

FUNKCIJA PALIC PRI HOJI NAVZDOL

ERICH MÜLLER, HERMANN SCHWAMEDER,
WOLFGANG NIESSEN*

Prispevek se bo kateremu izmed bralcev zdel zahteven in preveč strokoven, a je kljub temu vreden pozornosti, saj z nepodkupljivimi, izmerjenimi ugotovitvami potrjuje koristnost hoje s palicami navzdol. Komur vsebina ne ugaja, ga pač ne bo bral, saj morda izpusti tudi kako drugo pisanje. Vsem drugim za lažje razumevanje navajamo v opombah pod črto tudi nekaj pojasnil in razlag.

Gornikom, ki hodijo s palicama, bo zagotovo dobrodošlo potrdilo, da so na pravi poti; ne nazadnje objavljamo članek tudi zato, ker je to področje še dokaj neobdelano in bi tudi kakšna naša visokošolska hiša z raziskavami lahko prispevala k temeljitejšemu znanju in požela zaslužen priznanje. (Op. ur.)

1. PROBLEMATIKA

V alpskih deželah je hoja v gore zelo priljubljena. V času, za katerega so značilni pomanjkanje gibanja in s tem v zvezi boleznī srca in krvnega obtoka kot tudi opornih tkiv in gibalnega sistema, pripisujemo hoji v gore velik preventivni pomen. Poleg tega stik z naravo znatno izboljšuje tudi naše duševno počutje.

Žal pa hoja v gore mnogim povzroča težave. Predvsem starejši pogosto tožijo o bolečinah v kolenih, ki so še posebno močne pri hoji po strmeh in težko prehodnem svetu navzdol. Poleg tega takšna hoja zahteva dobro usklajeno gibalno tehniko. S tem je večja tudi možnost izgube ravnotežja in padca. Vse to lahko povzroča krčevitost gibov, bojazen in hitreje nastopajočo utrujenost, kar zmanjšuje intenzivnost estetskega doživljanja gorskega sveta.

Bolečine v kolenih, ki se pojavijo pri hoji v gorah, so v glavnem posledica dolgoletnega nefiziološkega obremenjevanja sklepov. Že obolelo oziroma okvarjeno koleno zdrži le del obremenitev, ki jih sicer lahko pričakujemo od zdravega.

Za manjše obremenjevanje sklepov in boljše ravnotežje pogosto uporabljamo palice, ki naj bi omogočale razbremenitev že okvarjenih sklepov in preprečile morebitne dodatne poznejše okvare. V najnovejšem času se že pojavljajo tudi stališča proti njihovi uporabi, ki po eni strani opozarjajo na možno zmanjšanje splošne kondicijske sposobnosti in čuta za ravnotežje in po drugi strani postavljajo pod vprašaj pomen palic za zmanjšanje bolečin v kolenih oziroma njihov preventivni pomen za preprečevanje morebitnih poznejših okvar.

V tem prispevku bomo preučili sile, ki delujejo na kolenski sklep med hojo navzdol in še, v kakšni meri vpliva na te sile uporaba palic.

2. NAČIN RAZISKAVE

Da bi zagotovili standardne merilne pogoje, smo improvizirali poskusno progo, ki naj bi ponazorila okoliščine hoje v gorah. Povprečna strmina je bila 16°, stopi pa delno ravni, delno s pritrjenimi kamni. Poskusna oseba je bil izkušen gorski vodnik z opravljenim vodniškim izpitom.

Preiskovanec je opravil po dva poskusa na naslednje tri načine:

- hoja z dvema palicama dolžine 1,34 m (72 % telesne višine),
- hoja z dvema palicama dolžine 1,13 m (61 % telesne višine),
- hoja brez palic.

Kinetično¹ raziskavo gibanja pri hoji navzdol smo omejili na četrti stik stopala s podlago. V tem trenutku je posebna merilna plošča (Amti plošča 200 Hz²) zajela tridimenzionalne reakcijske sile podlage.³ Gibanje smo posneli z dvema videokamerama (Peak Sistem 50 Hz) in na ta način registrirali tridimenzionalne kinetične podatke. Poleg tega smo s posebnim podplatom za merjenje tlakov⁴ med celotnim poskusom merili razporeditev sil v čevlju (Pedar 50 Hz), in, končno še normalne⁵ sile v palicah (Biostore 500 Hz) (sliki 1 in 2).

Kompresijske⁶ in mišične sile v fazi, ko preiskovanec med opiranjem na palici obremenjuje le eno nogo, smo izračunali na osnovi dvodimenzionalnega matematičnega modela po C. Haidu. Za ta model, ki predpostavlja nekakšno statično stanje, smo kot vhodne podatke za vsakega izmed šestih poskusov ugotavljali količino, smer in prijemališče na stopalo delujočih reakcijskih sil tal ter kote kolenskega in skočnega sklepa.

Sile posameznih delnih mas, ki delujejo na podlago, sestavljata:

- delež normalne sile, in
- vrtilni⁷ in translatorski⁸ delež vztrajnostnih sil.

Za izračunavanje sil in momentov⁹ v kolenu smo izhajali iz sile odpora (reakcijske sile) tal in se pri tem dogovorili,

¹ Kinetičen: ki se tiče nauka o gibanju teles brez upoštevanja sil, ki ga povzročajo.

² Hz (Herz): oznaka enote za frekvenco.

³ Tridimenzionalne reakcijske sile tal: sestavine sile odpora tal (podolgem, poprek in navzgor).

⁴ Tlak: tudi pritisk (sila na enoto površine).

⁵ Normalna sila: sila, ki deluje pravokotno na tla (podlago).

⁶ Kompresijska sila: sila, ki se nanaša na tlak, stiskanje.

⁷ Rotatoren: vrtiljiv, ki povzroča vrtenje, sukanje telesa okrog osi.

⁸ Translator: ki daje vsem delcem gibajočega se telesa enako hitrost in smer.

⁹ Moment: zmnožek sile in pravokotno na smer sile ležeče ročice.

* Referat na posvetu Alpinforum Avstrijskega kuratorija za varnost v gorah 1995. Z vednostjo in soglasjem Kuratorija prevedel dr. Jože Cetina.



- da zaradi zanemarljivega deleža glede na celotno težnost ne bomo upoštevali težnosti $F_{noge} = m_1 \cdot g$ in $F_{goleni} = m_2 \cdot g$, in
- da zaradi zanemarljivega pospeška (zaviranja) goleni* ne bomo upoštevali $m_2 \cdot X_2$.

3. REZULTATI

Rezultate smo prikazali iz izbranih in za to problematiko bistvenih zornih kotov. Najprej predstavimo časovno spreminjanje hitrosti systemskega težišča¹⁰ (gornik z opremo) in časovne spremembe kota desnega kolena v trenutku, ko je na palici oprt preiskovanec obremenil eno samo nogo. Te podatke smo izračunali iz tridimenzionalnih videoanaliz. Nato smo v dveh tipičnih poskusih prikazali talne reakcijske sile, ki se prenašajo a) prek noge in palic in b) samo prek noge med hojo brez palic.

Ugotovili smo momente kolenskega sklepa,¹¹ ki smo jih dobili v obeh poskusih (brez palic, z dolgima in kratkima palicama) in po matematičnem modelu izračunali sile med golenico in stegnenico (tibiofemoralne sile), sile med pogačico in stegnenico (patelofemoralne sile) in sile v štiriglavi mišici (sile v kvadricepsu) v fazi opore na palici in eno samo nogo.

V analiziranih poskusih gre vsekakor za primerljive okoliščine. Časovni potek hitrosti systemskega težišča in časovni potek kolenskega kota¹² se le neznatno razlikujeta. Na začetku faze opore na palici in obremenitve ene noge je bila povprečna hitrost preiskovanca 1,45 m/s. V nadaljnjem poteku te faze se je hitrost zmanjšala za povprečno 47 %, to je na 0,86 m/s. Zmanjševanje hitrosti je potekalo pri hoji brez palic relativno enakomerno in neprekinjeno. Pri hoji s palicama pa je potekalo valovito. Poteki kolenskih kotov so se v vseh analiziranih poskusih zelo ujemali.

* V gornjih izrazih pomenijo še: m — maso goleni oziroma stopala, g — pospešek prostega pada, x — ročici, na kateri deluje sila

¹⁰ Časovno spreminjanje hitrosti systemskega težišča: maso gornika in njegove opreme si mislimo osredotočeno v težišču, ki med hojo spreminja hitrost in smer.

¹¹ Moment kolenskega sklepa: moment, ki deluje na kolenski sklep.

¹² Kolenski kot: tudi kolenski upogibni kot: kot, ki ga v kolenu tvori ta golenica in stegnenica.

Na začetku faze opore na palici in obremenitve ene noge je kolenski kot obremenjene noge znašal povprečno 150°. V vseh poskusih se je kolenski kot v teku 200 ms¹³ zmanjšal na približno 115° in se v drugem delu te faze le neznatno spremenil.

Nato smo prikazali talne reakcijske sile med izvedbo enega koraka z desno nogo v poskusu brez palic in nato s palicama. V trenutku, ko preiskovanec še obremenjuje obe nogi, se talne reakcijske sile, ki se prenašajo prek desne noge, pri obeh načinih hoje naglo povečajo takoj potem, ko noga stopi na podlago. Po približno 80 ms se leva noga odmakne od tal, začne se faza obremenitve ene same noge. Neposredno pred začetkom te faze se preiskovanec z obema palicama skoraj istočasno opre ob tla. Približno 50 ms po začetku te faze doseže talna reakcijska sila, ki se pri hoji s palicama prenaša prek stopala, svoj vrhunec 1080 N¹⁴ (120 % telesne teže). Sila, ki se prenaša istočasno prek obeh palic, znaša v istem trenutku že 80 N, nato nepretrgoma narašča in doseže ob koncu faze svoj maksimum, 310 N (34 % telesne teže). Medtem ko se sila, ki se prenaša prek palic, v drugem delu oporne faze poveča, se sila, ki se prenaša prek stopala, valovito zmanjšuje.

Pri hoji brez palic doseže talna reakcijska sila stopala šele približno 100 ms po začetku faze obremenitve ene noge svoj maksimum 1234 N (137 % telesne teže), ki je tako za 14 % večji kot pri hoji s palicama. Nato upada, zelo podobno kot pri hoji s palicama, do konca oporne faze. Kontaktna faza (med stikom s podlago) je pri praktično enaki hitrosti za približno 110 ms daljša kot pri hoji s palicama.

Zaradi večje maksimalne sile in daljše faze stika s tlemi pri sicer podobni karakteristiki poteka je sunek sile¹⁵ pri hoji s palicama med oporno fazo na eni nogi za 34 % manjši kot pri hoji brez palic.

Zatem smo prikazali momente, ki nastajajo med fazo obremenitve v kolenskem sklepu.

Moment kolenskega sklepa je enak zmnožku velikosti sile odpora tal (reakcijska sila tal), ki prijema iz stopala pravokotno na ročico, ki gre skozi os kolenskega sklepa.

Kolenski moment je največji pri hoji brez palic in je s 132 Nm¹⁶ za približno 22 % večji kot pri hoji s palicama. Med največjima vrednostima kolenskih momentov pri hoji s kratkima ali dolgima palicama nismo ugotovili razlik. Oporna faza traja pri različnih tehnikah hoje različno dolgo. Trajanje stika s podlago je najkrajše pri hoji z dolgima palicama in najdaljše pri hoji brez palic. Vsota kolenskih momentov celotne oporne faze znaša torej pri hoji z dolgima palicama 67 %, s kratkima pa 78 % vrednosti pri hoji brez palic.

Nadalje smo prikazali kompresijske sile med golenico in stegnenico (tibiofemoralne kompresijske sile), ki delujejo na obremenjeno koleno pri različnih načinih hoje.

¹³ Ms: milisekunda, tisočinka sekunde.

¹⁴ N: newton — enota za silo (izgovori njuton).

¹⁵ Sunek sile: newtonsekund — zmnožek sile in časa (izgovor: njutonsekund), imenovan tudi časovni integral sile.

¹⁶ Nm: newtonmeter — enota za moment (izgovori njutneter)

Bolečine v kolenu se pogosto javljajo pri okvarah hrustanca na sklepni površini med stegenico in golenico. Te bolečine so tem močnejše, čim večja je tibiofemoralna kompresijska sila med oporno fazo.

Ta sila je največja pri hoji brez palic. Znaša približno 6000 N in je za 36 % večja kot pri hoji s palicami. Razlika pri hoji z dolgima ali kratkima palicama je zanemarljivo majhna. Tibiofemoralna kompresijska sila je bila v vseh poskusih največja takoj na začetku oporne faze. V tem trenutku so bili največji tudi kolenski koti in talne reakcijske sile.

Kompresijska sila, ki deluje s pogačico na stegenico (patelofemoralna kompresijska sila) pri različnih načinih hoje, je sila, s katero pritiska hrustanec pogačice na sklepno površino stegenice. Ta hrustanec je pri mnogih ljudeh že okvarjen in lahko pri določeni sili, s katero pogačica pritiska ob stegenico, povzroča močne bolečine.

Intenzivnost te sile je odvisna predvsem od vlečne sile štiriglave mišice (kvadricepsa) in od vsakokratnega kolenskega kota. Čim manjši je kot (do približno 90°) in čim večja je vlečna sila mišičja, tem večja je kompresijska sila. Tudi tu je ta sila največja pri hoji brez palic in je s približno 5200 N za 23 % večja kot pri hoji s palicami. V prvi polovici oporne faze so si bili poteki kompresijskih sil v vseh poskusih zelo podobni. Šele v drugem delu, ko prek palic odvedena moč precej naraste, učinkuje uporaba palic sorazmerno pozitivno na kompresijsko silo med pogačico in stegenico.

Sila raztezanja štiriglave mišice (kvadricepsa) med oporno fazo na palicah in eni nogi deluje na oprto nogo pri vseh treh tehnikah hoje. Za vzdrževanje kolikortolno statičnega položaja mora nastati moment mišične sile, ki po svoji intenzivnosti ustreza kolenskemu momentu. Za to pa je potreben sorazmerno močan napon štiriglave mišice. Kolikor večje so pri posameznem koraku sile v tej mišici, toliko hitreje se gornik utruje in toliko večja je nevarnost poškodbe. Kot je pričakovati, se poteki sile v štiriglavi mišici popolnoma ujemajo s poteki kolenskih momentov. Tudi tu se je izkazalo, da hoja brez palic povzroča večje maksimalne sile in močnejše sunke sile. Maksimalna raztezna (ekstenzijska) sila štiriglave mišice (kvadricepsa) je približno 4600 N, torej

za 21 % večja kot pri hoji s palicama. Zato so razlike v utrujenosti med daljšo gorsko turo lahko kar precejšnje.

4. RAZPRAVA

Podatki preiskave so jasno pokazali, da lahko uporaba palic pri hoji navzdol znatno razbremeni kolenske sklepe. To je koristno predvsem za ljudi z že okvarjenimi sklepni strukturami. Manjše obremenitve kolen pri hoji s palicama lahko preprečijo ali vsaj omilijo bolečine. Zato lahko palicama pripisujemo tudi preventivni pomen. Po eni strani lahko hoja s palicama pri tistih, ki se pogosto podajajo v gore, prepreči bolečine v kolenih ali pa te zaradi palic vsaj nastopijo kasneje. Po drugi strani pa manjši napor mišic iztežalk lahko zmanjša utrujenost in s tem tudi nevarnost poškodb.

Razbremenitev kolen pri hoji navzdol s palicama utemeljemo na dva načina:

- del talnih reakcijskih sil prevzame prek palic mišičje rok in ramenskega obroča;
- s trojno oporo (noga in dve palici) se težišče telesa v vodoravni smeri pomakne bližje kolenskemu sklepu. Tako se zmanjšata vzvod in celotni kolenski moment. Že omenjena trojna opora povečuje stično površino s podlago, kar bistveno izboljša ravnotežje med hojo. V tej raziskavi pri uporabi različno dolgih palic nismo ugotovili bistvenih razlik v obremenitvi kolenskih sklepov. To bo v prihodnjih raziskavah potrebno analizirati še bolj sistematično. Isto velja tudi za različne tehnike hoje s palicami.

Tehnika hoje z dvema palicama, ki smo jo preučili v tej raziskavi, omogoča na splošno razbremenitev ene od obeh nog, ker opora na palici lahko nastopi le pri vsakem drugem koraku. Diagonalna tehnika hoje s palicama bi omogočila razbremenjevanje obeh nog, ker se pri vsakem koraku del talnih reakcijskih sil odvede prek obeh palic. Vsekakor pa bi bila potem razbremenitev pri posameznem koraku manjša kot pri običajni hoji z dvema palicama.

Na podlagi dosedanjih rezultatov lahko za hojo navzdol svetujemo naslednje:

1. Uporaba palic lahko razbremeni sklepe in s tem zmanjša utrujanje mišic iztežalk noge. Zato je priporočljiva že iz preventivnih razlogov.
2. Pri zdravih in še neokvarjenih kolenskih strukturah sta možni tako vzporedna kot diagonalna tehnika hoje z dvema palicama. Pri prvi je priporočljivo v kratkih in enakomernih presledkih obremenjevati zdaj eno, zdaj drugo nogo. Pri že okvarjenih kolenskih sklepih oziroma ko se pojavijo bolečine v kolenu, je priporočljivo razbremenjevati bolečo stran z vzporedno (paralelno) tehniko hoje. Palici verjetno zmanjšujeta utrujenost tudi pri hoji navkreber, ker mišice rok in ramenskega obroča razbremenjujejo mišičje nog. To razmišljanje in vprašanje optimiranja tehnike hoje v gorah pa načenja še možnost raziskav na popolnoma nedotaknjemem področju.

3. zbornik GRS

Tik pred izidom te številke Planinskega vestnika je v uredništvu **Albina Vengusta** izšel III. zbornik Gorske reševalne službe Slovenije (1912 — 1997), namenjen — kot tudi nekatere druge načrtovane prireditve — praznovanju 85-letnice GRS. V več kot 230 strani debeli publikaciji je predvsem vrsta prikazov delovanja posameznih postaj GRS, pa tudi nekateri drugi prispevki, ki dopolnjujejo pregled dela te organizacije. Zbornik bomo seveda podrobno predstavili v naslednji številki PV.