Vliv SM-systému cvičení na úroveň posturální stability

Impact of SM-system exercise in level of postural stability

Ivan Struhár, Lenka Dovrtělová

Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita v Brně

Abstrakt

Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda cvičení s elastickým lanem může zlepšit úroveň posturální stability ve sledovaném souboru. Úroveň posturální stability byla změřena za pomoci elektronické balanční plošiny (EBP) s nastavitelným balančním rádiem a zpětnou vazbou pro pacienta. Na začátku a na konci studie bylo provedeno měření, kdy proband zaujal pozici vestoje na EBP po dobu 30 vteřin s otevřenými očima. Při této situaci měl proband udržovat EBP v rovnovážné poloze pomocí zpětné vazby z obrazovky. Výsledky byly srovnány pro každého probanda samostatně a byly vyjádřeny číslem od 0 do 100. Celkově bylo do výzkumu zahrnuto 29 probandů, aktivně participujících v moderní gymnastice. Celkový čas zatížení během týdne byl 18 hodin. Experimentální skupina vykonávala navíc 2 hodiny cvičení týdně s elastickým lanem. Probandi před samotným zahájením výzkumu neuvedli žádná svalová zranění nebo onemocnění, která by mohla ovlivnit úroveň rovnovážných schopností. Rodiče všech probandů podepsali informovaný souhlas umožňující zařazení do výzkumu. Výzkumný soubor byl náhodně rozdělen do kontrolní skupiny (15 dívek; průměrný věk = $13,78 \pm 1,62$ let; průměrná výška = $1,57 \pm 0,09$ m; průměrná hmotnost = $46,16 \pm 8,71$ kg) a experimentální skupiny (14 dívek; průměrný věk = $14,1 \pm 2,0$ let; průměrná výška = $1,56 \pm 0,08$ m; průměrná hmotnost = $45,6 \pm 10,55$ kg). Pro zjištění rozdílu mezi pre-testem a post-testem byl použit párový t-test pro závislé měření ($p = 0,006578$; hladina významnosti 95%). Námi zvolený intervenční program přispěl ke zlepšení úrovně posturální stability v experimentální skupině.

Abstract

The main aim of this study was to find out if exercise with elastic cord improved postural stability in a experimental group. Postural stability was measured by electronic balancing board with variable radius and integrated feedback. The exercise regimen was undertaken twice a week for 3 months. All participants were measured at the beginning of the study and then after 3 months. Participants had to stand on the electronic balance board during 30 seconds with open eyes and kept the board balanced using feedback from the screen. The results were expressed by number from 0 to 100. Twenty-nine elite gymnasts volunteered for this study. Participants did not report any neuromusculoskeletal injuries or other diseases that may affect balance performance. Before participating in the study, all parents of gymnasts read and signed the informed consent form. The participants were assigned to a control group (15 girls; mean age = 13.78 ± 1.62 years; mean height = 1.57 ± 0.09 m; mean mass = 46.16 ± 8.71 kg) and experimental group (14 girls; mean age = 14.1 ± 2.0 years; mean height = 1.56 ± 0.08 m; mean mass = 45.6 ± 10.55 kg). The total number of time spending in training was 18 hours per week. Experimental group performed 2 hours plus of exercise with elastic cord. One of the aims of the study was to decide if the differences between pre-test and post-test in experimental group will occur. The paired samples t-test was used ($p = 0.006578$; the significance level 95%). The intervention programme with elastic cord improved postural stability in a group of elite gymnasts.

Klíčová slova: balanční plošina, rovnováha, kompenzační cvičení

Keywords: balance board, balance, corrective exercise

Práce byla podpořena operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost CZ.1.07/2.4.00/17.0039 – Vytvoření sítě odborných institucí participujících na boji proti výskytu metabolického syndromu.

ÚVOD

Pro správné pochopení problematiky držení těla je nutné správně definovat několik pojmů, jako například postura a posturální stabilita. V literatuře se často vyskytuje jejich nesprávná interpretace nebo vzájemné ztotožnění těchto dvou pojmů. Postura je aktivní držení jednotlivých segmentů těla proti působení zevních sil, avšak pojem posturální stabilita je popisován jako schopnost zajistit vzpřímené držení těla v závislosti na vnitřních a zevních sil takým způsobem, aby nedošlo k pádu (Vařeka, 2002). Dělení svalů na svaly tonické a fázické nacházíme už v pracích profesora Jandy několik desítek let zpátky. Je však nutné zdůraznit, že už profesor Janda ve svých pracích zdůrazňuje, že obě skupiny svalů mají i funkci posturální. Celkové držení těla a kvalita držení těla je značně individuální a závisí na tom, jakým způsobem a v jaké časové návaznosti jsou svaly schopné se začlenit do posturální funkce.

Při hodnocení stability lze využít několik testů jako například test Bergovy balanční škály nebo výdrž v stoji jednož. Tyto testy jsou však sami o sobě značně subjektivní, proto by jejich použití mělo být doplňkem k objektivním metodám testování.

Udržování posturální stability je nezbytnou součástí jak elitního sportu, tak i sportu pro všechny. Posturální stabilita je proto důležitou součástí sportovního tréninku, ale často je využívána i pro kompenzaci ve sportu (Riemann, Myers, & Lephart, 2002). Pro zajištění posturální stability hraje klíčovou roli posturální kontrola, která integruje aferentní informace z vestibulárního, zrakového a somatosenzorického systému (Redfern, Yardley, & Bronstein, 2001). Posturální kontrola je získávána už během prvních let života člověka, i když je nutné zdůraznit, že děti vykazují větší předozadní odchylky v pozici ve stoje než dospělí (Peterson, Christou, & Rosengren, 2006). Nejenom věk člověka, ale i jeho pohlaví má vliv na posturální stabilitu. Tato problematika byla předmětem hned několika studií, které potvrdily statisticky výrazně nižší odchylky v udržování předozadní stability u dívek než u chlapců stejného věku (Lee & Lin, 2007; Geldhof et al., 2006; Nolan, Grigorenko, & Thorstensson, 2005).

Následně, snížená úroveň posturální stability a kontroly se stává faktorem, který zvyšuje riziko zranění nejenom při vykonávání sportovní činnosti, ale i v běžném životě. Souvislost mezi úrovní posturální stability a rozsahem pohybu byla prokázána ve smyslu prevence pádů a následných zranění (Nitz & Choy, 2004). Úroveň posturální stability je neustále měnící se stav a může být zlepšen využitím balančního tréninku a to nejen v dětském, ale i dospělém a starším věku (Gruber et al., 2007). Existuje mnoho faktorů, které mohou mít vliv na úroveň posturální stability. Balanční trénink může mít pozitivní vliv také na senzorický systém. Otázkou však nadále zůstává, jak můžeme shrnout cvičení s cílem zlepšit rovnovážné schopnosti. Nejedná se jen o balanční trénink nebo trénink posturální stability. Nacházíme hned několik pojmů, které jsou považovány za způsob zlepšení stability a úrovně rovnovážných schopností, jako je například senzomotorický trénink nebo propioceptivní trénink. Systém posturální kontroly zahrnuje jak senzorickou, tak i motorickou složku. Udržování posturální rovnováhy vyžaduje informace o poloze těla v prostoru, které jsou zpracovávány v centrálním nervovém systému a následně jsou použity k vykonání vhodné pohybové reakce (Riemann & Lephart, 2002). Žádný cílený pohyb není možné vykonat bez úponové stabilizace svalů, která daný pohyb vykonává. Klíčovou úlohu pro posturální stabilitu hraje oblast pánve. Žádný pohyb horní nebo dolní končetiny nemůže být vykonán bez zpevnění trupu jako celku, avšak je nutné zdůraznit, že tato reakce pohybového systému probíhá automaticky tedy bez našeho vědomí.

Zmínili jsme, že udržování posturální stability a kontroly je nezbytnou součástí sportu. Následně je možné předpokládat, že participace na pohybové aktivitě přispěje ke zlepšení postu-

rální kontroly a stability. Tento předpoklad potvrdila studie, která porovnávala úroveň posturální kontroly v závislosti na působišti vektoru reakční síly podložky, která se přizpůsobuje pohybu těla. Studie srovnávala 3 skupiny probandů (judisti, baletní tanečnice a lidé se sedavým typem práce). Výsledky potvrdily nejlepší úroveň posturální stability ve skupině judistů v bipedálním stoji (Perrin, Deviterne, Hugel, & Perrot, 2002). Je však nutné upozornit, že v některých sportech, jako například v gymnastice, je také nutná schopnost udržet stabilitu pouze na jedné dolní končetině. Úroveň posturální stability zkoumala také studie, která srovnávala skupinu gymnastů se sportovci nevykonávajícími gymnastiku a to v několika pohybových situacích se zrakovou kontrolou a bez zrakové kontroly (bipedální stoj, stoj na jedné končetině a stoj na jedné končetině na balanční podložce). Výsledky demonstrují, že posturální stabilita byla srovnatelná v situaci, kdy byla umožněná probandům zraková kontrola. Avšak při měření posturální stability bez zrakové kontroly skupina gymnastů dosahovala statisticky výrazně lepší hodnoty. Studie však nezmiňuje sportovní anamnézu skupiny srovnanou se skupinou gymnastů (Vuillermie et al., 2001). Otázkou však nadále zůstává vysvětlení lepších hodnot v měření posturální stability ve skupině gymnastů. Odpověď může být popsána v souvislosti se strukturou sportovního výkonu, kdy je nutná neustálá kontrola jednotlivých segmentů těla častokrát v časově náročných podmínkách. Tím pádem by mohlo docházet k jakési substituci, kdy informace přicházející ze zrakového receptoru jsou nahrazovány informacemi z jiných receptorů.

Všechny námi vybrané typy cviků byly založené na principu aktivace stabilizačních svalových spirál (byl zvolen SM-systém typ cvičení). Cvičení probíhá s elastickým lanem, které umožňuje poměrně velký rozsah pohybu končetin proti narůstajícímu odporu. Na konci elastického lana je umístěno poutko, které umožňuje po celou dobu cvičení vykonávat pohyb bez aktivního úchopu. Při aktivním úchopu se zvyšuje riziko nesprávného provedení cvičení a to zejména stálým zapojením horních fixátorů lopatky.

Cvičení s elastickým lanem aktivuje spirální svalová zřetězení, která vytvářejí trakční sílu. Tento efekt lze využít k optimalizaci pohybu, ale i léčbě funkčních poruch páteře. Při cvičení je však důležitá kontrola, která se zaměřuje na aktivitu šikmých břišních svalů, útlum paravertebrálních svalů a také sleduje rozestup trnů páteře. Kontrola je také prováděna v oblasti pánve, kdy spojnice spina iliaca anterior superior a spina iliaca posterior superior by měla být položena vodorovně (Smišek, Smíšková, & Smíšková, 2009).

METODIKA

Dvacetdevět gymnastek dobrovolně participovalo v naší studii. Probandi neuvedli před zahájením výzkumu žádné svalové zranění, žádné onemocnění kloubů, zhoršené vidění nebo jiné onemocnění, které by mohly mít vliv na úroveň rovnovážných schopností. Z výzkumu byl vyloučen také proband, který během intervenčního programu užíval léky, které by mohly ovlivnit rovnováhu. Probandi také neměli zkušenosti s tematicky podobně koncipovaným programem během svého gymnastického tréninku, nebo během hodin tělesné výchovy ve škole. Pokud byl účastník zapojený do ekvivalentního typu tréninkového programu, museli jsme ho z naší studie vyloučit. Proband (pouze v experimentální skupině) byl také vyloučen z programu, pokud jeho účast byla nižší než 90% z celkového času v intervenčním programu. Probandi byli dále instruováni o neuzívání jakéhokoli léku 24 hodin před měřením. Všichni účastníci vykonávali během realizace experimentu gymnastický trénink v rozsahu 18 hodin týdně. Experimentální skupina prováděla navíc 2 hodiny cvičení s elastickým lanem týdně. Probandi byli náhodně rozděleni do kontrolní skupiny (15 dívek, průměrný věk = $13,78 \pm 1,62$ let, průměrná výška = $1,57 \pm 0,09$ m; průměrná hmotnost = $46,16 \pm 8,71$ kg) a experimentální skupiny (14 dívek, průměrný věk = $14,1 \pm 2,0$ let, průměrná výška = $1,56 \pm 0,08$ m; průměrná hmotnost = $45,6 \pm 10,55$ kg).

Hlavním úkolem probandů bylo během měření udržet rovnováhu v medio-laterálním směru s pomocí zpětné vazby z obrazovky. Pro měření posturální stability byla použita elektronická EBP

s proměnným poloměrem a integrovanou zpětnou vazbu. Po ukončení měření byl každý výkon probanda vyjádřen číslem od 0 do 100. Hodnota 100 je považována za nejhorší případ a hodnota nula je považována za nejlepší možný případ. Celkové skóre bylo vytvořeno jako vážený průměr několika parametrů. Sklopná část EBP byla pro náš experiment nastavena s poloměrem 5 cm.

Všichni probandi byli změřeni před zahájením intervenčního programu a následně po 3 měsících. Před testováním měli účastníci možnost vyzkoušet si pozici na EBP. Na začátku měření byla EBP nakloněna napravo. Každý účastník musel stát naboso na EBP po dobu 30 sekund v pozici, kdy paty byly 5 cm od sebe a uhel mezi chodidly byl o velikosti 30° (Obr. 1).

Obr. 1 Pozice chodidel na elektronické balanční plošině

Každý účastník dostával v průběhu měření vizuální zpětnou vazbu z obrazovky. V průběhu měření nebylo dovoleno mluvit. Ochrana v případě pádu účastníka z EBP byla zajištěna. Intervenční program a správné provádění cvičení bylo vysvětleno a demonstrováno v experimentální skupině (každá lekce byla pod dohledem navrhovatele celého intervenčního programu). Správnost cvičení byla kontrolována s důrazem na správné zapojení břišních svalů a inhibici paravertebrálních svalů. Kontrolní skupina byla bez jakékoli formy tréninku stability po dobu 3 měsíců. Intervenční program trval hodinu během gymnastického tréninku, dvakrát týdně po dobu 3 měsíců.

Intervenční program byl vždy zahájen po rozcvičení. Celkově probandi v experimentální skupině vykonávali 5 cvičení se zaměřením na dynamickou stabilizaci pohybu a zlepšení koordinace. Všechny cviky byly vykonávány na balanční podložce (Obr. 2).

Obr. 2 Balanční podložka

Intervenční činitel:

Cvik č. 1: Proband se nachází v pozici vestoje, dlaně směřují dolů. Poutko elastického lana je navlečeno na ruce. Následně proband zpevní hýždě a vyrovná pánev (spojnice spina iliaca anterior superior a spina iliaca posterior superior by měla být položena vodorovně). Z tohoto postavení proband přitáhne lopatky směrem k sobě, dozadu a dolů. Ruce a předloktí probanda zůstávají v prodloužení elastického lana, dlaně se otáčejí směrem nahoru. Je nutné podotknout a zkontrolovat vyrovnaní těla do zadní osy, která je tvořena spojnici os occipitale, processus spinosus thoracicae a os sacrum. Po vyrovnaní do zadní osy proband postupně zvedá pravou patu od podložky. Proband provede 4 série po 12 opakováních na pravou i levou končetinu.

Cvik č. 2: Proband je otočen zády k ukotvení lana. Ruce jsou volně vytažené vlivem elastické síly lana. Proband začne zvedat horní končetiny směrem vzad až do vzpažení. Následně proband předkloní hlavu a hrudník pomalu přitahuje směrem k pánvi. Horní končetiny nevykonávají pohyb, dochází k pohybu v krční a hrudní části páteře. Cvik je zaměřen na posílení břišního svalstva a také natažení vzpřimovačů páteře. Proband provede 4 série po 12 opakováních.

Cvik č. 3: Proband se nachází v pozici ve stoje, čelem k ukotvení lana. Hlava je předkloněná. Paže jsou překřížené před tělem. Proband zpevní hýždě a vyrovná pánev (spojnice spina iliaca anterior superior a spina iliaca posterior superior by měla být položena vodorovně). Následně proband přitáhne lopatky směrem k sobě, dozadu a dolů. Dlaně se otáčejí směrem vzhůru, předloktí jsou vodorovně. Po vyrovnaní do zadní osy proband postupně zvedne pravou patu od podložky. Proband provede 4 série po 12 opakováních na pravou i levou končetinu.

Cvik č. 4: Proband je otočen zády k ukotvení lana v pozici přednožmo pokrčmo pravou nohou, levá ruka se dotýká pravého kolena. Následně proband vykoná pohyb pravou nohou směrem vzad a na konci se přední část chodidla dotýká podlahy. Proband provede 4 série po 12 opakováních na pravou i levou končetinu.

Cvik č. 5: Proband se nachází v pozici ve stoje, bokem k ukotvení lana. Poutko elastického lana je umístěno na bližší ruce probanda směrem k ukotvení lana. Proband zpevní hýždě a vyrovná pánev (spojnice spina iliaca anterior superior a spina iliaca posterior superior by měla být položena vodorovně). Následně proband vykoná pohyb s elastickým lanem nad hlavou do střední osy těla. Po zaujmutí této polohy proband přednoží pokrčmo protilehlou dolní končetinu a setrvá v této poloze po dobu 10 vteřin. Proband provede 4 série po 12 opakováních na pravou i levou končetinu (Smišek, Smíšková, & Smíšková, 2009).

Obr. 3 Cvik číslo 1

Obr. 4 Cvik číslo 2

Obr. 5 Cvik číslo 3

Obr. 6 Cvik číslo 4

Obr. 7 Cvik číslo 5

Výsledky

Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí programu Statistica 12.0, včetně popisné statistiky. Pro analýzu dat v každé skupině byl použit párový t-test. Hladina statistické významnosti byla nastavena na $p < 0,05$. Výsledky jsou uvedeny jako průměr $\pm$ SD.

	Věk (roky)		Tělesná výška (m)		Tělesná hmotnost (kg)	
	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Experimentální skupina (n = 14)	14,1	2	1,56	0,08	45,6	10,55
Kontrolní skupina (n = 15)	13,78	1,62	1,57	0,09	46,16	8,71

Tab. 1 Somatometrická charakteristika probandů

Na začátku studie bylo potřebné zjistit, zda kontrolní a experimentální skupina jsou homogenní. Předpokládali jsme, že hodnoty naměřené v pre-testu mezi experimentální a kontrolní skupinou nebudou vykazovat statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Tento předpoklad představoval nulovou hypotézu. Alternativní hypotéza byla v protikladu nulové hypotézy. Na ověření nulové hypotézy jsme použili t-test pro nezávislé vzorky ($p = 0,365944$), čímž nulová hypotéza nebyla zamítnuta.

Dalším cílem studie bylo zjistit, zda dojde k rozdílům mezi pre-testem a post-testem v experimentální skupině. Na ověření byl použit párový t-test ($p = 0,006578$, hladina významnosti 95%). Na základě výsledků mezi pre-testem a post-testem potvrzujeme, že intervenční program s elastickým lanem přispěl ke zlepšení posturální stability v experimentální skupině.

Obr. 8 Hodnoty naměřené na elektronické balanční plošině v pre-testu

Obr. 9 Hodnoty naměřené na elektronické balanční plošině v post-testu

	Pre-test	Post-test
Experimentální skupina (n=14)	37,07±2,70	32,82±5,34
Kontrolní skupina (n=15)	38,88±2,62	39,33±2,52

Tab. 2 Celkové skóre účastníků na elektronické balanční plošině

Vliv intervenčního programu na úroveň posturální stability byl změřen pomocí EBP, kde hodnota 100 je považována za nejhorší případ a hodnota 0 je považována za nejlepší možný případ. Průměrné skóre probandů v experimentální skupině bylo sníženo (pre-test $37,07 \pm 2,70$; post-test $32,82 \pm 5,34$), ale průměrné skóre účastníků v kontrolní skupině se zvýšilo (pre-test $38,88 \pm 2,62$; post-test $39,33 \pm 2,52$).

Diskuse

Účelem této studie bylo zjistit a posoudit vliv tréninku posturální stability ve skupině elitních gymnastek. Posturální stabilita byla měřena s použitím EBP. Předpokládali jsme, že intervenční program by mohl zlepšit posturální stabilitu po 3 měsících intervence v experimentální skupině. Výsledky ukázaly, že průměrné skóre účastníků v experimentální skupině po intervenčním programu bylo výrazně nižší, než průměrné skóre v kontrolní skupině ($32,82 \pm 5,34$ vs. $39,33 \pm 2,52$). Pozitivní vliv tréninku rovnováhy a stability nacházíme v radě studií (Carter, Beam, McMahan, Barr, & Brown, 2006; Bassett & Leach, 2011; Huxel Bliven & Anderson, 2013; Yu & Lee, 2012; Abdi & Sadeghi, 2013).

V mnoha sportech musí být posturální rovnováha dostatečně silná, aby snížila množství úsilí potřebného na udržení vzpřímeného postoj (Kuczynski, Szymanska, & Biec, 2011). Posturální

kontrola vyžaduje integraci vestibulárních, proprioceptivních a vizuálních informací. Byl také zjištěn vztah mezi posturální stabilitou a zraněním ve smyslu vyšší prevalence při neschopnosti zaujmout rovnovážnou polohu ve stoje (Witchalls, Blanch, Waddington, & Adams, 2012). Svaly tělesného jádra jsou základem všech pohybů. Bez aktivace svalů tělesného jádra není možné vykonat pohyby jednotlivých pohybových segmentů. Tento stav je nezbytný také pro podání maximálního možného výkonu v gymnastice s ohledem na možnosti každého jednotlivce. Navíc je nutné také zdůraznit ochranný efekt. Páteř je mechanicky poměrně nestabilní část pohybové soustavy. Při správném zapojení svalů tělesného jádra, při pohybu, resp. zaujetí polohy dochází ke zvýšení nitrobršního tlaku, který stabilizuje páteř (Briggs, Greig, Wark, Fazzalari, & Bennell, 2004).

Nedostatečná aktivita svalů tělesného jádra může být častokrát viděna v průběhu tréninku, kdy sportovci nejsou schopni zaujmout rovnovážnou polohu, když je to potřeba. Tato situace je často spojena se zraněním.

Závěry

Výsledky potvrzují přínos námi vytvořeného intervenčního programu ve sportovní přípravě elitních gymnastek ve zlepšení úrovně posturální stability. Takto koncipovaný doplněk tréninku je vhodný nejen pro sportovce, ale i pro pacienty a dospělé. Poruchy v posturální kontrole jsou často doprovázeny rizikem pádů (Lord, McLean, & Stathers, 1992). Jsme přesvědčeni, že budoucí studie by měly být zaměřeny na zkoumání rovnováhy v předozadním směru, změnami posturální stability ve stoji na jedné noze s ohledem na dominantní dolní končetinu a také na srovnání rozdílů posturální stability mezi mužem a ženou.

Literatura

- Abdi, J., & Sadeghi, H. (2013). The effect of eight-week core stability training program on the dynamic balance in young elite footballers. *Scoliosis*, 8(Suppl 1), P20. doi:10.1186/1748-7161-8-S1-P20
- Bassett, S. H., & Leach, L. L. (2011). The effect of an eight-week training programme on core stability in female junior elite gymnasts. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 17(3). doi:10.4314/ajphered.v17i3.68067
- Briggs, A. M., Greig, A. M., Wark, J. D., Fazzalari, N. L., & Bennell, K. L. (2004). A review of anatomical and mechanical factors affecting vertebral body integrity. *International Journal of Medical Sciences*, 1(3), 170–180.
- Carter, J. M., Beam, W. C., McMahan, S. G., Barr, M. L., & Brown, L. E. (2006). The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(2), 429–435. doi:10.1519/R-18125.1
- Geldhof, E., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., Danneels, L., Coorevits, P., Vanderstraeten, G., & De Clercq, D. (2006). Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children. *European Journal of Pediatrics*, 165(11), 779–786. doi:10.1007/s00431-006-0173-5
- Gruber, M., Gruber, S. B. H., Taube, W., Schubert, M., Beck, S. C., & Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 21(1), 274–282. doi:10.1519/R-20085.1
- Huxel Bliven, K. C., & Anderson, B. E. (2013). Core stability training for injury prevention. *Sports Health*, 5(6), 514–522. doi:10.1177/1941738113481200
- Kuczynski, M., Szymanska, M., & Biec, E. (2011). Dual-task effect on postural control in high-level competitive dancers. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 539–545.
- Lee, A. J. Y., & Lin, W.-H. (2007). The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(3), 173–179.
- Lord, S. R., McLean, D., & Stathers, G. (1992). Physiological factors associated with injurious falls in older people living in the community. *Gerontology*, 38(6), 338–346.
- Nitz, J. C., & Choy, N. L. (2004). The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomised controlled trial. *Age and Ageing*, 33(1), 52–58.
- Nolan, L., Grigorenko, A., & Thorstensson, A. (2005). Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(7), 449–454.
- Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F., & Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & Posture*, 15(2), 187–194.

- Peterson, M. L., Christou, E., & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, 23(4), 455–463. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.05.003
- Redfern, M. S., Yardley, L., & Bronstein, A. M. (2001). Visual influences on balance. *Journal of Anxiety Disorders*, 15(1-2), 81–94.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71–79.
- Riemann, B. L., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor System Measurement Techniques. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 85–98.
- Smišek, R., Smišková, K., & Smišková, Z. (2009). *Spirální stabilizace: 12 základních cviků : léčba a prevence bolestí zad metodou SM-systém : funkční stabilizace a mobilizace páteře*. (149 s.) Praha: R. Smíšek.
- Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (1. část). Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 115–121.
- Vuillerme, N., Danion, F., Marin, L., Boyadjian, A., Prieur, J. M., Weise, I., & Nougier, V. (2001). The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience Letters*, 303(2), 83–86.
- Witchalls, J., Blanch, P., Waddington, G., & Adams, R. (2012). Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(7), 515–523. doi:10.1136/bjsports-2011-090137
- Yu, J.-H., & Lee, G.-C. (2012). Effect of core stability training using pilates on lower extremity muscle strength and postural stability in healthy subjects. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(2), 141–146. doi:10.3233/IES-2012-0462