organizmu, a tym samym zapobiegające upadkom.

ĆWICZENIA ZAPOBIEGAJĄCE UPADKOM I ICH POWIKŁANIOM

Ćwiczenia zapobiegające upadkom i ich groźnym powikłaniom, jakimi są złamania, mają szczególne znaczenie u osób starszych. Jednak podobnie jak w przypadku ćwiczeń stymulujących biosyntezę tkanki kostnej istotne jest przygotowanie i regularna aktywność fizyczna organizmu od najmłodszych lat. W tej grupie ćwiczeń fizjoprofilaktyka polega na utrzymaniu lub poprawie siły mięśniowej, ruchomości stawów, wytrzymałości i wydolności fizycznej oraz koordynacji i równowagi. Ćwiczenia fizyczne mają korzystny wpływ na zmniejszanie strachu przed upadkiem [25] oraz obniżają ryzyko i liczbę upadków [26]. W systematycznym przeglądzie literatury oceniono wpływ różnych strategii treningowych na poprawę wydolności funkcjonalnej, zdolności chodzenia i równowagi u osób starszych. Wskazano, że terapia będąca połączeniem treningu siły, wytrzymałości i równowagi jest najlepszą formą aktywności poprawiającą tempo chodzenia, zdolność utrzymania równowagi i siły u osób starszych [27]. Kilka badań wykazało, że trening oporowy poprawia siłę kończyn dolnych, prędkość chodu i zdolność wchodzenia po schodach [28].

Badania RTC przeprowadzone w grupie osób starszych z osteoporozą polegające na ocenie wpływu treningu równowagi na lęk związany z upadkiem, chód, równowagę i funkcjonowanie fizyczne, potwierdziły wysoką skuteczność treningów balansu, w tym ćwiczeń dwu- i wielozadaniowych (kognitywnych i motorycznych) wzmocnionych dodatkową aktywnością fizyczną, stosowanych 3 razy w tygodniu po 45 minut przez okres 12 tygodni [29]. W grupie treningowej stwierdzono istotne obniżenie lęku przed upadkiem ($p < 0,001$) oraz poprawę chodu ($p < 0,05$ z poprawą o 0,9–1,4 m/s) oraz funkcjonowania fizycznego ($p < 0,001$) [30]. Inną strategią wpływającą pozytywnie na utrzymanie masy kostnej oraz równowagi statycznej i dynamicznej, jak również siły mięśni kończyn dolnych jest taniec, połączony z prostymi ćwiczeniami mięśni kończyn dolnych [31].

EDUKACJA W FIZJOPROFILAKTYCE

Edukacja chorych ma kluczowe znaczenie w fizjoprofilaktyce osteoporozy [32]. Powinna ona opierać się na przekazaniu niezbędnych informacji dotyczących stylu życia pacjenta oraz wytycznych dotyczących prawidłowego prowadzenia aktywności fizycznej. Do najważniejszych czynników stylu życia należy rezygnacja z używek, takich jak alkohol czy palenie papierosów, które wpływają na obniżenie BMD oraz wzrost zaburzeń równowagi i ryzyka upadku [33]. Edukacja pacjenta powinna kłaść nacisk na bezpieczeństwo podczas poruszania się w domu oraz na zewnątrz. Usuwanie barier,

instalacja udogodnień i ułatwień zwiększających bezpieczeństwo zwłaszcza w zakresie mobilności, dbałość o właściwe oświetlenie przestrzeni są ważnymi elementami zapobiegania upadkom przede wszystkim u osób starszych. Zagrożenia płynące ze środowiska są związane między innymi z niewłaściwie zaprojektowaną klatką schodową, uszkodzonymi schodami, brakiem poręczy, śliskimi podłogami, nieodpowiednim oświetleniem, zagraceniem przestrzeni, niezabezpieczonymi matami i dywanikami na podłodze, zagiętymi rogami dywanów oraz niestabilnymi meblami [34]. W przypadku połowy do dwóch trzecich upadków czynniki środowiskowe są uważane za główny czynnik ryzyka [35]. Wiele osób starszych przypisuje swoje upadki potknięciom i poślizgnięciom w domu lub w jego bezpośrednim otoczeniu [36]. Istotnym elementem fizjoprofilaktyki są także zalecenia odnośnie doboru pomocy i zaopatrzenia wspomagającego poruszanie się i ochronę przed upadkiem, w tym ochraniaczy na okolice ciała szczególnie narażone na ryzyko złamania podczas ewentualnego upadku [37].

Dobierając odpowiednią dla pacjenta formę fizjoprofilaktyki należy wziąć pod uwagę współistniejące choroby oraz bezpieczeństwo pacjenta [38]. Zalecenia powinny być dobierane indywidualnie, stosowanie do stanu zdrowia, preferencji możliwości środowiskowych pacjenta oraz planowane długoterminowo, ponieważ efekty ćwiczeń fizycznych zaczynają stopniowo zanikać po zaprzestaniu treningu. Treningi fizjoprofilaktyczne powinny być modyfikowane i dostosowywane do zmieniającego się stanu zdrowia pacjenta oraz warunków jego życia.

ABSTRACT

Osteoporosis, defined by the World Health Organization (WHO), is a disease characterized as a decrease in bone mass and disorders in the bone microarchitecture. Both prophylaxis and treatment of osteoporosis should be a comprehensive activity, which includes: pharmacotherapy, management and lifestyle modification — physioprophyllaxis.

Depending on the period of the disease and clinical symptoms, physioprophyllaxis in osteoporosis can be implemented as primary, secondary and clinical physioprophyllaxis. Physioprophyllaxis of osteoporosis should begin in young people and be

based on achieving the highest possible level of peak bone mass and physical fitness. The main goals in the physioprophyllaxis of osteoporosis are stimulate bone biosynthesis and to prevent falls and their complications. Depending on the expected effect, it is necessary to properly conduct patient education and choose the form of training: resistance, strength, endurance or balance. Literature data indicate that physioprophyllaxis is highly effective in preventing osteoporosis symptoms and complications.

Forum Reumatol. 2020, tom 6, nr 4: 167–172

Key words: physioprophyllaxis; osteoporosis; conservative treatment; medical training

1. World Health Organization: Prevention and management of osteoporosis. Report of a WHO scientific group. WHO technical report series, vol 921. WHO Press, Geneva, Switzerland 2003: 192.
2. Karaguzel G, Holick MF. Diagnosis and treatment of osteopenia. *Rev Endocr Metab Disord*. 2010; 11(4): 237–251, doi: [10.1007/s11154-010-9154-0](https://doi.org/10.1007/s11154-010-9154-0), indexed in Pubmed: [21234807](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21234807/).
3. Kanis JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 1994; 843(6): 1–129, indexed in Pubmed: [7941614](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7941614/).
4. Schuit SCE, van der Klift M, Weel AE, et al. Fracture incidence and association with bone mineral density in elderly men and women: the Rotterdam Study. *Bone*. 2004; 34(1): 195–202, doi: [10.1016/j.bone.2003.10.001](https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.10.001), indexed in Pubmed: [14751578](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14751578/).
5. Stone KL, Seeley DG, Lui LY, et al. Osteoporotic Fractures Research Group. BMD at multiple sites and risk of fracture of multiple types: long-term results from the Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res*. 2003; 18(11): 1947–1954, doi: [10.1359/jbmr.2003.18.11.1947](https://doi.org/10.1359/jbmr.2003.18.11.1947), indexed in Pubmed: [14606506](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14606506/).
6. Odén A, McCloskey EV, Johansson H, et al. Assessing the impact of osteoporosis on the burden of hip fractures. *Calcif Tissue Int*. 2013; 92(1): 42–49, doi: [10.1007/s00223-012-9666-6](https://doi.org/10.1007/s00223-012-9666-6), indexed in Pubmed: [23135744](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23135744/).
7. Schousboe JT. Epidemiology of Vertebral Fractures. *J Clin Densitom*. 2016; 19(1): 8–22, doi: [10.1016/j.jocd.2015.08.004](https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.08.004), indexed in Pubmed: [26349789](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26349789/).
8. Ensrud KE, Blackwell TL, Fink HA, et al. Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) Research Group. What Proportion of Incident Radiographic Vertebral Fractures in Older Men Is Clinically Diagnosed and Vice Versa: A Prospective Study. *J Bone Miner Res*. 2016; 31(8): 1500–1503, doi: [10.1002/jbmr.2831](https://doi.org/10.1002/jbmr.2831), indexed in Pubmed: [26969847](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26969847/).
9. McCloskey EV, Vasireddy S, Threlkeld J, et al. Vertebral fracture assessment (VFA) with a densitometer predicts future fractures in elderly women unselected for osteoporosis. *J Bone Miner Res*. 2008; 23(10): 1561–1568, doi: [10.1359/jbmr.080515](https://doi.org/10.1359/jbmr.080515), indexed in Pubmed: [18505372](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18505372/).
10. Blain H, Masud T, Dargent-Molina P, et al. EUGMS Falls and Fracture Interest Group, International Association of Gerontology and Geriatrics for the European Region (IAGG-ER), European Union of Medical Specialists (EUMS), Fragility Fracture Network (FFN), European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO), and International Osteoporosis Foundation (IOF). A comprehensive fracture prevention strategy in older adults: the European Union Geriatric Medicine Society (EUGMS) statement. *Aging Clin Exp Res*. 2016; 28(4): 797–803, doi: [10.1007/s40520-016-0588-4](https://doi.org/10.1007/s40520-016-0588-4), indexed in Pubmed: [27299902](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27299902/).
11. Shahid S, Hashmi M. Risk factors of osteoporosis among post-menopausal women. *The Professional Medical Journal*. 2020; 27(01): 205–209, doi: [10.29309/tpmj/2020.27.01.292](https://doi.org/10.29309/tpmj/2020.27.01.292).
12. Kanis JA, for the World Health Organization Scientific Group. Assessment of Osteoporosis at the Primary Health Care Level. Technical Report. World Organization Collaborating Centre for Metabolic Bone Diseases. University of Sheffield, Sheffield, UK 2008.
13. Boudin E, Van Hul W. MECHANISMS IN ENDOCRINOLOGY: Genetics of human bone formation. *Eur J Endocrinol*. 2017; 177(2): R69–R83, doi: [10.1530/EJE-16-0990](https://doi.org/10.1530/EJE-16-0990), indexed in Pubmed: [28381451](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28381451/).
14. Alimanović-Alagić R, Vrcić M, Miftari R, et al. Osteoporosis and physical activity. *Medical Journal*. 2015; 21(1): 22–26.
15. Guadalupe-Grau A, Fuentes T, Guerra B, et al. Exercise and bone mass in adults. *Sports Med*. 2009; 39(6): 439–468, doi: [10.2165/00007256-200939060-00002](https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00002), indexed in Pubmed: [19453205](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19453205/).
16. Compston J. Pathophysiology of atypical femoral fractures and osteonecrosis of the jaw. *Osteoporos Int*. 2011; 22(12): 2951–2961, doi: [10.1007/s00198-011-1804-x](https://doi.org/10.1007/s00198-011-1804-x), indexed in Pubmed: [21997225](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21997225/).
17. Ćwirlej-Sozańska A. Assessment of influence of a regular physical activity on physical condition and bone density in women aged 50–60. *Medical Review*. 2015; 13(2): 116–127.
18. MacKnight JM. Osteopenia and Osteoporosis in Female Athletes. *Clin Sports Med*. 2017; 36(4): 687–702, doi: [10.1016/j.csm.2017.05.006](https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.05.006), indexed in Pubmed: [28886822](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28886822/).
19. Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, et al. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Med*. 2010; 8: 47, doi: [10.1186/1741-7015-8-47](https://doi.org/10.1186/1741-7015-8-47), indexed in Pubmed: [20663158](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20663158/).
20. Heinonen A, Kannus P, Sievänen H, et al. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *The Lancet*. 1996; 348(9038): 1343–1347, doi: [10.1016/s0140-6736\(96\)04214-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(96)04214-6).
21. Watson SL, Weeks BK, Weis LJ, et al. Heavy resistance training is safe and improves bone, function, and stature in postmenopausal women with low to very low bone mass: novel early findings from the LIFTMOR trial. *Osteoporos Int*. 2015; 26(12): 2889–2894, doi: [10.1007/s00198-015-3263-2](https://doi.org/10.1007/s00198-015-3263-2), indexed in Pubmed: [26243363](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26243363/).
22. Kukuljan S, Nowson CA, Bass SL, et al. Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D3-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporos Int*. 2009; 20(7): 1241–1251, doi: [10.1007/s00198-008-0776-y](https://doi.org/10.1007/s00198-008-0776-y), indexed in Pubmed: [18958384](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18958384/).
23. Wayne PM, Kiel DP, Buring JE, et al. Impact of Tai Chi exercise on multiple fracture-related risk factors in postmenopausal osteopenic women: a pilot pragmatic, randomized trial. *BMC Complement Altern Med*. 2012; 12: 7, doi: [10.1186/1472-6882-12-7](https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-7), indexed in Pubmed: [22289280](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22289280/).
24. Hamilton CJ, Swan VJD, Jamal SA. The effects of exercise and physical activity participation on bone mass and geometry in postmenopausal women: a systematic review of pQCT studies. *Osteoporos Int*. 2010; 21(1): 11–23, doi: [10.1007/s00198-009-0967-1](https://doi.org/10.1007/s00198-009-0967-1), indexed in Pubmed: [19504035](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19504035/).
25. Kumar A, Delbaere K, Zijlstra GAR, et al. Exercise for reducing fear of falling in older people living in the community: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2016; 45(3): 345–352, doi: [10.1093/ageing/afw036](https://doi.org/10.1093/ageing/afw036), indexed in Pubmed: [27121683](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27121683/).
26. de Labra C, Guimaraes-Pinheiro C, Maseda A, et al. Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatr*. 2015; 15: 154, doi: [10.1186/s12877-015-0155-4](https://doi.org/10.1186/s12877-015-0155-4), indexed in Pubmed: [26626157](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26626157/).

27. Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, et al. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res.* 2013; 16(2): 105–114, doi: [10.1089/rej.2012.1397](https://doi.org/10.1089/rej.2012.1397), indexed in Pubmed: [23327448](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23327448/).
28. Lustosa LP, Silva JP, Coelho FM, et al. Impact of resistance exercise program on functional capacity and muscular strength of knee extensor in pre-frail community-dwelling older women: a randomized crossover trial. *Rev Bras Fisioter.* 2011; 15(4): 318–324, indexed in Pubmed: [21971726](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21971726/).
29. Halvarsson A, Dohrn IM, Ståhle A. Taking balance training for older adults one step further: the rationale for and a description of a proven balance training programme. *Clin Rehabil.* 2015; 29(5): 417–425, doi: [10.1177/0269215514546770](https://doi.org/10.1177/0269215514546770), indexed in Pubmed: [25200877](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25200877/).
30. Halvarsson A, Oddsson L, Franzén E, et al. Long-term effects of a progressive and specific balance-training programme with multi-task exercises for older adults with osteoporosis: a randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2016; 30(11): 1049–1059, doi: [10.1177/0269215515605553](https://doi.org/10.1177/0269215515605553), indexed in Pubmed: [26396164](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26396164/).
31. Young CM, Weeks BK, Beck BR. Simple, novel physical activity maintains proximal femur bone mineral density, and improves muscle strength and balance in sedentary, postmenopausal Caucasian women. *Osteoporos Int.* 2007; 18(10): 1379–1387, doi: [10.1007/s00198-007-0400-6](https://doi.org/10.1007/s00198-007-0400-6), indexed in Pubmed: [17572834](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17572834/).
32. Rapp K, Kampe K, Roigk P, et al. The osteoporotic fracture prevention program in rural areas (OFRA): a protocol for a cluster-randomized health care fund driven intervention in a routine health care setting. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016; 17(1): 458, doi: [10.1186/s12891-016-1308-0](https://doi.org/10.1186/s12891-016-1308-0), indexed in Pubmed: [27821102](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27821102/).
33. Wu ZJ, Zhao P, Liu B, et al. Effect of Cigarette Smoking on Risk of Hip Fracture in Men: A Meta-Analysis of 14 Prospective Cohort Studies. *PLoS One.* 2016; 11(12): e0168990, doi: [10.1371/journal.pone.0168990](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168990), indexed in Pubmed: [28036356](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28036356/).
34. Rosen T, Mack KA, Noonan RK. Slipping and tripping: fall injuries in adults associated with rugs and carpets. *J Inj Violence Res.* 2013; 5(1): 61–69, doi: [10.5249/jivr.v5i1.177](https://doi.org/10.5249/jivr.v5i1.177), indexed in Pubmed: [22868399](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22868399/).
35. Stubbs D, Haslam R. *Understanding and Preventing Falls.* Taylor & Francis. 2005: 90–1.
36. Lord SR, Menz HB, Sherrington C. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications. *Age Ageing.* 2006; 35(2): 55–9.
37. Hill AM, Francis-Coad J, Haines TP, et al. 'My independent streak may get in the way': how older adults respond to falls prevention education in hospital. *BMJ Open.* 2016; 6(7): e012363, doi: [10.1136/bmjopen-2016-012363](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012363), indexed in Pubmed: [27466244](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27466244/).
38. Beck BR, Daly RM, Singh MA, et al. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport.* 2017; 20(5): 438–445, doi: [10.1016/j.jsams.2016.10.001](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.001), indexed in Pubmed: [27840033](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27840033/).