ZMĚNY V ÚROVNI POSTURÁLNÍ STABILITY U STUDENTŮ BĚHEM SEMESTRÁLNÍ VÝUKY

CHANGES IN THE LEVEL OF POSTURAL STABILITY FOR STUDENTS DURING SEMESTER TEACHING

J. Křištofič¹ & F. Zahálka²

Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra gymnastiky
Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Laboratoř sportovní motoriky

ABSTRACT

The study is focused on the evaluation changes of selected parameters postural stability for students of the FTVS UK depending on the amount of body burden during the summer semester. The research included 20 students, of which 17 students took the entire cycle ($n = 10$ women, $n = 7$ men), age of $22,5 \pm 1,74$ year, body weight $63,7 \pm 8,45$ kg, body height $169,3 \pm 8,01$ cm. For the measurement of postural stability device was used FOOTSCAN, sensing frequency has been selected 33 Hz. Test battery was composed of four standardized tests, for evaluation of the working parameters have been taken to the COP in the antero-posterior direction (Δx), in the right-left direction (Δy) and total distance COP (TTW). The first measurement was in February at the beginning of the summer semester and the second in May at the end of the semester. The study showed, that at the end of the semester, when the accumulation of body burden in the context of practical teaching and individual workouts is the largest, have not been recorded in the file being tested negative changes of postural stability. In contrast, the reference parameter TTW occurred in all four test items to improve.

Keywords: postural stability; physical load; balance abilities

SOUHRN

Studie je zaměřena na evaluaci změny vybraných parametrů posturální stability u studentů FTVS UK v závislosti na velikosti tělesné zátěže v průběhu letního semestru. Do výzkumného souboru bylo zařazeno 20 studentů, z toho 17 studentů realizovalo celý cyklus ($n = 10$ žen, $n = 7$ mužů), věk $22,5 \pm 1,74$ roku, tělesná hmotnost $63,7 \pm 8,45$ kg, tělesná výška $169,3 \pm 8,01$ cm. Pro měření posturální stability bylo použito zařízení FOOTSCAN se zvolenou snímací frekvencí 33 Hz. Testová baterie byla složena ze čtyř standardizovaných testů, pro vyhodnocení byly snímány parametry výchylek COP v předozadním směru (Δx), v pravolevém směru (Δy) a celková dráha COP (TTW). První měření se uskutečnilo v únoru na začátku letního semestru a druhé v květnu na konci semestru. Studie prokázala, že na konci semestru, kdy je kumulace tělesné zátěže ve spojitosti praktické výuky a individuálních tréninků největší, nedošlo u testovaného souboru k negativním změnám posturální stability. Naopak u sledovaného parametru TTW došlo ve všech čtyřech testových položkách ke zlepšení.

Klíčová slova: posturální stabilita; fyzická zátěž; rovnováhové schopnosti

Úvod

Úroveň posturální stability vypovídá o schopnosti jedince minimalizovat výchylky těžiště, respektive o schopnosti zajistit vzpřímené držení těla a adekvátně reagovat na změny vnějších a vnitřních sil. Vařeka & Vařeková (2009) vymezují v systému vzpřímeného držení těla tři hlavní složky – senzorickou, řídicí a výkonnou. Senzorickou složku představuje především propriocepce a exterocepce, zrak a vestibulární systém. Řídicí funkce zajišťuje CNS – mozek a mícha a výkonnou složku pohybový systém. V širších souvislostech lze posturální stabilitu vyjádřit úrovní rovnováhových schopností,

kteřé jsou řazeny mezi základní koordinační funkce. Úroveň jednotlivých koordinačních funkcí jakožto multifaktoriálních jevů je ovlivnitelná selektivně dle míry specifické determinace především ve smyslu genetických faktorů. Rovnováha může být definována staticky jako schopnost udržet danou plochu opory s minimálním rozsahem pohybu a dynamicky jako schopnost plnit pohybové úkoly při zachování stabilního postoje (Winter et al., 1990). Kasa (2002) uvádí, že dynamická rovnováha se s věkem zdokonaluje, zatímco statická rovnováha se od šesti roků prakticky nevyvíjí. Koordinační schopnosti, mezi něž řadíme i rovnovážné schopnosti, jsou geneticky determinované, ale při vhodně zvoleném vnějším podnětu dostatečné intenzity jsou ve značné míře ovlivnitelné (Hirtz, 2002). Pro vyjádření úrovně posturální stability jsou charakteristické parametry vyjadřující rozsah pohybu COP (Centre of Pressure), respektive COG (Centre of Gravity), v ose x, v ose y a celková dráha COP, respektive COG (TTW – Total Traveled Way). Winter (1995) definuje COG jako průmět společného těžiště těla do roviny oporné báze a COP jako působíště vektoru reakční síly podložky. U živých subjektů vykazují větší dynamiku změn parametry dráhy COP než parametry dráhy COG. COP je shodné s COG pouze v případě tuhého tělesa, kterým lidské tělo nikdy nemůže být.

Posturální stabilitu je nutné vnímat jako dynamický parametr, jehož hodnota doznává vzhledem k variabilitě endogenních i exogenních vlivů v průběhu času změn. Jedná se o vlivy jak fyzické, tak psychické podstaty. Míra koncentrace a úroveň jednotlivých psychických funkcí významně ovlivňují parametry posturální stability (Zech et al., 2010). Motorické reakce, ve vztahu k posturální stabilitě, jsou vedle jiných faktorů ovlivněny také úrovní koordinace, pohyblivostí a silovými schopnostmi jedince (Judge, 2003). Studie na vzorku populace vysokoškolských studentů ukázaly, že výchylky těla v prostoru se zvyšují v reakci na vizuální emočně zabarvený podnět. Navíc se podle výsledků těchto studií mění poměr mezi předozadními a stranovými výchylkami u mužů a u žen (Hillman et al., 2003). Jedním z faktorů ovlivňujících úroveň rovnovážných schopností, respektive posturální stability, je únava a to jak akutní, tak kumulativní. To potvrzují ve své studii i Gauchard et al. (2002) a uvádějí, že míra reakcí organismu se odvíjí od typu zatížení, jeho intenzity a doby trvání. Při únavě dochází v organismu k chemicko-fyzikálním změnám, které negativně ovlivňují funkční systémy. Dochází ke snížení schopnosti účelně koordinovat pohyby a ke snížení kvality dynamických stereotypů. Podle Nauzy (1999) se fyzická únava projevuje poklesem svalové síly, ztrátou rychlosti a jemné koordinace pohybů. Psychická únava se podle Meška et al. (2005) projevuje nedisciplinovaností, chybným odhadem vlastních schopností a dochází ke snížení adaptability na nově vznikající situace. Oba druhy únavy se mohou ve svých účincích kombinovat. Současně je však nutné vnímat fyziologickou únavu jako součást adaptačních mechanismů lidského těla. Fyziologická únava je jevem žádoucím, protože teprve zátěž se známkami únavy může aktivovat adaptační mechanismy a vést ke zvýšení funkční kapacity těla (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Studium na FTVS UK s sebou přináší kromě teoretické výuky i praktické vstupy do jednotlivých sportovních odvětví spojené se specifickými fyzickými nároky. V součtu s vlastní mimoškolní sportovní aktivitou studentů představuje období semestrální výuky oproti zkouškovému období a období prázdnin (letní i zimní) navýšení pohybové aktivity s možným dopadem na míru únavy a tím i ovlivnění koordinačních funkcí CNS, respektive úrovně posturální stability.

Cíl

Cílem studie je porovnat úroveň parametrů posturální stability u skupiny studentů FTVS na začátku letního semestru, kdy ještě kumulovaná fyzická zátěž nedosahuje vysokých hodnot, s úrovní na konci semestru po třinácti týdnech výuky, kdy již může dojít vlivem kumulace fyzických i psychických faktorů k projevům únavy.

Metodika

Úroveň posturální stability je v této studii hodnocena nepřímo, pomocí indikátorů rovnovážné schopnosti která patří mezi základní koordinační předpoklady. Do výzkumného souboru bylo zařazeno 20 studentů a studentek bakalářského studia oboru Tělesná výchova a sport na FTVS UK, kteří jsou kromě praktické výuky aktivně zapojeni do volnočasových sportovních aktivit. V semestru, ve kterém probíhalo měření, absolvovali studenti praktickou výuku míčových her, plavání, atletiky (běhy) a rytmické gymnastiky. Z výchozího počtu realizovalo celý cyklus měření 17 studentů/studentek ($n = 10$ žen, $n = 7$ mužů, věk $22,5 \pm 1,74$ roku, tělesná hmotnost $63,7 \pm 8,45$ kg, tělesná výška $169,3 \pm 8,01$ cm). První měření se uskutečnilo na začátku letního semestru a druhé v květnu na konci semestru, tedy

s odstupem třinácti týdnů. Pro měření posturální stability bylo použito zařízení FOOTSCAN (RS-can, International – Belgie) na registraci změn COP (Centre of Pressure) o velikosti $0,5 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ se snímacím polem 4100 snímačů s citlivostí $0,1 \text{ N/cm}^2$. Snímací frekvence byla stanovena 33 Hz. Testová baterie byla složena ze čtyř standardizovaných postojových testů (Kapteyn, 1972, 1983). Pro vyhodnocení byly snímány parametry výchylek COP v předozadním směru (Δx), v pravolevém směru (Δy) a parametr celkové dráhy COP (Total Traveled Way – TTW). Při zpracování a statistickém vyhodnocení byly použity některé ze základních statistických charakteristik polohy a rozptylu (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, variační rozpětí, variační koeficient, rozsah, kvadratický průměr). Z deskriptivní statistiky byly použity minimální a maximální hodnoty. Pro vyjádření rozdílu před a po ukončení pohybového programu bylo použito procentuálního rozdílu. Pro určení míry asociace mezi průměry byl použit Pearsonův korelační koeficient, signifikantnost vztahu mezi průměry byla hodnocena na hladině $\alpha = 0,01$, resp. $\alpha = 0,05$. Pro posouzení signifikantních rozdílů mezi průměry sledovaných parametrů jsme použili Studentova t-testu pro nezávislé výběry. Výsledky byly statisticky zpracovány v programu IBM – SPSS, verze 21.

Testy

U testů ve stoji obounož (označení US „úzký stoj“ + otevřené nebo zavřené oči) byla chodidla umísťována okolo linie vyznačené na podložce a to co nejbližší k sobě ale tak, aby se kotníky ani kolena nedotýkaly. Testy prováděné ve stoji jednož, tzv. „flamingo test“ (označení FL + levá či pravá končetina) vycházely z pohodlného stoje na obou dolních končetinách. Probandi pak byli instruováni k přenesení hmotnosti na jednu končetinu a pokrčení zánožmo odlehčené dolní končetiny. U všech testů byla poloha horních končetin volně podél těla a probandi byli instruováni k pohledu vpřed, směrem na bod umístěný na zdi ve výši očí ve vzdálenosti cca 2 m od tlakové desky.

Test 1 – Stoj obounož s otevřenýma očima – výdrž 30 s (US OO)

Test 2 – Stoj obounož se zavřenýma očima – výdrž 30 s (US ZO)

Test 3 – Stoj na pravé s otevřenýma očima – výdrž 60 s (FL P)

Test 4 – Stoj na levé s otevřenýma očima – výdrž 60 s (FL L)

Graf 1./ Graph 1.

Porovnání parametrů TTW (v mm) ve stoji na nedominantní levé noze (FL L) na začátku a na konci semestru (TTW1 – první měření, TTW2 – druhé měření)./ A comparison of the parameters TTW (in mm) in standing on the nondominant left leg (FL L) at the beginning and at the end of the semester (TTW1 – first measurement, TTW2 – second measurement).

Výběr probandů zohledňoval jejich aktuální zdravotní stav jak při prvním, tak při druhém měření. Před započítáním měření byli probandi instruováni o jednotlivých položkách bez možnosti si je vyzkoušet. Současně byly vytvořeny takové podmínky, aby se minimalizoval vliv rušivých elementů (především ve smyslu koncentrace).

Graf 2./ Graph 2.

Výchylky COP v předozadním směru (Δx v mm) u testu FL L (X1 – první měření, X2 – druhé měření)./ Displacement of the COP in the anteroposterior direction (Δx in mm) for test FL L (X1 first measurement, X2 second measurement).

Graf 3./ Graph 3.

Výchylky COP v pravolevém směru (Δy v mm) u testu FL L (Y1 – první měření, Y2 – druhé měření)./ Displacement of the COP in the anteroposterior direction (Δy in mm) for test FL L (Y1 first measurement, Y2 second measurement).

Výsledky

V parametru TTW došlo mezi prvním a druhým měřením u většiny probandů ke zlepšení ve všech čtyřech realizovaných testech:

- Test 1. (US OO) – zlepšilo se 59 % probandů
- Test 2. (US ZO) – zlepšilo se 70 % probandů
- Test 3. (FL P) – zlepšilo se 75 % probandů
- Test 4. (FL L) – zlepšilo se 82 % probandů

Největší rozdíl v parametru TTW mezi měřením na začátku semestru a na jeho konci se projevil ve čtvrtém testu, ve stoji na levé, tedy nedominantní noze (FL L). Ze sedmnácti probandů se pouze tři zhoršili, jeden zůstal na stejné hodnotě a třináct se jich zlepšilo, viz graf 1.

Největší rozdíly hodnot výchylek COP v předozadním (Δx) i pravolevém (Δy) směru mezi prvním a druhým měřením byly registrovány taktéž v testu FL L (stoj na levé noze), viz graf 2. a graf 3. Nižší hodnota sledovaného parametru znamená menší výchylky COP a tedy jeho zlepšení.

Tabulka 1./ Table 1.

Statistické vyjádření rozdílů naměřených parametrů Δx , Δy a TTW (v mm) na začátku a na konci semestru ($\Delta x1$, $\Delta y1$, TTW1 – hodnoty prvního měření)./ Statistical observations of the differences measured parameters Δx , Δy and TTW (in mm) at the beginning and at the end of the semester ($\Delta x1$, $\Delta y1$, TTW1 – value of the first measurement).

Parametry		Průměr	Směrodatná odchylka	t-test	p
US OO (mm)	$\Delta X1$	6,25	2,00	1,46	0,16
	$\Delta X2$	5,30	2,15		
	$\Delta Y1$	8,75	3,32	2,18	0,04
	$\Delta Y2$	6,85	3,54		
	TTW1	148,55	21,61	0,63	0,54
	TTW2	145,10	26,01		
US ZO (mm)	$\Delta X1$	8,25	2,31	-0,40	0,70
	$\Delta X2$	8,65	4,93		
	$\Delta Y1$	9,50	3,43	2,70	0,01
	$\Delta Y2$	7,40	3,14		
	TTW1	185,60	33,58	2,00	0,06
	TTW2	172,30	42,50		
FL Pravá noha (mm)	$\Delta X1$	21,55	9,73	2,15	0,04
	$\Delta X2$	17,15	4,58		
	$\Delta Y1$	32,85	30,88	1,71	0,10
	$\Delta Y2$	21,10	5,84		
	TTW1	1161,50	421,05	2,88	0,01
	TTW2	989,75	359,15		
FL Levá noha (mm)	$\Delta X1$	19,80	5,03	3,90	0,00
	$\Delta X2$	16,55	3,02		
	$\Delta Y1$	27,10	7,93	3,62	0,00
	$\Delta Y2$	22,55	6,94		
	TTW1	1137,80	274,97	3,53	0,00
	TTW2	982,45	259,47		

Naměřené hodnoty (viz tabulka 1.) nepotvrdily, že by se zvýšená pohybová aktivnost studentů v průběhu semestru projevila negativně na úrovni posturální stability na konci semestru. V parametru TTW došlo ke zlepšení ve všech čtyřech testech, v parametru Δx došlo ke zhoršení u jednoho testu, u ostatních třech ke zlepšení a v parametru Δy bylo zaznamenáno zlepšení ve všech čtyřech testech. Zlepšení v uvedených testech a parametrech bylo signifikantní na hladině statistické významnosti ($p < 0,05$ resp. $p < 0,01$).

Diskuze

Skutečnost, že největší rozdíly středních hodnot všech sledovaných parametrů byly zaznamenány v testu FL L, tedy ve stoji jednož na nedominantní noze, může být způsobena větší citlivostí nedominantní končetiny na změny úrovně pohybové zátěže. V parametru TTW došlo ke zlepšení ve všech čtyřech testech, vztaženo k průměru skupiny mezi prvním a druhým měřením. Stejný jev byl zaznamenán u parametru Δy (výchyly COP v pravolevém směru), pouze u parametru Δx (výchyly COP v předozadním směru) u testu US ZO došlo ke statisticky nevýznamnému zhoršení (viz tabulka 1.). Únava z navýšení pohybové aktivity studentů v průběhu semestru může při kritických hodnotách negativně ovlivnit parametry posturální stability, ale současně navýšení pohybové aktivity mimo kritickou hranici únavy má stimulační účinek s opačným efektem. Výsledky měření mohou být ovlivněny i skutečností, že první měření bylo realizováno nedlouho po vánočních svátcích, v průběhu kterých byla pohybová aktivita probandů omezena i z hlediska individuálních tréninků. V období mezi prvním a druhým měřením již probíhala řádná výuka se současným zapojením probandů do běžných tréninkových aktivit.

Parametry snímaných výchylek COP v ose x a y se vztahují vždy jen k maximální naměřené amplitudě rozkmitu v daném čase bez ohledu na to, kolikrát v tomto časovém intervalu k takovému a menším výchylkám došlo. Na rozdíl od tohoto parametru poskytuje parametr TTW údaj o celkové dráze COP v průběhu měření, sumaci jednotlivých výchylek a zohledňuje tedy i časový faktor.

Závěr

Negativní vliv sumace tělesných aktivit během semestrální výuky na úroveň posturální stability vybrané skupiny studentů se neprokázal. Změna střední hodnoty u měření provedeného po semestru, ve srovnání se střední hodnotou zjištěnou před semestrem, byla signifikantní v uvedených testech a parametrech ($p < 0,05$ resp. $p < 0,01$). Výsledky ukazují, že studenti dokáží absorbovat zvýšenou pohybovou zátěž i nad rámec svých individuálních sportovních aktivit. Pohybové aktivity u trénovaných jedinců představují spektrum adaptačních podnětů a ve vztahu k posturální stabilitě mohou svým obsahem, objemem a intenzitou ovlivňovat její parametry jak pozitivně, tak negativně a s tímto jevem by se mělo při plánování pohybové zátěže počítat.¹

Literatura

- Gauchard, G. C., Gangloff, P., Vouriot, A., Mallié, J. P., & Perrin, P. H. P. (2002). Effects of exercise-induced fatigue with and without hydration on static postural control in adult human subjects. *Int J Neurosci*, 112, 1191-1206.
- Hillman, Ch. et al. (2004). Emotion and motivated behavior: Postural adjustments to affective picture viewing. *Biological Psychology*, 66, 51-62.
- Hirtz, P. (2002). Acht Thesen zu den koordinativen Fähigkeiten zwischen Tradition und Perspektive. *Leipziger sportwissenschaftliche Beiträge*, 43(2), 107-115.
- Judge, J. (2003). Balance training to maintain mobility and prevent disability. *American Journal of Preventive Medicine*, 25, 107-217.
- Kasa, J. (2002). *Športová antropomotorika*. Bratislava: SVSTVŠ, FTVŠ UK.
- Kapteyn, T. S., Bles, W., Njiokiktjien, Ch. J., Kodde, L., Massen, C. H. & Mol, J. M. F. (1983). Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie*, 24(7), 321-326.
- Kapteyn, T. S. (1972). Stabilogram – measurement techniques. *Agressologie*, 13, 75-&.
- Meško, D., Komandel, L. et al. (2005). *Telovýchovnělekárske vademekum*. Bratislava: Slovenská spoločnosť telovýchovného lekárstva.
- Nauza, M. (1999). *Únava známá a neznámá*. Praha: Centrum klinické imunologie.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Vydavatelství UP.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*, 16, 31-51.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*, 3, 193-214.

¹Článek vznikl za podpory programu PRVOUK P38.

Zech, A., Hubscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hansel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 4, 392-403.

PhDr. Jaroslav Křištofič
FTVS UK
José Martího 31
162 00 Praha 6
jkristofic@ftvs.cuni.cz