

*Dražen Harasin
Mladen Puljić*

Prethodno znanstveno priopćenje

UTJECAJ DISTRIBUCIJE TERETA U NAPRTNJAČI NA POTROŠNJU ENERGIJE U HODANJU PO USPONU

1. UVOD

Naprtnjača s okvirom koja se nosi na leđima, koja zakvačena visi s oba ramena, preko točaka oslonca naprtnjače, a to su naramenice na lijevom i desnom ramenu i trećeg oslonca poviše grebena cristae iliace silom težine tereta djeluje na osobu koja nosi teret. Iako veća masa tereta pohranjenog u naprtnjači uglavnom znači i veće opterećenje, teret opreme pohranjene u naprtnjači ne pritišće svoj oslonac silom koja je razmjern ekvivalent njegove mase; odnos između mase tereta u naprtnjači i sile kojom naprtnjača djeluje na tijelo čovjeka nije upravo razmjern. Ako je teret koji se nosi na leđima mase 10 kilograma, tada su sile koje djeluju na tijelo veće od težine samog tereta. Razlog tomu je to što se težište tereta u naprtnjači ne nalazi u istoj točki gdje je i težište tijela čovjeka, nego se nalazi odostraga na većoj ili manjoj udaljenosti od težišta tijela čovjeka i točke oslonca na ramenima. Ovo uzrokuje nastanak poluge, a posljedica je veća sila kojom težina naprtnjače djeluje na tijelo. Budući da je sila kojom naprtnjača opterećuje tijelo određena i polugom, veća će udaljenost težišta naprtnjače od točaka oslonca značiti i veći krak sile kojom teret djeluje; što je veći krak sile tereta u naprtnjači veća će biti i sila kojom naprtnjača opterećuje tijelo čovjeka. Veće opterećenje kojim naprtnjača djeluje na tijelo čovjeka vrlo vjerojatno povećava utrošak energije potrebne za držanje i nošenje tereta. Horizontalna udaljenost između težišta tijela čovjeka i težišta naprtnjače će biti manja, kada se težište naprtnjače nalazi što bliže okomitoj osi centra težišta tijela čovjeka; tada će krak sile tereta na točke oslonca biti manji, a time će i djelovanje težine naprtnjače na tijelo biti manje. Jedan od načina da se težište naprtnjače približi težištu tijela čovjeka je pohrana tereta u naprtnjaču tako da se oprema izrađena od materijala velike specifične težine smjesti uz stražnji zid glavnog spremnika naprtnjače (koji prijanja uz leđa), a lagana opremu u prostor najudaljeniji od stražnjeg zida; opremu srednje specifične težine treba smjestiti u sredinu između ovih dvaju prostora. Ovakva distribucija tereta će primaći težište naprtnjače ka težištu čovjeka i tako smanjiti krak sile tereta koji se nosi, a posljedica će biti manja sila kojom naprtnjača djeluje na osobu koja nosi naprtnjaču. Pitanje koje se postavlja nakon ovih razmatranja glasi: Smanjuje li manja sila, koja je rezultat manjeg kraka sile tereta, utrošak energije prilikom nošenja naprtnjače i

manje umara čovjeka. Odgovor na ovo pitanje potvrdio bi spomenuti obrazac slaganja stvari u naprtnjaču radi manjeg utroška energije kao biomehanički prikladniji. Cilj je ovog istraživanja utvrditi razliku u energetskej potrošnji između nošenja naprtnjače s teretom velike specifične težine pohranjenim uz stražnju stjenku naprtnjače i nošenja naprtnjače s teretom iste težine, ali s teretom velike specifične težine pohranjenim uz prednju stjenku naprtnjače. Radi cilja ovog rada bit će testirana hipoteza: H0: Energetska potrošnja pri dvanaest minutnom hodanju po usponu od 6% brzinom 5.5 km/h bit će ista bez obzira na različitu distribuciju tereta u naprtnjači.

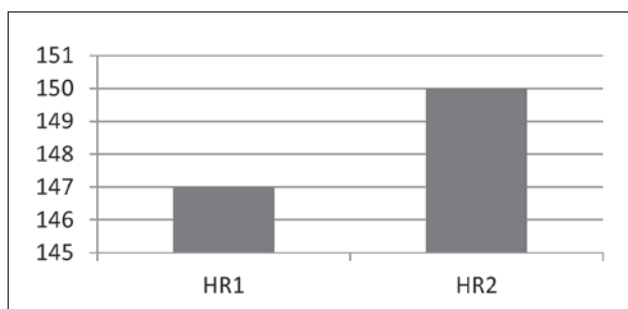
2. METODE

U istraživanju je sudjelovao jedan ispitanik muškog spola, u dobi od 46 godina, umjereno aktivan planinar. Ispitanik je bio zdrav, bez ozljeda ili bolesti koje bi mogle utjecati na provedbu eksperimenta. Entiteti ovog istraživanja su pokušaji koji su nastali ponavljanjem rada na traci za trčanje naizmjenično i različitim danima; i to sedam pokušaja u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače i sedam pokušaja u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače. Rad se sastojao od dvanaest minutnog hodanja brzinom 5.5 km/h po usponu 6% na pokretnoj traci. U eksperimentu je korištena naprtnjača s unutrašnjim okvirom karimor sabre 45, volumena 45 l i težine 1854 g, visine 55cm, širine 30cm i dubine 24 cm u kojoj je bilo pohranjeno 9 kg tereta; 4.5 kg tereta vrlo velike specifične težine kojeg su činili različiti alati za rezanje i oružje i 4.5 kg tereta male specifične težine kojeg su činili vreća za spavanje i odjeća. Ispitanik je test obavljao jednom dnevno, naizmjenično sve dok nije ispunjen predviđeni broj pokušaja; jedan dan hodanje po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače, a drugi dan isti rad s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače. Varijable ovog istraživanja su: maksimalna frekvencija srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (HRmax1), maksimalna frekvencija srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (HRmax2), prosječna frekvencija srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (HR1), prosječna frekvencija srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (HR2), energetska potrošnja pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (EC1) i energetska potrošnja pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače

(EC2). Izračunavanje energetske potrošnje vršeno je na temelju vrijednosti prosječnih frekvencija srca, trajanja aktivnosti te dobi i tjelesne mase ispitanika, jednadžbom za izračun potrošnje energije tijekom vježbanja submaksimalnim intenzitetom koja je izvedena od strane Keytela i suradnika (Keytel i sur., 2005.). Odnos između broja otkucaja srca i potrošnje energije ne smatra se pouzdanim ispod intenziteta vježbanja koje je manje od 41% od VO₂max, odnosno koje je manje od 64% maksimalnog broja otkucaja srca (Swan i sur., 1998.). Za testiranje hipoteza korišten je paket za statističku obradu podataka STATISTICA 7. Prag prihvatanja hipoteze je $p < 0.05$.

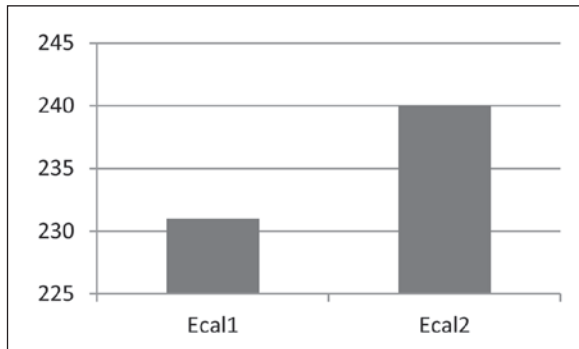
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na grafičkim prikazima 1 i 2 prikazane su vrijednosti dobivene po pojedinim varijablama. Na grafičkom prikazu 1 prikazane su vrijednosti prosječne frekvencije srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (HR1) i u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (HR2). Na grafičkom prikazu 2 prikazana je potrošnja energije pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (Ecal1) i u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (Ecal2).



Grafički prikaz 1. Vrijednosti prosječne frekvencije srca pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (HR1) i u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (HR2)

Uvidom u dobivene rezultate mogu se uočiti povećanja frekvencije srca pri nošenju naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače; u prosjeku 150 otkucaja srca u minuti tijekom dvanaest minutnog rada s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz



Grafički prikaz 2. Potrošnja energije pri hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače (Ecal1) i u hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (Ecal2)

prednju stjenku naprtnjače, za razliku od 147 otkucaja u minuti u hodanju s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače. Posljedica većeg rada je i veća potrošnja energije; 240 Kcal pri nošenju naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače za razliku od 231 Kcal prilikom nošenja naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače. Pretpostavljalo se da će veći krak sile tereta veće specifične težine dovesti do veće potrošnje energije i bržeg umaranja. Također, za pretpostaviti je da bi ove razlike bile izraženije što je kretanje dulje, teret veći i bočni profil naprtnjače veći. Nakon dobivenih podataka za frekvencije srca i potrošnju energije proveden je t-test za nezavisne uzorke varijabli potrošnje energije prilikom nošenja naprtnjače s različitom distribucijom tereta. Rezultati t-testa za prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati t-testa za razliku u potrošnji energije pri nošenju naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz stražnju stjenku naprtnjače i hodanju po usponu s nošenjem naprtnjače u kojoj je teret velike specifične težine pohranjen uz prednju stjenku naprtnjače (AS-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija), N-broj pokušaja, t-t vrijednost, p-prag prihvaćanja hipoteze)

Varijabla	AS	SD	N	t	p
Ecal1	230.57	6.78	7		
Ecal2	240.00	6.61	7	-2.6351	0.021

Rezultati t-testa (t-vrijednost iznosi -2.6351) upućuju na to da se hipoteza H₀, da će energetska potrošnja pri dvanaest minutnom hodanju po usponu od 6% brzinom 5.5 km/h biti ista bez obzira na različitu distribuciju tereta u naprtnjači, može odbaciti.

4. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje pokazalo je da je slaganjem stvari u naprtnjaču moguće biomehanički optimizirati nošenje tereta, kako bi se obavljalo uz što manji utrošak energije i umaranje. Distribucija tereta u naprtnjači utječe na udaljenost težišta naprtnjače od težišta osobe koja ju nosi, a time i na veličinu sile kojim naprtnjača opterećuje čovjeka prilikom nošenja. Veličinu sile kojom naprtnjača djeluje na tijelo čovjeka moguće je smanjiti smanjivanjem horizontalne udaljenosti između centra težišta tereta i centra težišta tijela čovjeka. Zbog toga je prilikom pakiranja naprtnjače potrebno kontrolirati distribuciju mase tereta po dubini naprtnjače. Opremu velike specifične težine, kao što je alat, plamenik, metalno posuđe, gorivo, metalne kopče potrebno je smjestiti u stražnji zid naprtnjače. Opremu manje specifične težine kao što je rezervna odjeća, vreća za spavanje, podmetač od pjenaste gume potrebno je smjestiti uz prednju zid naprtnjače. Opremu srednje specifične težine kao što je hrana, voda, šatorsko krilo, konop, potrebno je smjestiti između. Smještanje opreme velike specifične težine blizu stražnjeg zida naprtnjače omogućuje manju udaljenost težišta naprtnjače od težišta čovjeka i manji krak sile tereta. Iako masa tereta u naprtnjači mora biti raspoređena tako da se nošenje obavlja uz što manji utrošak energije i umaranje, prilikom pakiranja naprtnjače ne treba zaboraviti da se oprema u naprtnjači mora raspodijeliti i tako da omogući dostupnost potrebne opreme tijekom putovanja, ujednačen pritisak na obje naramenice i dobru ravnotežu u kretanju po različitim terenima.

5. LITERATURA

1. Keytel, L.R., Goedecke, J.H., Noakes, T.D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L., Lambert, E.V. (2005). Prediction of energy expenditure from heart monitoring during submaximal exercise. *Journal of sport science*. 2005, Mar, 23(3):289-97.
2. Obusek, J.P., Harman, E.A., Frykman, P.N., Palmer, C.J., & Bills, R.K. (1997). The relationship of backpack center of mass location to the metabolic cost of load carriage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 5, S205
3. Swain, D.P., Leutholtz, B.C., King, M.E., Haas, L.A., Branch, J.D. (1998). Relationship between heart rate reserve and VO₂ reserve in treadmill exercise. *Medicine and science of sport and exercise*, 1998, Feb., 30(2):318-21.