

Vliv řízené pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob s osteoporózou

M. JANURA¹, Z. KRHUTOVÁ², P. NOVOSAD³, Z. SVOBODA¹

¹Fakulta tělesné kultury, UP Olomouc, ²Fakulta zdravotnických studií, OU Ostrava, ³Mediekos Labor, Zlín

SOUHRN

Janura M., Krhutová Z., Novosad P., Svoboda Z.: **Vliv řízené pohybové aktivity na posturální stabilitu u osob s osteoporózou**

Úvod: Riziko zlomenin, způsobených v důsledku pádu, je závažným problémem osob s osteoporózou. Využití řízené pohybové aktivity je jednou z možností pro zlepšení posturální stability a pro rozšíření variant při řešení náročnějších pohybových situací. Cílem studie bylo posoudit vliv cílené pohybové aktivity na posturální stabilitu pacientek s osteoporózou.

Metoda: Testovaný soubor tvořilo 43 žen s osteoporózou, rozdělených na skupinu provádějící cílené pohybové aktivity dlouhodobě (n = 29, průměrný věk $64,6 \pm 4,52$ roku) a necvičící (n = 14, průměrný věk $65,5 \pm 4,98$ roku), které absolvovaly čtyři různé typy stoje s dobou trvání 30 s. Pro hodnocení posturální stability byly použity silové plošiny Kistler (typ 9286AA).

Výsledky: Mezi oběma skupinami jsme v jednotlivých typech stoje nenalezli významné rozdíly v charakteru změn velikosti výchylek působíště reakční síly (centre of pressure – COP). U souboru necvičících pacientek dochází k rychlejší změně v poloze COP ($p < 0,05$).

Závěry: Dlouhodobé provádění řízené pohybové aktivity má vliv na kvalitu posturální stability u pacientů s osteoporózou.

Klíčová slova: osteoporóza, statická rovnováha, pohybová aktivita, působíště reakční síly

SUMMARY

Janura M., Krhutová Z., Novosad P., Svoboda Z.: **Effect of controlled physical activity on the postural stability of osteoporotic patients**

Introduction: The risk of fracturing as a result of a fall is a very serious risk for people with osteoporosis. Utilization of controlled physical activity is one of the options for improving postural stability and expanding the choice of more difficult tasks. The aim of the study was to assess the influence of controlled physical activity on the postural stability of female patients with osteoporosis.

Methods: The patients (43 women with osteoporosis) were divided into two groups: the first group (n = 29, average age 64.6 ± 4.52 years) participated in long-term controlled physical activities, whereas the second group (n = 14, average age 65.5 ± 4.98 years) did not participate. Both groups took part in four different types of stand with a duration of 30 s. Two Kistler force plates (type 9286AA) were used for the assessment of postural stability parameters.

Results: No significant differences in the pattern of changes in the centre of pressure (COP) sway were found between the groups. The velocity of COP position changes was greater ($p < 0.05$) in the group of patients without controlled physical activities.

Conclusion: Long-term controlled physical activities influence the quality of the postural stability of patients with osteoporosis.

Keywords: osteoporosis, balance, movement activity, centre of pressure

Osteologický bulletin 2010; 15(1):30–34

Adresa: Prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr., Katedra biomechaniky a technické kybernetiky, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci, tř. Míru 115, 771 11 Olomouc, e-mail: miroslav.janura@upol.cz

Došlo do redakce: 22. 12. 2009

Přijato k tisku: 8. 3. 2010

Úvod

Osteoporóza je progresivní systémové onemocnění skeletu, pro které je charakteristický úbytek kostní hmoty a narušení mikroarchitektury kostní tkáně, s následným zvýšením fragility kostí a tendencí ke zlomeninám [1]. Její léčba je založena na kombinaci farmakologické intervence, úpravě životního stylu a vhodného pohybového režimu [2]. V roce 2008 bylo toto onemocnění v České republice diagnostikováno asi u 700 000 pacientů [3].

Nefarmakologické intervence mají význam pro prevenci zachování kvality kosti. Krátké opakované zatěžování kosti vlivem cvičení má vliv na pozitivní změny v biologii kosti [4]. Při určení vlivu pohybu (překonávání působení gravi-

tační síly) na kvalitu kostní tkáně se uplatňují tři základní mechanismy: aktivace osteoblastů, ukládání iontů Ca^{+2} na povrch kosti, zvýšení množství materie nezbytné pro osifikaci. Při hodnocení vlivu týdenního intenzivního cvičení zjistili Nemoseck, Kern (2009) u mužů úbytek vápníku v moči [5].

Skupina, která je osteoporózou nejvíce ohrožena, jsou postmenopauzální ženy. Na tuto skupinu je také soustředěno nejvíce výzkumů, zabývajících se vlivem pohybové aktivity (řízené) na změny v kvalitě kostní tkáně a ve fyzické kondici. Výsledky těchto studií zaměřených na přímé ovlivnění BMD (kostní denzity), respektive zvýšení kostní hmoty, se různí. Uusi-Rasi et al. (2003) [6], Kerry (2003) [7],

Kemmler et al. (2004) [8] a další nezjistili vliv cvičení na BMD u postmenopauzálních žen. Významný nárůst BMD na trochanter major našli Kronhed a Moller (1998) [9], Going et al. (2003) [10], Englund et al. (2005) [11], Angin a Erden (2009) [12] apod. uvádějí přímý vliv cvičení na zvýšení BMD. Výsledky prezentované ve studiích [13,14] naznačují, že cvičení může u postmenopauzálních žen minimalizovat nebo zastavit ztrátu kostní hmoty, nemůže však nahradit farmakologickou léčbu a zajistit nárůst kostní hmoty.

Riziko pádů patří mezi jeden z nejzávažnějších problémů u osob s osteoporózou. Uvědomění si rizika pádu může vést k záměrnému snížení pohybových činností, které se promítá do snížení kvality života. Proto je nezbytné pokusit se zlepšit, s využitím neinvazivních intervencí, úroveň posturální stability. Jednou z možností, která pozitivně působí na zlepšení balanční kontroly, je pravidelné provádění pohybových aktivit. Pravidelný trénink balance a síly je důležitý pro předcházení pádům [15]. Mezi intervence zaměřené na snížení rizika pádu patří mj. trénink balance a chůze [16]. Cvičení mohou redukovat riziko zlomenin zlepšením síly, flexibility, balance a také zmenšením reakčního času [17]. Zároveň dochází k rozvoji pohybových schopností a k rozšíření variant řešení náročnějších pohybových situací. Twiss et al. (2009) [18] zjistili po provedení roční intervence zaměřené na rozvoj svalové síly a na dynamickou rovnováhu zlepšení balance o 39,4 %. Zmenšil se také počet pádů u cvičících, ale rozdíl nebyl statisticky významný. Nárůst svalové síly svalů kyčelního kloubu a extenzorů trupu o 9–23 % a významné zlepšení rovnováhy po 20 týdnech cvičení našli Hourigan et al. (2008) [19]. Zvýšení svalové síly, zlepšení možnosti reagovat na ztrátu rovnováhy a zmenšení rizika pádu způsobené cvičením uvádí Wendlová (2008) [20]. Zlepšení balance a kvality života po šestiměsíčním cvičení zaznamenali Alp, Kanat a Yurtkuran (2007) [21]. Kombinaci cvičení pro zlepšení koordinace a rozvoj svalové síly s podáváním Ca a vitamínu D použili Swanenburg et al. (2007) [22]. U sledované skupiny došlo k snížení rizika pádu o 89 %. K obdobnému závěru dospěli také Madureira et al. (2007), kteří pro posouzení změn po jednoročním cvičení použili Berg Balance Scale, Clinical Test Sensory Interaction Balance a Timed „Up & Go“ Test [23]. Vaillant et al. (2006) [24] doplnili cvičení pro rozvoj balance o kognitivní úlohy. Zatímco cvičení se projevilo ve zlepšení balance, použití kognitivních úloh další změny nepřineslo. Multifaktoriální preventivní programy dělané „na míru“ rizikových faktorů se zdůrazněním na cvičení a trénink balance mohou snížit riziko pádu u starších jedinců o 25–30 % [25]. Naopak Carter et al. (2001) nezaznamenali po deseti týdnech řízených pohybových aktivit statisticky významné rozdíly mezi sledovanou a kontrolní skupinou [26].

Cílem této studie bylo posoudit vliv cílené pohybové aktivity na posturální stabilitu pacientek s osteoporózou. Vytvořit soubor cviků zaměřených na zlepšení stability a v praxi ověřit jeho působení na vybrané parametry pohybového systému. Přípravit podmínky pro zohlednění dalších faktorů (vliv ročního období, používaných léků, intenzity pohybové zátěže, ...) při posouzení úrovně posturální stability.

Metodika

Charakteristika souboru

Měření bylo realizováno u vybrané skupiny žen s algickým syndromem a diagnostikovanou postmenopauzální osteoporózou (osteopenií). Všechny pacientky byly registrovány a léčeny v privátním Osteologickém centru Mediekos Labor Zlín.

Testovaný soubor tvořilo 43 žen, které byly rozděleny na skupinu provádějící cílené pohybové aktivity dlouhodobě (C, $n = 29$, průměrný věk $64,6 \pm 4,52$ roku) a necvičící (N, $n = 14$, průměrný věk $65,5 \pm 4,98$ roku). „Cvičící“ skupina (C) absolvovala řízenou pohybovou intervenci mírné intenzity o délce 50 minut týdně po dobu 1 roku.

Cvičební jednotka byla zaměřena na udržení a zlepšení kvality senzomotorických funkcí a posturálních strategií. Vlastní progresse cvičení spočívala v opakování vybraného cvičebního tvaru a ve změně polohy, tj. přechodu z nižší pozice do pozice vyšší. Cílem cvičení v těchto snazších a obtížnějších pozicích byla úprava a zkvalitnění respirační mechaniky, posturálního vzoru a motorických funkcí. Cvičení ve vertikální poloze bylo určeno k adaptaci na různé typy stoje, procvičení rovnovážných strategií umožnilo zvýšení sebedůvěry pro pohyb v prostoru.

Důraz byl kladen také na motivaci a edukaci pacientek, zaměřenou na aktivní životní styl. Vybrané cviky na udržení rovnováhy byly následně aplikovány v domácím prostředí v rozsahu 30 minut denně.

Průběh měření, použité přístroje

Každá z měřených žen absolvovala 2x čtyři základní typy stoje [otevřené oči (stoj 1), zavřené oči (stoj 2), extenze hlavy (stoj 3) a stoj na molitanu (stoj 4)], každý stoj s dobou trvání 30 s. Postavení chodidel ve stoji bylo stanoveno na šířku pánve. Ta byla určena pomocí pelvimetru jako vzdálenost bodů spina iliaca anterior superior.

Pro hodnocení posturální stability byly použity dvě piezoelektrické plošiny Kistler, typ 9286AA (Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švýcarsko). Při měření, které probíhalo za standardních podmínek v jedné místnosti, byly minimalizovány vnější rušivé vlivy. Podmínky a časový průběh měření umožnily sledovaným osobám absolvovat jednotlivé testy bez stresu a únavy. Všichni testovaní jedinci podepsali souhlas s měřením a s anonymním uveřejněním výsledků.

Měřené parametry

Rozborem signálu získaného ze silových plošin byly pomocí software Bioware (verze 3.2.6.104, Kistler Group, Winterthur, Švýcarsko) určeny změny v zatížení dolních končetin při stoji a charakter průběhu změn polohy COP (centre of pressure) (obr. 1):

- Fz – velikost vertikální složky reakční síly na dolní končetině,
- SwX – velikost směrodatné odchylky COP v mediolaterálním směru,
- SwY – velikost směrodatné odchylky v anteroposteriorním směru,
- vX – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru,
- vY – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru,
- v – celková rychlost COP.

Statistické zpracování dat

Naměřená data byla zpracována v programu Statistica 6.0 (Stat-Soft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA). Pro každý sledovaný parametr byly vypočítány základní statistické charakteristiky (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, minimální a maximální hodnoty). Porovnání rozdílů mezi „cvičící“ a kontrolní skupinou jsme provedli pomocí t-testu pro nezávislé soubory.

Tabulka 1

Základní statistické charakteristiky zatížení končetin a pohybu COP při stoji na šířku pánve u měřených skupin

Stoj 1		Levá končetina		Pravá končetina	
Skupina	Parametr	Průměr	SD	Průměr	SD
Cvičící	Fz	341,1	51,5	337,8	54,6
	SwX	0,173	0,038	0,157	0,031
	SwY	0,498	0,137	0,467	0,169
	vX	0,306	0,063	0,260	0,047
	vY	0,459	0,098	0,405	0,082
	v	0,607	0,126	0,529	0,101
Necvičící	Fz	319,0	66,1	312,9	45,0
	SwX	0,177	0,038	0,160	0,044
	SwY	0,532	0,167	0,487	0,161
	vX	0,322	0,074	0,269	0,057
	vY	0,498	0,115	0,443	0,101
	v	0,652	0,148	0,567	0,123

Legenda: Fz [N] – velikost vertikální složky reakční síly na dolní končetině, SwX [cm] – velikost směrodatné odchylky pohybu COP v mediolaterálním směru, SwY [cm] – velikost směrodatné odchylky pohybu COP v anteroposteriorním směru, vX [cm.s⁻¹] – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, vY [cm.s⁻¹] – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, v [cm.s⁻¹] – celková rychlost pohybu COP, SD – směrodatná odchylka.

Tabulka 2

Hodnoty testového kritéria (t-test) a hladiny statistické významnosti u parametrů s významným rozdílem (nebo tendencí k tomuto rozdílu) mezi oběma skupinami na pravé dolní končetině

stoj 1	t	stoj 2	t	stoj 4	t
vY	1,844+	vX	2,064*	vX	1,888+
		vY	1,984+	vY	2,055*
		v	2,044*	v	2,050*

Legenda: stoj 1 – stoj na šířku pánve oči otevřené, stoj 2 – stoj na šířku pánve oči zavřené, stoj 4 – stoj na šířku pánve na molitanu, vX – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, vY – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, v – celková rychlost pohybu COP, t – hodnota testového kritéria, +p < 0,10, *p < 0,05.

Výsledky a diskuze

Základní statistické charakteristiky sledovaných parametrů při stoji na šířku pánve bez omezení kontrolních vstupů jsou uvedeny v *tabulce 1*.

Posturální stabilita se snižuje s nárůstem asymetrie v rozložení tělesné hmotnosti [27,28]. V naší studii jsme pro zatížení dolních končetin nenalezli v jednotlivých typech stoje u žádné z měřených skupin významný rozdíl mezi levou a pravou dolní končetinou. Diference se pohybují v rozmezí 0,09 až 0,56 % u skupiny C, resp. 0,13 až 1,68 % u skupiny N. Všechny rozdíly jsou tedy výrazně nižší než velikost 10 %, která je označována jako hraniční pro určení asymetrie zatížení [29].

Rozdíly mezi oběma skupinami v parametrech charakterizujících úroveň posturální stability v jednotlivých typech stoje jsou zaznamenány v *tabulce 2*.

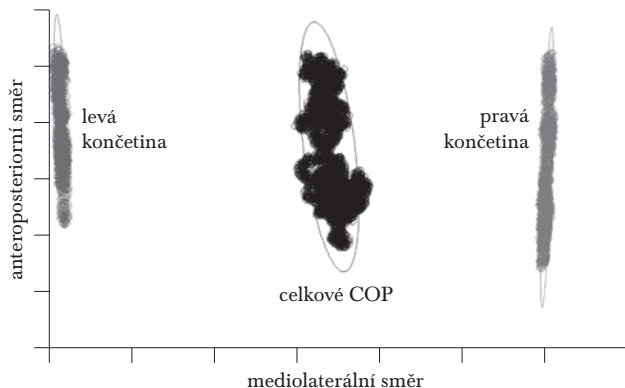
Mezi oběma skupinami jsme v jednotlivých typech stoje nenalezli významné rozdíly v charakteru změn velikosti vychylek COP v žádném z měřených směrů (*obr. 2*). U souboru necvičících pacientek dochází k rychlejší změnám v poloze COP ve směru mediolaterálním (p < 0,05) při stoji s vyloučením zrakové kontroly, které se promítají do větší výsledné rychlosti pohybu COP (p < 0,05). Podobný závěr platí pro rychlost COP ve směru anteroposteriorním a pro výslednou rychlost COP při stoji na molitanu. Srovnatelný průběh pohybu COP u obou skupin je u necvičících jedinců charakterizován větší rychlostí změn polohy COP (*obr. 3*).

S výjimkou parametru SwY při stojích 1 a 4 u skupiny C jsme mezi jednotlivými typy stoje nenalezli významné rozdíly (p < 0,05) pro sledované parametry. Vyloučení zrakové kontroly stoje (stoj 2) ani změny v zapojení svalů v oblasti krku (stoj 3) se tedy neprojevovaly ve změně měřených parametrů. Nepotvrdily se tedy závěry o zhoršení stability při vyloučení zraku, které byly získány pro různé skupiny populace, od několikaměsíčních dětí [30] až po seniory [31]. Vliv zraku je dále zdůrazněn také v situacích, kdy je redukována proprioceptivní složka kontroly stability [32].

Vliv pohybové aktivity je nutné hodnotit i vzhledem k dalším parametrům. Názory na její podíl na ovlivnění hodnoty BMD u žen po menopauze se různí. Shrier (2003) [33], Kemmler et al. (2004) [8] a další nenalezli závislost

Obr. 1

Grafické znázornění trajektorie COP (díleč pod každou končetinou, výsledné) při klidovém stoji po dobu 30 s



mezi prováděním cvičení a hodnotou BMD, Feskanich et al. (2002) [34], Going et al. (2003) [10] uvádějí významný vliv cvičení na nárůst BMD. Z výsledků prezentovaných v práci Bloomfield et al. (2005) vyplývá, že cvičení může minimalizovat ztrátu kostní hmoty, nemůže však způsobit její nárůst [14]. Efekt cvičení nemusí spočívat v nárůstu kostní hmoty. Přesto má cvičení význam pro zlepšení balance a koordinace [35]. Může také zabránit dalšímu snižování hustoty kosti [36].

Odhlédneme-li od vědecké stránky projektu, potom je důležité přihlížet k pozitivnímu vlivu pohybu na zdraví. O cvičení byl mezi pacientkami velký zájem, některé z nich si cvičební hodiny nahraovaly a individuálně opakovaly v domácím prostředí. Důležité je zjištění, že cvičební jednotky pokračují i po ukončení plánovaného cyklu.

Limity studie

Nižší počet zúčastněných žen je ovlivněn omezenými možnostmi při vykonávání cílené pohybové aktivity zaměřené na posturální stabilitu. Výraznější nárůst počtu cvičenek není možný z personálních ani prostorových podmínek, přestože zájem ze strany pacientek je výrazný.

Problematickou je omezená kvantifikace pohybových aktivit, které ženy vykonávají mimo cvičební jednotku. I přes jasné vymezení počtu a způsobu provedení jednotlivých cviků, je jejich absolvování podmíněno přístupem každého jedince. To platí i v opačném smyslu, kdy existuje výrazný rozdíl v kvantitě i kvalitě dalších pohybových činností, do kterých musíme zařadit i běžné každodenní aktivity.

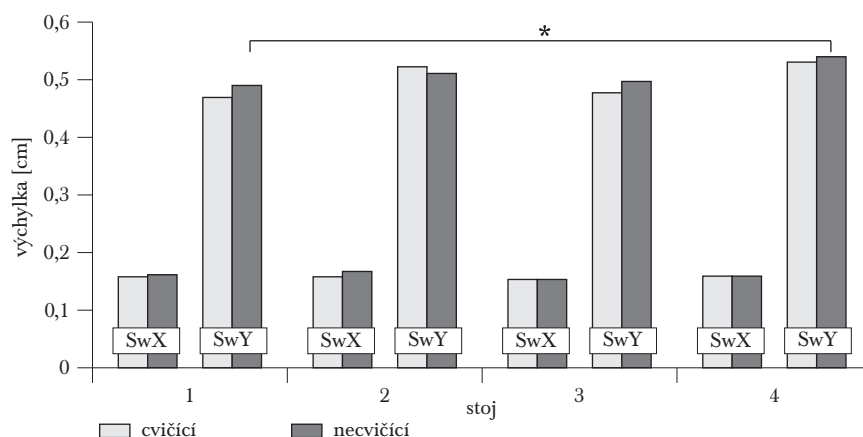
Limitem, který souvisí s přístrojovým vybavením, je možnost měření pouze ve statických podmínkách. Ukazuje se, že měření polohy představují pro sledované skupiny příliš jednoduchou situaci, která nemusí ve všech případech vypovídat o úrovni posturální stability. Posturální stabilizace je komplexní motorická dovednost, a to by mělo být zohledněno při jejím hodnocení [37]. Proto je nutné pro další část výzkumu, v případě nemožnosti měření rovnováhy v dynamických situacích, doplnit měření o současně řešení další úlohy (tzv. dual tasks).

Při zpracování dalších výsledků, které byly získány při opakovaných měřeních v průběhu roku, je nutné doplnit údaje ze stabilometrie o hodnoty kostních markerů a kvan-

Obr. 2

Grafické znázornění rozdílů ve velikosti směrodatných odchylek center of pressure na pravé dolní končetině v různých typech stoj

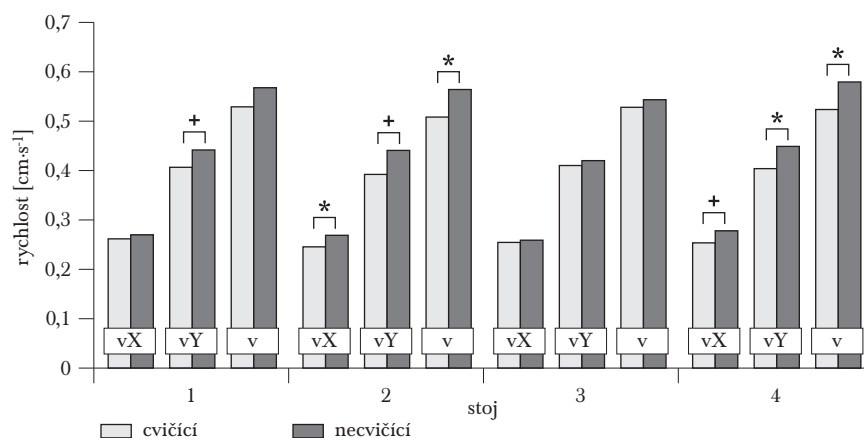
Legenda: SwX [cm] – velikost směrodatné odchylky pohybu COP v mediolaterálním směru, SwY [cm] – velikost směrodatné odchylky pohybu COP v anteroposteriorním směru, stoj 1 – stoj na šířku pánve oči otevřené, stoj 2 – stoj na šířku pánve oči zavřené, stoj 3 – stoj na šířku pánve s extenzí hlavy, stoj 4 – stoj na šířku pánve na molitanu, * $p < 0,05$.



Obr. 3

Grafické znázornění rozdílů v rychlosti změn polohy center of pressure na pravé dolní končetině v různých typech stoj

Legenda: vX [cm.s⁻¹] – rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru, vY [cm.s⁻¹] – rychlost pohybu COP v anteroposteriorním směru, v [cm.s⁻¹] – celková rychlost pohybu COP, stoj 1 – stoj na šířku pánve oči otevřené, stoj 2 – stoj na šířku pánve oči zavřené, stoj 3 – stoj na šířku pánve s extenzí hlavy, stoj 4 – stoj na šířku pánve na molitanu, + $p < 0,10$, * $p < 0,05$.



tifikovat velikost pohybové aktivity mimo cvičební jednotku.

Práce je zaměřena na pohybovou aktivitu jako na jednu ze složek komplexu intervencí, které se uplatňují při léčbě osteoporózy. Nezabývá se kombinací pohybové aktivity s vlivy dalších faktorů (podávání farmak, vitamínů apod.). Sledování změn při kombinaci jednotlivých intervencí by mělo být součástí rozsáhlejší připravované studie.

Závěry

1. Vliv absolvování opakovaných cvičebních jednotek zaměřených na rovnovážné schopnosti se neprojevil v charakteru výchylek působitě reakční síly (COP) při vzpřímeném bipedálním postoji.
2. Opakované provádění cviků zaměřených na zlepšení rovnováhy má vliv na zmenšení rychlosti změn působitě reakční síly při bipedálním postoji.
3. Pro hodnocení posturální stability u žen s osteoporózou (osteopenií), bez výrazného omezení v oblasti řízení pohybu, je nezbytné modifikovat klasickou testovou baterii a doplnit provedení jednotlivých testů o současné řešení dalších úloh.

Studie byla podpořena grantem MŠMT ČR VZ 6198959221.

Literatura

1. Blake GM, Wahner HW, Fogelman I. The evaluation of osteoporosis: dual energy X-ray absorptiometry and ultrasound in clinical practice. London; Martin Dunitz, 1999.
2. Melendez-Ortega A. Osteoporosis, falls and exercise. Eur Rev Aging Phys Act 2007;4:61–70.
3. Němcová J, Korsa J. Komplexní léčba a prevence osteoporózy – postavení a význam pohybové aktivity a léčebné rehabilitace. Med Pro Praxi 2008;5:165–8.
4. Schwab P, Klein RF. Nonpharmacological approaches to improve bone health and reduce osteoporosis. Curr Opin Rheumatol 2008;20:213–217.
5. Nemocek T, Kern M. The effects of high-impact and resistance exercise on urinary calcium excretion. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2009;19:162–171.
6. Uusi-Rasi K, Kannus P, Cheng S et al. Effect of alendronate and exercise on bone and physical performance of postmenopausal women: a randomized controlled trial. Bone 2003;33:132–144.
7. Kerry JS. Mild aerobic exercise no protection from osteoporosis. FDA Consum 2003;37:8.
8. Kemmler W, Lauber D, Weineck J et al. Benefits of 2 years of intense exercise on bone density, physical fitness, and blood lipids in early postmenopausal osteopenic women. Arch Intern Med 2004;64:1084–1092.
9. Kronhed ACG, Moller M. Effects of physical exercise on bone mass, balance skill and aerobic capacity in women and men with low bone mineral density, after one year of training – a prospective study. Scand J Med Sci Sports 1998;8:290–298.
10. Going S, Lohman T, Houtkooper L et al. Effects of exercise on bone mineral density in calcium-replete postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. Osteoporos Int 2003;14:637–643.
11. Englund U, Littbrand H, Sundell A et al. A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. Osteoporos Int 2005;16:1117–1123.
12. Angin E, Erden Z. The effect of group exercise on postmenopausal osteoporosis and osteopenia. Acta Orthop Traumatol Turc 2009;43:343–350.
13. Parfitt AM. The attainment of peak bone mass: what is relationship between muscle growth and bone growth? Bone 2004;34:767–770.
14. Bloomfield S. Contributions of physical activity to bone health over the lifespan. Top Geriatr Rehabil 2005;21:68–77.
15. Kannus P, Uusi-Rasi K, Palvanen M, Parkkari J. Non-pharmacological means to prevent fractures among older adults. Ann Med 2005;37:303–310.
16. Messinger-Rapport BJ, Thacker HL. Prevention for the older woman. Mobility: a practical guide to managing osteoarthritis and falls. Part 6. Geriatrics 2003;58:22–29.
17. Smith EL, Gilligan C. Physical-activity effects on bone metabolism. Calcif Tissue Int 1991;49:S50–4.
18. Twiss JJ, Waltman NL, Berg K et al. An exercise intervention for breast cancer survivors with bone loss. J Nurs Scholarsh 2009;41:20–27.
19. Hourigan SR, Nitz JC, Brauer SG et al. Positive effects of exercise on falls and fracture risk in osteopenic women. Osteoporos Int 2008;19:1077–1086.
20. Wendlová J. Biomechanical conditions for maintaining body balance in kinesiotherapy of osteoporotic patients. Bratisl Lek Listy 2008;109:441–444.
21. Alp A, Kanat E, Yurtkuran M. Efficacy of a self-management program for osteoporotic subjects. Am J Phys Med Rehabil 2007;86:633–640.
22. Swanenburg J, de Bruin ED, Stauffacher M et al. Effects of exercise and nutrition on postural balance and risk of falling in elderly people with decreased bone mineral density: randomized controlled trial pilot study. Clin Rehabil 2007;6:523–534.
23. Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL et al. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. Osteoporos Int 2007;18:419–425.
24. Vaillant J, Vuillerme N, Martigne P et al. Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. Joint Bone Spine 2006;73:414–418.
25. Dargent-Molina P. Epidemiology and risk factors for osteoporosis. Rev Med Interne 2004;25 Suppl 5:S17–25.
26. Carter ND, Khan KM, Petit MA et al. Results of a 10 week community based strength and balance training programme to reduce fall risk factors: a randomised controlled trial in 65–75 year old women with osteoporosis. Br J Sports Med 2001;35:348–351.
27. Blaszczyk JW, Prince F, Raiche M, Hébert R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. J Biomech 2000;33:1243–1248.
28. Genthon N, Rougier P. Influence of an asymmetrical body weight distribution on the control of undisturbed upright stance. J Biomech 2005;38:2037–2049.
29. Vele F. Kineziologie posturálního systému. Praha; Univerzita Karlova, 1995.
30. Jouen F. Visual-proprioceptive control of posture in newborn infants. In: Amblard B, Berthoz A, Clarac F, eds: Posture and gait: Development, adaptation and modulation. New York, Elsevier Science Publishers 1988:13–22.
31. Lord SR, Menz HB. Visual contributions to postural stability in older adults. Gerontology 2000;46:306–310.
32. Redfern MS, Yardley L, Bronstein, AM. (2001). Visual influence on balance. J Anxiety Disord 2001;15:81–94.
33. Shrier I. Tai Chi retards bone loss and improves muscle strength. Phys Sportsmed 2003;31:16–18.
34. Feskanich D, Willett W, Colditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. JAMA 2002;288:2300–2307.
35. Gerdhem P, Ringsberg KAM, Akesson K et al. Influence of muscle strength, physical activity and weight on bone mass in a population-based sample of 1004 elderly women. Osteoporos Int 2003;14:768–772.
36. Lange, U, Tarner, I., Teichmann, J et al. The role of exercise in the prevention and rehabilitation of osteoporosis – a current review. Akt Rheumatol 2007;32:21–26.
37. Míková M. Posturografie – význam a uplatnění ve výzkumu a v klinické praxi. Dizertační práce. Olomouc; Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, 2006.