

Vpliv postavitve bremena na gibanje telesnega težišča

Darja Rugelj, France Sevšek
UNIVERZA V LJUBLJANI, Visoka šola za zdravstvo, Ljubljana

IZVLEČEK

Namen raziskave je bil ugotoviti ali dodatno breme, ki ga oseba nosi v področju trupa vpliva na gibanje središča pritiska in ali je le to pri dodatnem bremenu odvisno od načina nošenja bremena – v telovniku ali v nahrbtniku. V raziskavi je sodelovala skupina mladih odraslih povprečne starosti 22,1 let. Za ugotavljanje gibanja telesnega težišča smo uporabili pritiskovno ploščo Kistler 9286 AA in izmerili gibanje središča pritiska v antero-posteriorni smeri, medio-lateralni smeri, njegovo površino in variabilnost. Ugotovili smo, da se vsi izmerjeni parametri gibanja središča pritiska linearno povečujejo s povečevanjem bremena, kadar je le-to v nahrbtniku. Kadar pa je breme enakomerno razporejeno v višini telesnega težišča, ko ga oseba nosi v telovniku, pa se parametri gibanja središča pritiska z dodajanjem teže ne spreminjajo. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko trdimo, da gibanje telesnega težišča, na katerega sklepamo iz gibanja središča pritiska, odvisno od načina nošenja dodatnega bremena.

IZHODIŠČA

Sposobnost stabilnega vzdrževanja pokončnega položaja je pomembna pri različnih poklicih in za različne aktivnosti. Na primer, rekreativni pohodniki nosijo na hrbtu bremena, katerih teža se giblje od 8 do 35 kg (1), vojaki tudi do 50 kg, v odvisnosti od zahteve bojne naloge (2), ter gasilci, ki nosijo zaščitna oblačila in jeklenko s komprimiranim zrakom, kar skupaj tehta 26 kg (3). Tudi šolski otroci različnih starosti dnevno prenašajo bremena na hrbtih, ki se gibljejo od 8,2 % njihove telesne teže in z leti naraščajo do 12 % in celo 20 % telesne teže (4, 5).

V povezavi z nošenjem bremena so raziskovali vpliv na porabo energije, časovne in prostorske parametre hoje, aktivacijo mišičnih skupin med nošenjem bremena, razlike med spoloma, metode treninga za pridobivanje funkcijske zmogljivosti z bremenom, vpliv na spremembo drža zaradi položaja in teže bremena. Za pregled glej Knapik (6, 7). Manj pa je raziskana stabilnost med nošenjem bremen, ki je povezana z mehanizmi nadzora ravnotežja. Neokrnjeno in učinkovito ravnotežje je še posebej pomembno pri delu na višini, pri spremenjenem senzoričnem prilivu, kot je denimo delo na mehki podlagi in v slabo osvetljenih ali temnih okoljih in tudi pri dodatni obremenitvi med nošenjem bremen različne teže, oblike in velikosti, ki še dodatno povečajo zahtevnost gibalne naloge.

Meritev gibanja projekcije težišča s pritiskovno ploščo je eden od standardnih načinov določanja stabilnosti pokončne stoji. Ker tudi pri mirni pokončni stoji projekcija težišča ne miruje, ampak se zaradi uravnavanja ravnotežja neprestano premika, so te meritve zelo primerne za določanje parametrov stabilnosti. Središče pritiska na podplatu se izrazi kot sila reakcije podlage in je rezultat nadzora drže. S primerno opremo, pritiskovna plošča in ustrezno programsko opremo lahko opazujemo časovno odvisnost gibanja središča pritiska.

Vpliv nošenja bremena na stabilnost stoji in parametre gibanje središča pritiska je malo raziskan. Pri mladih vojakih so ugotovili linearno povečanje gibanja središča pritiska s povečevanjem teže bremena (2). Ugotovili so, da povečevanje bremena zmanjša stabilnost, zmanjša naključnost gibanja središča pritiska in poveča se aktivacija mišic za ohranjanje ravnotežja. Spremenjen senzorični priliv (zaprte oči) v povezavi z dodatno težo 26 kg (celotna oprema gasilcev) povzročijo povečanje hitrosti gibanja središča pritiska (3). Položaj relativno majhnega bremena, 12 kg, (8) prav tako vpliva na stabilnost pokončne stoji. Preiskovanci so se bolj zibali, ko so držali breme nad glavo kot kadar so ga držali ob stegnu.

Opisane raziskave so pri opazovanju učinka bremena na stabilnost pokončne stoji uporabili le enkratno povečanje bremena na primer 12 kg (8) in 26 kg (3). V raziskavi s postopnim povečevanjem bremena pa niso primerjali rezultatov s stanjem brez bremena (2). V večini raziskav so sodelovali mladi, za nalogo nošenja bremen dobro telesno pripravljene preiskovanci. Za razliko od vojakov in gasilcev pa so denimo pohodniki – rekreativci, ki v nahrbtnikih nosijo različno težka bremena, telesno različno pripravljene, vseh starostnih skupin in obeh spolov. Zato je bil namen naše raziskave dvojen: (1) ugotoviti vpliv dodajanja bremena na gibanje središča pritiska pri mladih študentih obeh spolov in (2) ugotoviti ali je razlika med nošenjem bremena v standardnem alpinističnem nahrbtniku in v telovniku s težo razporejeno v višini telesnega težišča.

METODE

Preiskovanci

V raziskavi je sodelovalo 51 študentov Visoke šole za zdravstvo brez okvar gibalnega ali živčno mišičnega sistema. Iz raziskave so bili izključeni vsi, ki so bili lažji kot 50 kg. 31 preiskovancev je bilo razporejenih v skupino, ki imela dodatno breme v standardnem nahrbtniku in 20 jih je bilo razporejenih v skupino, ki je imela dodatno breme v telovniku (tabela 1). Raziskavo je odobrila Državna Komisija za medicinsko etiko in preiskovanci so podpisali informiran pristanek.

Inštrumentarij

Podatke smo zajemali s pritiskovno ploščo Kistler 9286AA, s frekvenco vzorčenja 50Hz in trajanjem 60 sekund. Za zajemanje podatkov smo uporabili programsko opremo BioWare. Nadaljnjo analizo podatkov pa smo naredili preko spletnega strežnika, na katerem teče program za obdelavo stabilometričnih podatkov (9). Poti in hitrosti premikanja telesnega težišča, ter površine smo izračunali z uporabo metodologije, ki je natančno opisana v

Tabela 1. Demografski podatki oseb, ki so sodelovale v raziskavi v skupini z nahrbtnikom in v skupini s telovnikom.

	Nahrbtnik	Telovnik
	povprečje (sd)	Povprečje (sd)
Število sodelujočih	31	20
Starost (let)	22.54 ± 4.9	22.45 ± 3.5
Telesna višina (cm)	171.96 ± 8.5	173.4 ± 7
Telesna teža (kg)	67.16 ± 10.1	65.6 ± 12.6
Spol (m, ž)	8 m, 23 ž	4 m, 16 ž

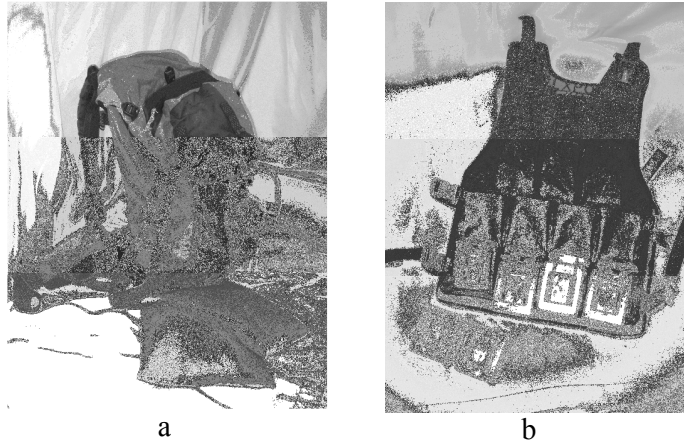
Rugelj in Sevšek (10). Na kratko: morebitne motnje smo filtrirali z nastavitvijo gibljivega povprečja 10 zaporednih točk, izračunali časovne in frekvenčne porazdelitvene diagrame in nadaljevali z določanjem površine, ki jo opiše središče pritiska z uporabo Furjejevih koeficientov in parametrov upogiba. Metodo popisa oblike področja gibanja projekcije težišča s Fourierjevo analizo smo razvili za boljšo interpretacijo stabilometričnih meritev pri starostnikih. Pokazali smo, da je tak popis izvedljiv in tudi ustrezen. Kadar je porazdelitev merskih točk preprosta in približno ustreza Gaussovi porazdelitvi, je naš opis enakovreden standardnemu z analizo kovariančne matrike. Njegova prednost pa se pokaže predvsem pri analizi zapletenejših podatkov, ko s Fourierjevo analizo oblike obrisa dobimo pravilne vrednosti površine področja gibanja projekcije težišča, poleg tega pa nam da ta metoda še podatek o obliki izmerjenega področja. Tako dobljene izračune gibanja središča pritiska smo primerjali med različnimi testnimi protokoli. Opazovani parametri so celotna pot središča pritiska, ki jo opravi v času merjenja. Ker nas zanimajo tudi posamezne komponente gibanja opišemo premike težišča v antero-posteriorni smeri (naprej nazaj) in v medio-lateralni smeri (levo, desno). Zanimalo nas je tudi kako veliko površino oseba uporabi med testom mirne stoji zato, smo izrisali stabilogram in izračunali njegovo površino. Kot merilo variabilnosti položaja središča pritiska na podporno ploskvi pa smo uporabili standardne deviacije vrednosti središča pritiska v antero-posteriorni (y) in medio-lateralni (x) smeri.

Sistem je zasnovan prenosljivo in naj bi deloval na katerem koli novejšem strežniku Linux. Seveda pa moramo za njegovo delovanje imeti nastavljen in delujoč spletni strežnik, PHP programje ter ustrezne prevajalnike. Naš sistem uspešno deluje na sistemu Fedora Core 4, s programi PHP 5.0.4, gcc 4.0.0 in spletnim strežnikom Apache.

Za statistično analizo podatkov smo uporabili program SPSS.14 (SPSS Inc., Chicago, IL ZDA) in Microsoft Excel 2003 (Microsoft Inc, Redmond; WA, ZDA). Za ugotavljanje razlik med posameznimi meritvami smo uporabili enosmerno analizo variance (ANOVA) za neodvisne vzorce z uporabo Bonferonijevega post hoc testa. Za ugotavljanje korelacije med različnimi težami pa smo uporabili linearno regresijo. Statistično značilnost smo sprejeli ob 5-odstotni napaki alfa.

Postopek merjenja

Vse preiskovance smo izmerili med mirno stoji na pritiskovni plošči brez in s s tremi dodatnimi bremenami – 12 kg, 21 kg in 30 kg. Prosili smo jih, naj stopijo na pritiskovno



Slika 1. Nahrbtnik Karrimor 45 l in vrečki s peskom (a) in telovnik z našitimi žepi za uteži z utežmi (b).

ploščo, s stopali skupaj, roki naj prosto visita ob telesu in pogledom uprtim v točko na steni, ki je bila 2 m oddaljena od preiskovanca. Vsak preiskus je trajal 60 sekund.

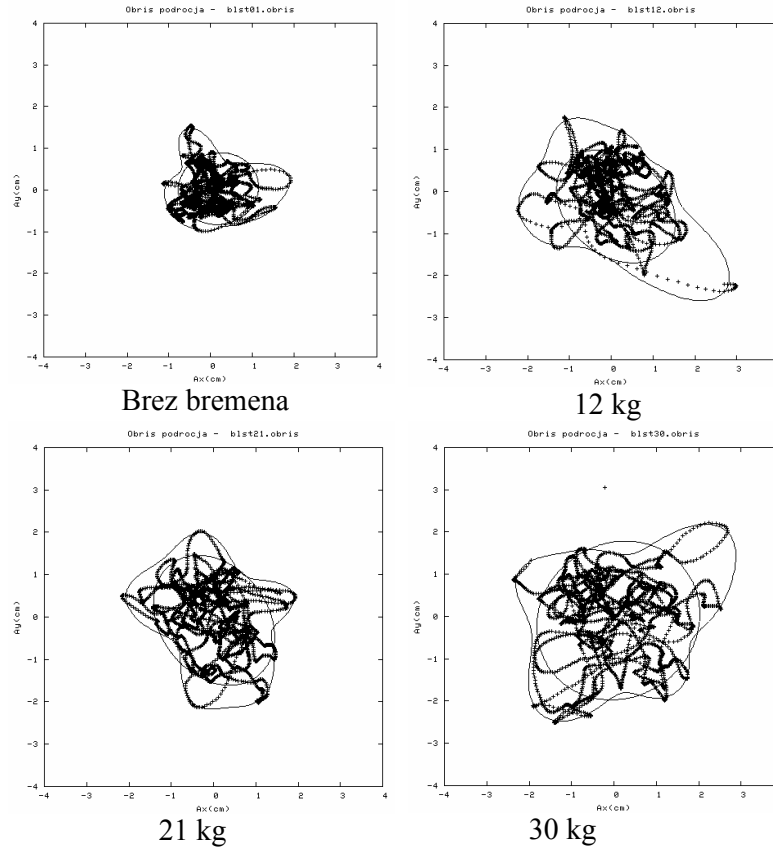
Skupina z nahrbtnikom je nosila Karrimor nahrbtnik kapacitete 45 litrov (slika 1). Dolžino naramnic smo prilagodili višini posameznika in jih prosili, da nahrbtnik fiksirajo tako, da jim bo subjektivno najbolj udobno. Prvo meritev smo naredili brez dodatne obremenitve, nato smo v nahrbtnik naložili vrečke s peskom tako, da je bilo breme težko 12 kg, naslednje 21 kg in najtežje breme 30 kg. Zadnja meritev pa je bila ponovljena brez dodatnega bremena.

Skupina s telovnikom je imela oblečen telovnik z našitimi žepi za vstavljanje potapljaških svinčenih uteži (slika 1), ki smo jih razporedili okoli pasu, od katerih je vsaka tehtala 2 kg. Polovica uteži je bila vedno zadaj, druga polovica pa spredaj. Tudi pri tej skupini smo prvo meritev naredili brez dodatno obremenitve, nato smo v telovnik vstavili uteži tako, da je bilo breme težko 12 kg, naslednje 20 kg in najtežje breme 30 kg. Zadnja meritev pa je bila ponovljena brez dodatnega bremena.

REZULTATI

Nahrbtnik

Opazovani parametri gibanja središča pritiska: celotna pot, medio-lateralna pot, antero-posteriorna pot, površina, ki jo opiše središče pritiska med mirno stoji in variabilnost položaja središča pritiska v medio-lateralni in antero-posteriorni smeri se pri dodajanju bremena v nahrbtnik statistično pomembno povečajo v primerjavi s stoji brez dodanega bremena ($p < 0,001$). Celotna pot gibanja središča pritiska se je pri dodanem bremenu 12 kg povečala za 27,1 %, pri bremenu 21 kg za 55,9 % in pri bremenu 30 kg za 70,9%. Pot, ki jo je opravilo središče pritiska v medio-lateralni smeri se je pri dodanem bremenu 12 kg povečala za 26,4 %, pri bremenu 21 kg za 54,2 % in pri bremenu 30 kg za 66,3 %. Pot, ki jo je opravilo središče pritiska v antero-posteriorni smeri se je pri dodanem bremenu 12 kg povečala za 30 %, pri bremenu 21 kg za 60,8 % in pri bremenu 30 kg za 80 %. Površina na

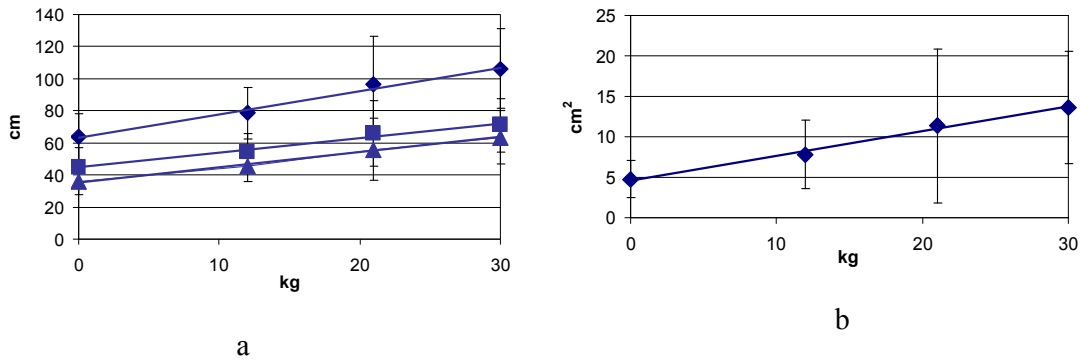


Slika 2. Primer povečevanja površine, ki jo opiše središče pritiska med 60 sekundno meritvijo mirne stoje.

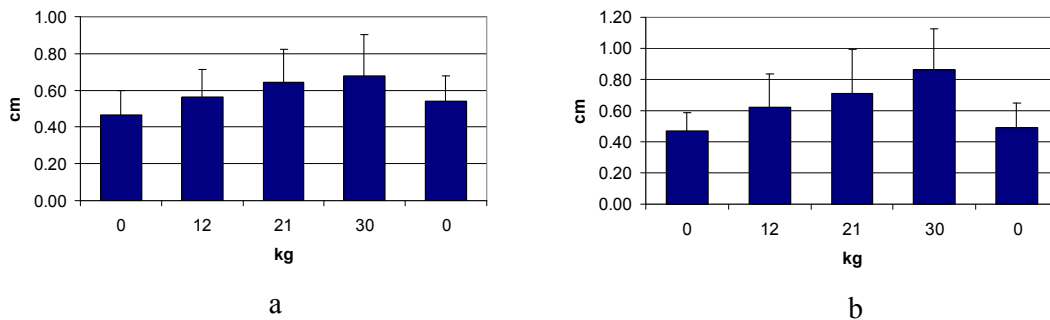
kateri se je gibalo središče pritiska pa se je pri dodanem bremenu 12 kg povečala za 84,5 %, pri bremenu 21 kg za 154,6 % in pri bremenu 30 kg za 289 % (slika 2).

Linearna regresija je pokazala močno linearno povezavo med gibanjem središča pritiska in povečevanjem bremena (slika 3). Celotna pot gibanja središča pritiska se je povečala za 1,6 cm na kilogram dodane teže pri $R^2 = 0,99$, medio-lateralna pot se je povečala za 0,9 cm/kg ($R^2 = 0,98$), antero-posteriorna pot pa se je povečala za 0,94 cm/kg ($R^2 = 0,99$) in površina, ki jo opiše središče pritiska, za 0,3 cm²/kg ($R^2 = 0,99$).

Med 60 sekundno meritvijo zibanja telesa izrazimo variabilnost gibanja središča pritiska s standardno deviacijo položaja na pritiskovni plošči v medio-lateralni in v antero-posteriorni smeri. Variabilnost se je med različnimi dodanimi težami bremen statistično pomembno razlikovala tako v medio-lateralni ($F = 8,239$, $p < 0,001$), kot tudi v antero-posteriorni smeri ($F = 17,94$; $p < 0,001$) (Slika 4). Variabilnost se je v medio-lateralni smeri gibala od najmanj $0,46 \pm 0,13$ cm brez obremenitve, do največ $0,68 \pm 0,22$ pri dodatni teži 30 kg. V antero-posteriorni smeri pa je bila najmanj $0,46 \pm 0,12$ cm brez obremenitve in $0,86 \pm 0,16$ cm pri dodatni teži 30 kg.



Slika 3. Linearno povečevanje parametrov gibanja središča pritiska brez bremena in pri treh različnih bremenih v nahrbtniku. (a) celotna pot (kara), medio-lateral pot (kvadrat) in antero-posterior path (trikotnik), (b) površina.

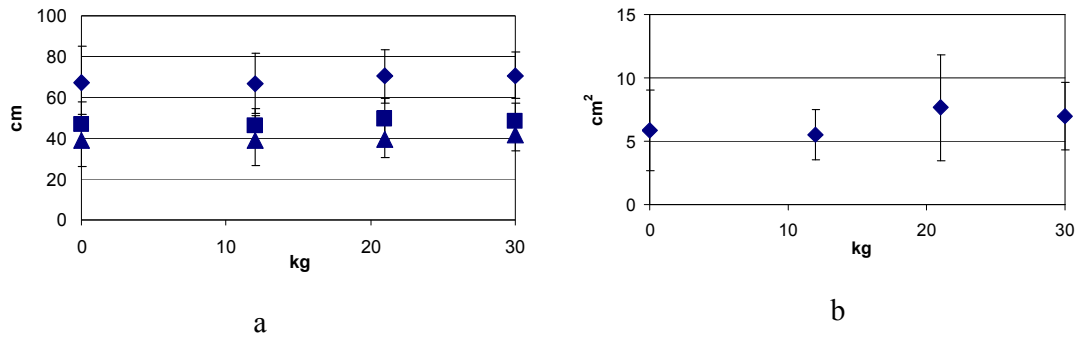


Slika 4. Variabilnost gibanja središča pritiska v medio-lateralni (a) in antero-posteriorni (b) smeri.

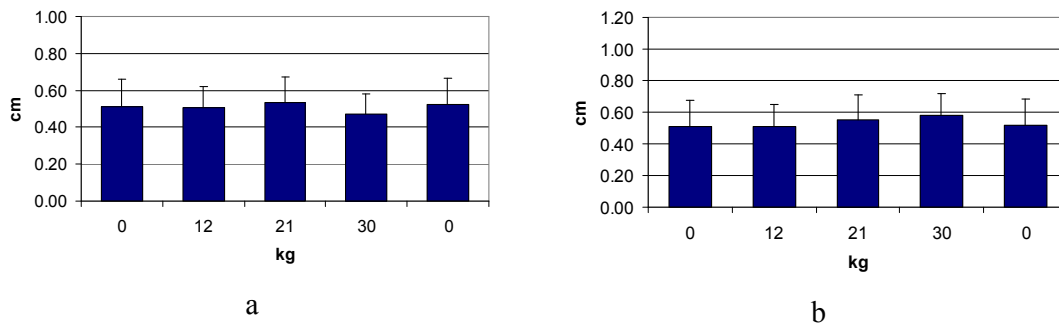
Telovnik

Statistična analiza rezultatov dodajanja bremena v telovnik (v višino telesnega težišča) je pokazala, da se opazovani parametri gibanja središča pritiska, opravljene poti in uporabljena (opisana) površina gibanja središča pritiska ni razlikovala med štirimi različnimi težami bremena, p vrednosti so se gibale med 0,306 in 0,938 (slika 5).

Variabilnost gibanja središča pritiska je izražena s standardno deviacijo položaja na pritiskovni plošči v medio-lateralni in v antero-posteriorni smeri. Med različnimi dodanimi težami se variabilnost ni statistično pomembno razlikovala tako v medio-lateralni ($F = 0,665$; $p = 0,618$), kot tudi v antero-posteriorni smeri ($F = 0,775$; $p = 0,544$) (Slika 6). Variabilnost se je v medio-lateralni smeri gibala od najmanj $0,51 \pm 0,14$ cm brez obremenitve, do največ $0,53 \pm 0,14$ pri dodatni teži 21 kg. V antero-posteriorni smeri pa je bila najmanj $0,51 \pm 0,16$ cm brez obremenitve in $0,58 \pm 0,14$ cm pri dodatni teži 30 kg.



Slika 5. Povprečja in standardne deviacije parametrov gibanja središča pritiska brez bremena in pri treh različnih bremenih v telovniku. (a) celotna pot (kara), medio-lateral pot (kvadrat) in antero-posterior path (trikotnik), (b) površina.



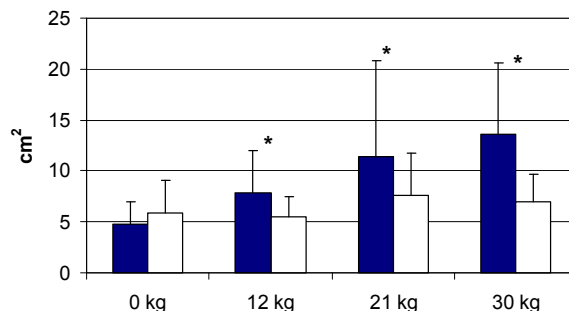
Slika 6. Variabilnost gibanja središča pritiska v medio-lateralni (a) in antero-posteriorni (b) smeri.

Primerjava obeh skupin

S t-testom za neodvisne vzorce smo primerjali rezultate gibanja središča pritiska pri dodajanju bremena v nahrbtnik ali telovnik in ugotovili, da med skupinama ni statistično pomembnih razlik kadar ni dodatne obremenitve (to je pri prvi in zadnji – kontrolni meritvi), med tem ko so bile razlike pri dodatnem bremenu statistično pomembne pri 12 kg dodatnega bremena ($p = 0,011$), pri 21 kg in 30 kg pa je razlika še večja ($p < 0, 001$) in je prikazana na sliki 7.

RAZPRAVA

Namen raziskave je bil raziskati vpliv nošenja dodatnega bremena na parametre gibanja središča pritiska. Preiskovanci so nosili bremena na dva načina. Prva skupina je nosila breme v standardnem alpinističnem nahrbtniku in druga skupina je imela uteži v telovniku. Razlika med našo raziskavo in predhodnimi raziskavami je v izbiri preiskovane skupine. V večini do sedaj opisanih raziskav so namreč sodelovali mladi vojaki, ki so bili trenirani za nošenje različno težkih bremen. Med tem ko so bili naši preiskovanci sicer mladi študentje, ki pa so bili rekreativno aktivni v povprečju le trikrat tedensko.



Slika 7. Razlika v površini, ki jo opiše središče pritiska pri dveh različnih postavitvah bremena (črno nahrbtnik in belo telovnik).

Rezultati naše raziskave kažejo, da se med nošenjem različno težkih bremen v nahrbtniku spremeni količina in obseg zibanja med pokončno držo. Rezultati merjenja gibanja središča pritiska so pokazali linearno povečanje celotne poti, medio-lateralne in antero-posteriorne poti, kot tudi opisane površine gibanja središča pritiska. Podobno linearno odvisnost gibanja središča pritiska od povečevanja teže bremena so za vse merjene (analizirane) parametre opisali za skupino mladih vojakov (2). Ti rezultati kažejo na odvisnost gibanja težišča od teže bremena. Žal pa v tej raziskavi ne poročajo o primerjavi stoje z bremenom in stoje brez obremenitve. Podobne zaključke so predstavili Punakallio in sod. (3), ki so jih ugotavljali pri skupini gasilcev, medtem ko so ti na hrbtu nosili aparat s kisikom, ki tehta 15,5 kg. Dodatna teža je pomembno poslabšala izmerjene parametre drže in funkcionalno ravnotežje.

Naključna narava gibanja središča pritiska prispeva k variabilnosti fluktuacij (11). Zato smo načrtovali in opravili dodatno – kontrolno peto (primerjalno) meritev. Pokazalo se je, da ni bilo statistično pomembnih razlik med obema meritvama brez dodatne teže. To nam omogoči večjo stopnjo zaupanja v linearno soodvisnost gibanja središča pritiska od velikosti bremena.

Nadzor položaja težišča telesa je različen pri različnem položaju bremena na telesu. Če je breme v nahrbtniku je potreben večji nagib telesa naprej in več fleksije v področju kolka in gležnja (12). Navor v gležnju in kolku je večji kadar je breme postavljeno višje na telesu (13). V predhodnih raziskavah so tudi ugotovili, da je poraba energije odvisna od položaja bremena. Pri enakomerno razporejeni teži v dvojnem nahrbtniku je poraba energije manjša v primerjavi z nošenjem bremena v nahrbtniku (7). V naši raziskavi gibanja središč pritiska smo ugotovili enako odvisnost. Povečevanje bremena v telovniku, ko je teža enakomerno razporejena okoli pasu v višini telesnega težišča ni povzročila povečanja gibanja središča pritiska, med tem ko se je linearno povečalo gibanja središča pritiska kadar so osebe nosile breme v nahrbtniku. Pri primerjavi rezultatov med obema skupinama tiste, ki je imela breme v telovniku in tiste, ki je imela breme v nahrbtniku, smo ugotovili, da med skupinama ni bilo razlik pri stoji brez obremenitve, pri teži bremena 12, 21 in 30 kg pa so bile razlike v parametrih gibanja središča pritiska statistično pomembno različne. Razliko v obsegu gibanja središča pritiska med obema postavitvama bremena (v nahrbtnik in v telovnik) lahko pripišemo inerciji bremena, ki je postavljen višje na telesu in ni enakomerno (nahrbtnik) razporejen po telesu, kot je to v primeru bremena v telovniku.

Variabilnost gibanja središča pritiska se je pri dodajanju bremena v nahrbtnik s povečevanjem bremena povečevala tako v medio-lateralni kot tudi v antero-posteriorni smeri (slika 4). Variabilnost gibanja središča pritiska in povečevanje zibanja telesa je tradicionalno pojmovana kot izguba – poslabšanje nadzornih mehanizmov ter posledica bolezni in staranja. V zadnjem času pa se je pojmovanje variabilnosti spremenilo. Avtorji (14, 15) opisujejo variabilnost kot ključni element parametrov gibanja, ki so pod direktnim upravljanjem osrednjega živčevja. V skupini, ki je imela dodatno breme razporejeno v telovniku, smo s povečevanjem bremena, opazili zmanjšanje variabilnosti med posamezniki, ki je izražena kot manjšanje standardne deviacije (slika 5), kar kaže na to, da so se preiskovanci s povečevanjem bremena pričeli podobno odzivati, t.j. s povečevanjem bremena so prevzeli enako strategijo. Zmanjšanje variabilnosti lahko pripišemo povečani togosti mišic, ki nadzorujejo držo. Na drugi strani pa se je v skupini, ki je imela breme v nahrbtniku, povečevalo tako gibanje središča pritiska kot tudi variabilnost med preiskovanci. Ta razlika v rezultatih med preiskovanci, ki so imeli breme v nahrbtniku in s tem težišče telesa bolj posteriorno in preiskovanci, ki so imeli breme v telovniku in se položaj težišča telesa ni spremenil, kaže na različno strategijo nadzora gibanja težišča.

SKLEP

Ohranjanje ravnotežja in stabilnosti pokončne drže med nošenjem dodatnega bremena je pomembno pri aktivnostih različnih poklicev kot tudi pri rekreativnih, pohodnikih in alpinistih, saj nošenje bremena v nahrbtniku povzroči linearno povečevanje gibanja središča pritiska s povečevanjem teže nahrbtnika. Na drugi strani pa dodajanje bremena v telovnik, enakomerno okoli težišča telesa, ne vpliva na povečanje gibanja središča pritiska. Zaključimo lahko, da je razporeditev bremena na telesu pomemben dejavnik pri nadzoru gibanja telesnega težišča in s tem pri ohranjanju ravnotežja. Zato je za preprečevanje poškodb ali padcev, ki so povezani z izgubo ravnotežja pomembno upoštevati razporeditev bremena na telesu.

ZAHVALA

Delo je bilo opravljeno s finančno pomočjo ARRS v okviru raziskovalnega projekta J3 – 0178.

LITERATURA

1. Lobb B (2004). Load carriage for fun: a survey of New Zealand trampers, their activities and injuries. *Appl Ergon* 35: 541 - 547.
2. Shiffman JM, Bensek CK, Hasselquist L, Gregorczyk KN, Piscitelle L (2006). Effects of carried weight on random motion and traditional measures of postural sway. *Appl Ergon* 37:607 - 614.
3. Punakallio A, Lusa S, Luukkonen R (2003). Protective equipment affects balance abilities differently in younger and older firefighters. *Aviat Space Environ Med* 74:1151 - 1156.

4. Forjuoh SN, Lane BL, Schuchmann JA (2003). Percentage of body weight carried by students in their school backpacks. *Am J Phys Med Rehabil* 82: 261 - 266.
5. Negrini NS, Carabalona R (2002). Backpacks on! Schoolchildren's perception of load, associations with back pain and factors determining the load. *Spine*, 27:187 - 195.
6. Knapik J, Harman E, Reynolds K,(1996). Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Appl Ergon*, 207 - 216.
7. Knapik J, Reynolds K, Harman E (2004). Soldier load carriage: Historical, physiological, biomechanical and medical aspects. *Military Med* 169: 45 - 56.
8. Lee TH, Lee YH (2003). An investigation of stability limits while holding a load. *Ergonomics*, 46:446 - 454.
9. Sevšek F, Rugelj D (2006). Sistem za obdelavo stabilometričnih meritev. V: Rugelj D(ur) Celostna obravnava starostnikov, 24. november 2006, Ljubljana. *Zbornik predavanj*. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 2006, str. 89 - 96.
10. Rugelj D, Sevšek F (2007). Postural sway area of elderly subjects. *WSEAS transactions on signal processing* 3: 213 - 219.
11. Collins JJ, de Luca CJ (1995) Open-loop and closed-loop control of posture: A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Exp. Brain. Res.* 95: 308 – 318.
12. Bloom D, Woodhull-McNeal A (1987). Postural adjustments while standing with two types of load backpack. *Ergonomics* 30: 1425 - 1430.
13. Bobet J, Norman RW (1984). Effects of load placement on back muscle activity in load carriage. *Eur J Appl Physiol* 53: 71 - 75.
14. Latash ML, Scholz JP, Schoener G (2002). Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. *Exe Sport Sci Rev* 30: 26 - 31.
15. Van Emmerik A, van Wegen, H (2002). On the functional aspects of variability in postural control. *Exe Sport Sci Rev* 30: 177 - 183.