

# Stabilita stoja po únave brušných svalov

## Stability of standing after abdominal muscles fatigue

Daniel Gurín, Jan Novotný

Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita Brno

### Abstrakt:

V rámci pilotnej experimentálnej štúdie bolo testovaných 8 mužov s priemerným vekom  $33,5 \pm 3,64$  roka. Probandi boli testovaní na Biodex balance system pred a po cvičení zameranom na brušné svaly. Cvičenie bolo vykonávané do subjektívne vnímaného maxima. Súbor bol zámerne zostavený z jedincov psychicky aj fyzicky trébovaných. Hodnotený bol index stability, čím je nominálna hodnota menšia tým je stabilita lepšia. Po cvičení boli parametre stability signifikantne horšie ako pred cvičením ( $p = 0,025$ ). Únava brušných svalov teda negatívne ovplyvňuje stabilitu stoja.

### Abstract:

In the pilot experimental study eight men with an average age of  $33.5 \pm 3.64$  years were tested. The probands were tested on the Biodex Balance System before and after the exercise of the abdominal muscles. Exercise was carried out to the subjectively perceived maximum. The file was deliberately composed of mentally and physically trained individuals. Evaluated was the stability index, the smaller the nominal value, the better the stability. After the workout stability parameters were significantly worse than before the exercise ( $p = 0.025$ ). The fatigue of the abdominal muscles thus negatively affects the stability of the stand.

### Kľúčové slová:

stabilita stoja, svalová únava, brušné svaly, postúra, Biodex balance.

### Key words:

Stability of standing. Muscular fatigue. Abdominal muscles. Posture. Biodex balance.

## ÚVOD

Brušné svaly, ako súčasť hĺbkového stabilizačného systému, ale aj ako svaly priamo ovplyvňujúce postavenie hrudníka a panvy sú svojou funkciou nezastupiteľné pre prevedenie kvalitných pohybov, či lokomócie. Ich význam dokazuje veľké množstvo štúdií. Napríklad pri rýchlom pohybe ramena bola dokázaná koaktívacia m.transversus abdominis a m. obliquus internus abdominis (Masse-Alaire, Flamand, Moffet & Schneider 2012). McGill, Karpowicz, & Fenwick (2009) hovoria o zapojení brušných svalov pred akýmkoľvek pohybom. Pre fyziologickú vyváženosť držania tela má zásadný význam postavenie panvy. Prostredníctvom svalových reťazcov je obojstranne funkčné spojenie s panvou a udržiavaním opory nohy pri kontakte s podložkou. Do postavenia panvy sa premietajú odchýlky z končatín aj trupu (Kolář, 2009, p.45).

Funkciu brušných svalov ovplyvňuje veľa faktorov. Štúdia je zameraná na jeden z limitujúcich faktorov a to subjektívne vnímanú únavu. Rôzne štúdie hovoria o vzťahoch únavy stabilizačných svalov a postúry. Súvislosť únavy krčných svalov so zabezpečením stoja dokladujú vo svojej štúdiu Vuillerme, Pinsault & Vaillant (2005), vplyv únavy stabilizátorov trupu na priemet ťažiska popisujú autori v ďalších dvoch výskumných prácach (Bašič, Strojnik & Rugelj 2013, Parreira, Amorim, ... & da Silva, 2013).

Cieľom našej štúdie bolo zistiť vplyv únavy brušných svalov na stabilitu stoja. Ďalej sme chceli zistiť vzťahy medzi indexom stability, somatometrickými a funkčnými parametrami

## METODIKA

Súbor tvorilo 8 jedincov zo špecializovaného útvaru s priemerným vekom 33,5 so smerodajnou odchýlkou (SD) 3,64 (min = 28, max = 38 rokov). Priemerná výška v súbore bola 175,88 (SD = 7,1, min = 167, max = 189), hmotnosť 84,25 (SD = 11,55, min = 63, max = 104) a BMI 27, 11 (SD = 2,17, min = 22,59, max = 30,08).

Pred testovaním probandi absolvovali komplexné vyšetrenie pozostávajúce zo záťažového testu (spiroergometria) z pokojovej spirometrie, antropometrického merania, merania hemodynamických parametrov a percenta tuku v tele.

Pre objektivizáciu nášho zámeru sme zvolili prístroj Biodex balance system SD model 945-300 (obrázok 1).



**Obrázok 1.** Biodex balance system SD

Základným výstupným parametrom je index stability. Čím je nominálna hodnota výstupu nižšia tým je stabilita lepšia. Ak sa index stability rovná 0 ide o ideálnu stabilitu, plošina sa počas testu nepohne, je to však len hypotetická prakticky nereálna hodnota. Stúpajúca hodnota indexu stability hovorí o stále horšej stabilite, plošina sa viac vychýľuje.

Na základe štúdie (Wendy, 2009) kde výsledky uvádzajú že pre testovanie vyšiel najreliabilnejšie postup s dvomi predtestami a dvomi vlastnými testami, zvolili sme postup jedného merania spolu s predtestom a následne dvomi meraniami, z ktorých priemerná hodnota bola smerodajná pre porovnanie s výstupným testom.. Po verbálnej edukácii probanda nasledovala názorná edukácia s absolvovaním prvého testu, ktorý nebol započítaný do štatistických výsledkov, ale výslednú hodnotu sme využili pre potvrdenie vylúčenia tréningového efektu. Ďalej nasledovali dve testovania z časovým odstupom. Nasledovala pohybová aktivita v ľahu. Bezprostredne po dosiahnutí požadovanej úrovne nasledoval výstupný test na prístroji Biodex balance system. Výstupné meranie bolo zahájené maximálne do 30 sekúnd od ukončenia cvičenia. Výstupný test sme vykonávali len jeden z dôvodu rýchleho doplnenia zásob ATP a jeho obnovy z kreatinfosfátu, čo by mohlo ovplyvniť následné testovanie.

Testované osoby boli vyšetované na boso. Na základe predtestu bola určená a zaznamenaná poloha dolných končatín, ktorá bola použitá pre všetky nasledujúce testy vrátane výstupného testu. Predtest slúžil na zvolenie si optimálnej polohy nôh pre čo najlepšiu stabilitu na labilnej plošine. Ostatné merania u jednotlivých probandov boli vykonávané bez predtestu. Poloha chodidiel bola zaznamenaná s pomocou súradníc a uhla odklonu chodidla od strednej čiary. Testy boli vykonávané na úrovni lability 5 čo je stredne labilná plošina. Tento stupeň sme zvolili z toho dôvodu, že výsledky odborných štúdií pracujúcich s Biodex balance systémom hovoria o tom, že na najstabilnejšom stupni je možné dosiahnuť zlepšenie aj len na základe opakovania testovania pričom u labilnejších stupňov je nutný prídavný tréning na dosiahnutie signifikantného zlepšenia. Stupeň 5 sme vybrali aj preto, že sa používa pri testovaniach. Patrí do stredne labilnej až labilnej záťaže. Na najstabilnejšom stupni bol zaznamenaný tréningový efekt (Lephart, Pincivero & Henry, 1995), a najlabilnejší stupeň sa na testovanie neodporúča (Cug & Wikstrom, 2014), preto sme volili labilitu v strede spektra. Použili sme štandardný 20 sekúnd trvajúci test. Testy boli vykonávané pri zrakovej kontrole. Proband videl pred sebou displej s kruhovým terčom a pokúšal sa udržať čo najstabilnejší postoj tak, aby sa zobrazený krížik nachádzal čo najviac v strede terčika na displeji počas celého testu. Test bol platný, ak proband vydržal na testovacej plošine v bipedálnom stoji celých 20 sekúnd, bez dotyku oporného zariadenia, alebo akejkolvek inej pomoci.

Pohybová aktivita vykonávaná pred výstupným testovaním bola opakovaná flexia trupu za presne stanovených podmienok. Proband ležal na tvrdej žinke v polohe na chrbte. Dolné končatiny mal uvoľnené a položené na stoličke. Poloha dolných končatín bola približne v 90° flexii v bedrových a kolenných kĺboch, tak aby panva zaujímala neutrálne postavenie. Členkové kĺby boli uvoľnené, zaujímali pasívnu polohu v danej situácii. Takáto poloha dolných končatín bola zvolená na základe snahy o čo najväčšie vyradenie flexorov bedrového kĺbu zo synergie na flexii trupu. Napriek polohe sa zapája m. quadratus lumborum a m. iliopsoas, ktorých úplné vyradenie nie je možné, nakoľko pracujú ako stabilizátory. Flexia trupu bola vykonávaná v rozsahu skracovania sa m. rectus abdominis, teda po odlepenie dolného uhla lopatiek. Probandi boli pri vykonávaní cvičenia kontrolovaní a usmerňovaní. Cvičenie bolo prevádzané pomaly, bez švihovej komponenty s rukami za hlavou. Cvičenie bolo kontinuálne v jednej sérii po dosiahnutí subjektívne vnímaného maxima, čo znamenalo neschopnosť probanda vykonať ďalšie opakovanie flexie trupu v požadovanom rozsahu. Proband teda nebol schopný ohnúť trup tak aby dokázal odlepiť spodný uhol lopatky.

Pri dosiahnutí spomínaného stavu sa proband postavil a nasledoval výstupný test na Biodex balance system. Postavenie bolo tiež koordinované cez polohu na boku a potom pozíciu cez kolena. Testovaní boli upozornení na to, aby nevstávali veľmi rýchlo. Tesne pred začatím testu sme žiadali od testovaných uistenie o tom, že sú pripravení na test, že sa im nekrúti hlava v dôsledku možnej zmeny tlaku krvi po náhlejšej zmene polohy, čím sme sa snažili predísť možnému ortostatickému kolapsu.

Výstupné testovanie bolo prevedené podľa spomínaných kritérií s postojom probanda upravenom na základe súradníc a uhla postavenia chodidiel získaných z predtestu. Po ukončení výstupného testu nasledoval krátky rozhovor zameraný hlavne na subjektívne pocity testovaného a jeho hodnotenie situácie po intervencii pohybovou aktivitou.

Pre vyhodnotenie sme porovnávali hodnoty indexu stability pred a po cvičení. Ďalej sme hľadali súvislosti medzi somatometrickými parametrami, funkčnými parametrami a parametrami stability.

Pre všetky štatistické testovania sme zvolili hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ . Normalitu dát sme testovali Shapiro-Wilkovým a Kolmogorov-Smirnovým testom. Pri normálnom rozdelení dát sme použili t-test. Z dôvodu malého počtu probandov sme testovali aj neparametrickou variantov a teda Wilcoxonovým testom. Tesnosť vzťahu medzi sledovanými premennými bola zisťovaná testom korelácie s výpočtom korelačného koeficientu. Pre štatistické výpočty sme použili program Statistica 12.

## VÝSLEDKY

V rámci vstupných testov sme vyhodnotili aj sledované funkčné parametre. Metabolický ekvivalent pri vstupnej spiroergometrii bol  $12,81 \pm 1,76$ . Výsledky spirometrie hovoria o dobrej funkcii pulmonálneho systému. FVC- $5,32 \pm 0,59$ , FEV- $4,55 \pm 0,83$ , VC- $5,54 \pm 0,84$ , MVV- $132,93 \pm 26,44$ .

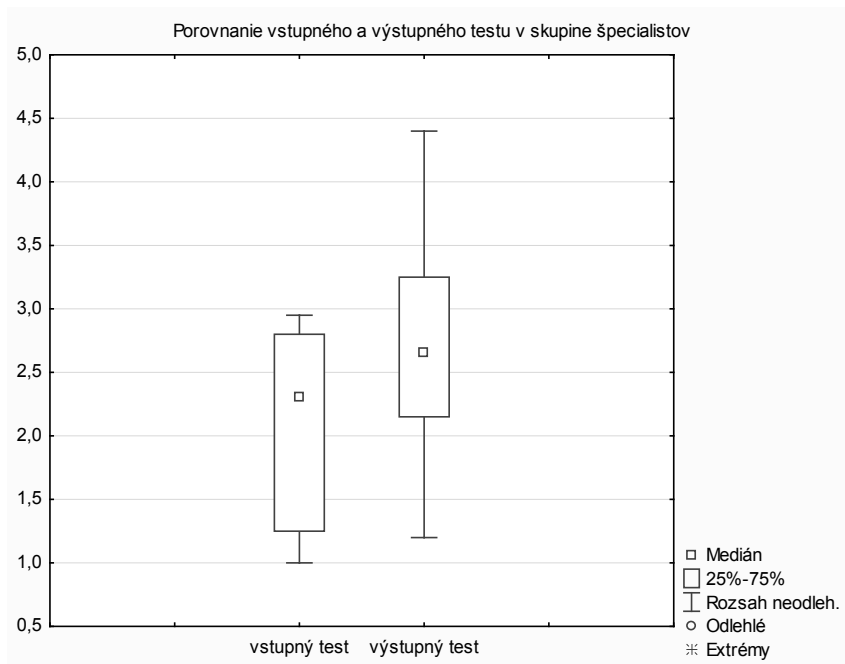
Výsledky experimentálnej časti boli prekvapujúce hlavne v dĺžke času vykonávania cvičenia. Priemerná dĺžka cvičenia bola 38 minút a ak vylúčime extrémnu hodnotu 4:22 tak 43 minút. Traja probandi sa dostali nad hranicu 60 minút, maximum bolo 61 minút 18 sekúnd. Pri testovaní boli probandi nabádaní prekonať výkon svojho veliteľa (33 minút). Ukázalo sa, že to bol silne motivačný prvok. Všetci, čo dosiahli 30 minút a viac opisovali 12 až 15 minútu ako prvú bariéru, kedy si mysleli že už ďalej nemôžu, keď však prekonal tento moment boli schopný pokračovať ešte niekoľkonásobne dlhšie. Je potrebné pripomenúť, že probandi boli členmi špecializovanej jednotky a sú teda fyzicky aj psychicky trénovaní prekonávať bariéry.

Výsledky vlastných testovaní súboru s hodnotami indexu stability zobrazuje tabuľka 1. Probandi dosiahli pri vstupnom teste priemernú hodnotu indexu stability 2,08 (SD = 0,80) a pri výstupnom teste 2,71 (SD = 0,98). Okrem iného to naznačuje dobrú úroveň stability v súbore.

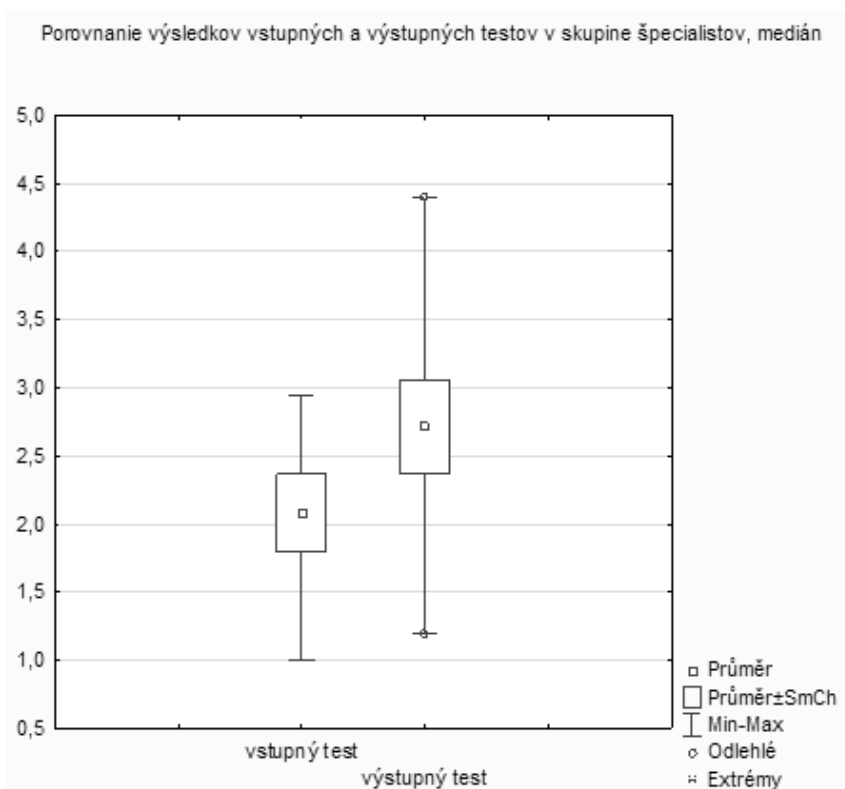
**Tabuľka 1** Popisné výsledky testovania skupiny špecialistov.

Index stability	Test 0	Test 1	Test 2	Vstupný test	Výstupný test
aritmetický priemer	2,06	2,05	2,11	<b>2,08</b>	<b>2,71</b>
Medián	2,3	1,95	2,4	<b>2,3</b>	<b>2,65</b>
smerodajná odchylka	0,61	0,86	0,86	<b>0,80</b>	<b>0,98</b>
N	8	8	8	<b>8</b>	<b>8</b>
Súčet	16,5	16,4	16,9	<b>16,65</b>	<b>21,7</b>
minimum	1,2	0,9	1,1	<b>1</b>	<b>1,2</b>
Maximum	2,8	3,2	3,2	<b>2,95</b>	<b>4,4</b>
dolný kvartil	1,45	1,35	1,15	<b>1,25</b>	<b>2,15</b>
horný kvartil	2,5	2,85	2,75	<b>2,8</b>	<b>3,25</b>

Priemer indexov stability vo výstupnom teste bol už výrazne vyšší a dokladoval zhoršenie priemeru v skupine, čo bolo očakávaným výsledkom. Brušné svaly tvoria veľmi významnú súčasť posturálnej stability ako stabilizátory driekovej chrbtice z ventrálnej a laterálnej strany.



**Obrázok 2** Index stability pred a po záťaži, medián



**Obrázok 3** Index stability pred a po záťaži, aritmetický priemer

Grafické znázornenie hodnôt indexu stability a to mediánu (obrázok 2) a aritmetického priemeru (obrázok 3) zobrazujú príslušné grafy. Na základe normálneho rozdelenia dát testovaných Shapiro-Wilkovým testom  $W >$  kritická hodnota (kritická hodnota 0,818 pre  $\alpha = 0,05$ , vstupný test  $w = 0,867$ , výstupný test  $w = 0,96$ ), aj Kolmogoro-Smirnovým testom ( $d = 0,18934, 0,21455$ ) testujeme t-testom. Výsledok je štatisticky významný na zvolenej hladine významnosti ( $p = 0,020634$ ).

Na základe malého počtu probandov sme ešte testovali aj neparametrickým testom (Wilcoxonov párový test). Výsledky testu ukazujú signifikantný rozdiel v prospech vstupného testu  $p = 0,025$ . Štatisticky významné boli aj rozdiely výstupného testu voči nultému ( $p = 0,043$ ) a prvému testu ( $p = 0,028$ ). Medzi výsledkami druhého a výstupného testu nebol zaznamenaný štatisticky významný rozdiel na sledovanej hladine významnosti ( $p = 0,069$ ).

Vysoká korelačná závislosť medzi percentom tuku a BMI ( $r = 0,93$ ) naznačuje, že probandi majú reálne nadváhu. Ďalšie korelačné súvislosti sú zobrazené v tabuľke 2. Závislosť výšky a indexu stability bola však signifikantná len pri vstupnom teste, pri výstupnom teste sme zaznamenali len strednú závislosť. Pri porovnaní metabolického ekvivalentu sa ukázala štatisticky významná nepriamoúmerná závislosť s indexom stability pri vstupnom teste, teda čím bola dosiahnutá nižšia výkonnosť pri spiroergometrickom vyšetrení, tým bol vyšší index stability, teda horšia schopnosť udržiavania stabilného stoja. Statické dychové parametre získané spirometrickým vyšetrením a index stability pred aj po cvičením vykazovali len strednú mieru závislosti. Korelácia indexu stability BMI a percenta tuku bolo pri vstupnom teste na úrovni strednej závislosti, ale po cvičení medzi spomínanými parametrami vzťah vymizol.

**Tabuľka 2** Korelačné koeficienty indexu stability vstupných a výstupných testov s jednotlivými parametrami

	Vek	výška	hmotnosť	BMI	Tuk	MET	FVC	FEV	VC	MMV
<b>vstupný test</b>	-0,40	0,77*	0,73*	0,49	0,44	-0,71*	0,41	0,26	0,54	-0,49
<b>výstupný test</b>	-0,41	0,73*	0,45	0,02	0,09	-0,39	0,42	0,01	0,31	-0,51

MET – metabolický ekvivalent

FVC – force vital capacity, úsilná vitálna kapacita

FEV – forcing expiratory volume, objem usilovného výdychu za jednu sekundu

VC – vital capacity, vitálna kapacita

MMV – maximal minute volume, maximálna minútová ventilácia

\* štatisticky významné hodnoty na zvolenej hladine významnosti

## DISKUSIA

Negatívny dopad únavy svalov ovplyvňujúcich postúru dokazuje viacero štúdií. Parreira et al vo svojej štúdií s 36 testovanými osobami dokázal súvislosť zmeny postavenia a priemetu ťažiska v závislosti od únavy stabilizátorov trupu, v tomto prípade extenzorov trupu (Parreira, Amorim, Gil, Teixeira, Bilodeau, & da Silva, 2013). Ďalšia štúdia sa snaží o determináciu efektu únavy extenzorov chrbtice na pohyb ťažiska v závislosti od veku. Súbor tvorilo 14 starších a 16 mladších probandov. Výsledky popisujú rozdiel len medzi testovaním s kontrolou a bez kontroly zraku nakoľko rozdiel v pohybe ťažiska v závislosti od veku preukázaný nebol (Bašič, Strojnik, & Rugelj, 2013). My sme dokázali podobný efekt pri vyvolaní únavy brušných svalov a teda zhoršenie stoja na labilnej plošine. Probandi pri cvičení prekročili subjektívnu bariéru únavy, čo im umožnilo dosiahnuť reálnu únavu svalov. Je dôležité si tento fakt uvedomiť, pretože pri testovaní probandov po dosiahnutí subjektívneho maxima je možné dosiahnuť naopak zlepšenie stability stoja (Gurín, 2014).

Zaujímavé sú však súvislosti, ktoré naznačujú korelačné vzťahy medzi premennými. Hlavne sa jedná o parametre ľudského tela ako hmotnosť, či pomer hmotnosti a výšky, teda Body mass index.

Klinické štúdie potvrdzujú vplyv BMI na posturálnu stabilitu (Hamilton, 2015, Kováčiková, Svoboda & Janura, 2014). V našom súbore sme zaznamenali strednú závislosť BMI a indexu stability počas vstupného testu. Pri porovnaní výstupných testov sme ale žiadnu závislosť nepreukázali ( $r = 0,02$ ). Dôvodom môže byť, že jedinci s vyšším BMI mali aj nižšiu hodnotu MET pri vstupnom spiroergometrickom vyšetrení a teda pri cvičení do subjektívne vnímaného maxima dosiahli nižší stupeň únavy brušných svalov, čo tak výrazne nezasiahlo do posturálnych mechanizmov. Vzťah percenta tuku a indexu stability bol takmer zhodný s výsledkami pomeru BMI a indexu stability, čo potvrdzuje, že probandi s vyšším BMI mali skutočne nadváhu. Rovnako to bolo s hmotnosťou, kedy porovnanie hmotnosti a vstupných testov bolo významné, výstupné testy sa nachádzali v oblasti strednej závislosti, rovnako ako porovnanie metabolického ekvivalentu s indexom stability. Signifikantný vzťah indexu stability a výšky môže byť zapríčinený vyššou polohou ťažiska i keď pri väčšom súbore sme takúto závislosť nepreukázali (Gurín, Novotný, Gurín Gablasová, 2015). Limitujúcim faktorom štúdie bol aj nízky počet probandov.

## ZÁVERY

Fyziologická únava slúži na vyvolanie adaptačných mechanizmov. Zmena v riadení postúry sa však môže prejaviť okamžite. Pri vysokej záťaži vyvolávajúcej únavu brušných svalov môže mať cvičenie brušných svalov negatívny vplyv na udržanie stabilného stoja. Zaujímavým zistením je vzťah nadváhy reprezentovaný v našom súbore BMI nad  $25 \text{ kg/m}^2$  a percentom tuku vyšším ako 15 na index stability. Zatiaľ čo v pokojovom stave tieto parametre negatívne ovplyvňujú index stability, po únave brušných svalov sa takáto súvislosť stráca.

## Literatúra

- Bašič, D., Strojnik, V & Rugelj, D. (2013) The effect of back muscle fatigue on postural sway. *Kinesiologia Slovenica*. 19, 2, 5–16, ISSN 1318-2269.
- Cug, M & Wikstrom, E. A. (2014) Learning Effects Associated With the Least Stable Level of the Biodex Stability System During Dual and Single Limb Stance. *Journal of Sports Science & Medicine*. Vol. 13. Issue 2, p 387
- Gurín, D., Novotný, J. & Gurín Gablasová, M. (2015) Limitujúce faktory stability stoja. *Zdravotnícke listy*. roč. 3, č. 3, s. 7–10. ISSN 1339-3022
- Gurín, D. (2014) Význam brušných svalov v posturálnom zabezpečení stoja *Fyzioterapia, rehabilitácia a regenerácia – Pohyb, hudba a zdravie*. Zborník príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie – Trenčín: Fakulta zdravotníctva, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, 2014. s. 19–23. ISBN 978-80-8075-644-4
- Hamilton, M., Strawderman, L., Hale, B & Babski-Reeves K. (2015) Effects of BMI and task parameters on postural sway during simulated small parts assembly. *Ergonomics*;58(3):504-12. doi: 10.1080/00140139.2014.972468
- Lephart, S.M., Pincivero, D. Henry, T.J. (1995) Learning effects and reliability of the Biodex Stability System. *Journal of Athletic Training*; 30:535
- Parreira. R. B., Amorim, F., Gil, A. W., Teixeira, D.C., Bilodeau, M & da Silva, R. A. (2013). Effect of trunk extensor fatigue on the postural balance of elderly and young adults during unipodal task. *European Journal of Applied Physiology*, 113. ISSN 1439-6327
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galen. ISBN 978-80-7262-657-1
- Kováčiková, Z; Svoboda, Z; Neumannová, K; Bizovská, L; Cuberek, R & Janura, M, (2014) Assessment of postural stability in overweight and obese middle-aged women. *Acta Gymnica*, Vol. 44 Issue 3, p149
- Massé – Alaire, H., Flamand, V. H., Moffet, H. & Schneider, C. (2012). Corticomotor control of deep abdominal muscles in chronic low back pain and anticipatory postural adjustments. *Experimental Brain Research*., s. 99–109, Springer. ISSN: 1432-1106
- McGill, S.M., Karpowicz, A., & Fenwick, C. (2009) Muscle activation patterns during three activities along the stability/mobility continuum. *Journal strength and conditioning research*, 23,3 898-905. ISSN: 1533-4287
- Wendy, J. C., Shifflett, B., Kahanov, L. & Wughalter, E. H. (2001). Reliability of Biodex Balance System measures. *Measurement in physical education and exercise science*, vol 5, iss 2
- Vuillerme, N., Pinsault, N., & Vaillant, J. (2005) Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters* 378, 3 135–9, ISSN: 0304-3940