

ASIMETRIJA NOGU KOD SKIJAŠA

Robert Ropret¹, Goran Prebeg¹, Miloš Tomić², Ivan Rakić³

¹Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd, Srbija

²Skijaški savez Srbije

³Škola skijanja Snow stars

UVOD

Asimetrija u funkcionisanju parnih organa čoveka je najčešće posledica lateralizovanosti tela. Lateralizovanost je posledica razvoja čoveka (80-90%) i uticaja genetskog nasleđa (10-20%) (Ashton, 1982), zbog čega u izvršavanju zadataka, čovek najčešće koristi jedan segment. Posledice lateralizovanosti su funkcionalne razlike - asimetrija između segmenata. Asimetrija postoji ukoliko je razlika veća od 10% u određenim sposobnostima (Grace et al, 1984).

Lateralna opredeljenost predstavlja opredeljenost u korišćenju jednog segmenta u skladu sa motoričkom veštinom (Serrien i sar, 2006) a lateralna dominantnost predstavlja funkcionalnu specijalizovanost leve ili desne moždane hemisfere (Hebbal i sar, 2006).

Smatra se da je stepen asimetrije između segmenata i njihov uticaj na ispoljavanje motoričkih sposobnosti, najčešće, posledica individualnih karakteristika pojedinca, vrste motoričkih zadataka, dugogodišnjeg treninga i konstantnog izvođenja sportskih specifičnih tehničkih zadataka koji značajno utiču na morfo-funkcionalne karakteristike svakog segmenta (Krawczyk i sar. 1998)

U određivanju dominantnosti noge postoje stavovi da se dominantnost može procenjivati testovima u smislu preciznosti u manipulaciji (šut lopte na cilj, pisanje stopalom, rolanje lopte po liniji), statičke (stoj na jednoj nozi) i dinamičke ravnoteže (skokovi u dalj, vis i dr.) (Maupas i sar, 2002). Izbor testova mora biti u skladu sa tipom aktivnosti (Pateres, 1988). Za procenu manipulativne dominantnosti preporučeni su testovi koji su pokazali najveći stepen korelacije sa dominantnom lateralizovanosti: šut lopte u cilj, guranje objekta stopalom, stepovanje nogom (Hebbal, 2006), rolanje lopte po liniji, pisanje reči stopalom, zaustavljanje stopalom objekta koji se kreće (Maupas i sar, 2002).

Alpsko skijanje pripada kategoriji bilateralnih, tačnije ambideksternih aktivnosti. U skijanju, pokreti nogu imaju uslovno jednaku ulogu (vođenje-upravljanje zaokretom u levu i desnu stranu) a pri tom, ne deluju istovremeno već naizmenično, jedna pa druga noga. U zaokretu u levu stranu, desna noga je sa spoljašnje strane („vodilja“), a u zaokretu na desno je to leva noga. Za to vreme, dok vodilja upravlja zaokretom, druga noga sa unutrašnje strane, prati pokrete sinhronizovano ali sa nižim nivoom aktivnosti (Ilić, Ropret, 2010).

Uspešnost u skijanju zavisi od preciznosti izvođenja pokreta nogu, odnosno stepena ispoljavanja sile, snage, brzine, izdržljivosti, koordinacije, brzine i ravnoteže. Za skijanje je važno da zaokreti budu podjednako uspešno izvedeni u obe strane, odnosno, da se maksimalno smanji razlika između kvaliteta zaokreta u levu i desnu stranu a koji mogu biti posledica funkcionalne asimetrije.

U radu Vaverke i Vodickove (2010, 2012), na osnovu trajanja i intenziteta sila reakcija podloge, utvrđene su izvesne razlike u funkcionisanju dominantne (D) i nedominantne (ND) noge. Razlike su uočene u rasporedu opterećenja na spoljašnjoj (vodilja) i unutrašnjoj (pratećoj) skiji, u ukupnom trajanju zaokreta i trajanju uvodne (INI) i faze vođenja (STI) skije.

Kada se zaokret vrši na ND nozi (vodilja) najveći deo opterećenja je na toj skiji a unutrašnja noga gotovo da nema kontakt sa tлом. Trajanje zaokreta je kraće, pripremna faza (INI) je duža a faza vođenja zaokreta (STI) kraća u odnosu na zaokret na kada je D noga vodilja

Kada je D noga vodilja opterećenje je ravnomernije raspoređeno i na ND nogu, trajanje zaokreta je duže, INI faza je kraća a STI faza duža u odnosu na zaokret kada je ND noga vodilja.

Na osnovu istraživanja autori iznose zaključak, da uprkos potrebi da zadaci tokom zaokretanja budu simetrični, rezultati ukazuju na razlike u funkcionisanju leve i desne noge

O ulozi lateralne asimetrije nogu kod skijaša, bavio se i Patterson i sar (2009) poredeći bilateralni deficit u snazi nogu, između skijaša i skijašica. Merenjem sile reakcije podloge, za svaku nogu posebno, tokom pojedinačnih skokova sa različitim opterećenjem (0, 25, 50, 75 i 100% telesne mase) autor nije utvrdio postojanje značajne razlike (deficit) između D i ND u ispoljavanju snage. Uprkos činjenici da razlike nisu statistički značajne evidentno je da razlike postoje (kreću se u vrednostima oko 4,5%), i da se sa povećanjem opterećenja smanjuju. Za dalja istraživanja je značajno konstatovati da je testiranje obuhvatilo istovremene pokrete obe noge mada u skijanju noge rade naizmenično!

Podaci koji su značajni za protokole testova za upoređivanje D i ND noge se odnose na amplitude i brzine pokreta u skijanju. Prosečna ugaona brzina u zglobu kolena iznosi oko 30°/sek, maksimalna u slalomu do 69°/sek (Berg i sar, 1999). Prirast snage u prvih 200ms se pokazao kao realan pokazatelj, približnji uslovima skijanja umesto standardnih 100ms (Patterson, 2009).

Na osnovu prethodnih istraživanja evidentno je da postoji asimetrija nogu skijaša u kinematičkim i dinamičkim parametrima ali i da nije u potpunosti ispitana struktura i nivo tih razlika.

Predmet rada je utvrđivanje nivoa asimetrije u funkcionisanju D i ND noge kod skijaša. Cilj je da se utvrdi struktura razlika i da li specifičnosti skijaškog treninga utiču na nivo asimetrije.

METOD

Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika su sačinjavali instruktori skijanja (n=5) sa dugogodišnjim iskustvom (starosti 32±5 god, TV 180±7cm, TM 83,8±5 kg, BMI=24,9).

Zadaci i oprema

Maksimalne vrednosti sile opružača i pregibača u zglobu kolena D i ND noge (FmaxD, FmaxND) u izometrijskim uslovima, pri uglovima od 90 i 110° u zglobu kolena kao i maksimalna brzina razvoja sile (RFD) su izmerene na izokinetičkom dinamometru Kin-Com (Chatex Corp., Chattanooga, TN).

Sile u uslovima izokinetičke kontrakcije opružača i pregibača u zglobu kolena pri koncentričnim i ekscentričnim kontrakcijama (Fmax) su izmerene pri zadatoj ugaonoj brzini od 60°/s na istom aparatu u amplitudi od 60° (90-150°).

Snaga opružača nogu je izmerena na odvojenim tenziometrijskim platformama (AMTI, model OR6-6-200, Watertown, MA). Praćeni su podaci za svaku nogu posebno u skokovima iz polučučnja bez zamaha rukama (SJ), sa počučnjem bez zamaha rukama (CMJ), sa zamahom ruku (CMJA), kao i skok na jednoj nozi bez zamaha rukama (CMJD, CMJND). Mereni su parametri: maksimalne (Fpeak/ecc), prosečne (Fmean/ecc) vrednosti sile pri ekscentričnoj, maksimalne (Fpeak/com), prosečne (Fmean/con) vrednosti sile pri koncentričnoj kontrakciji, maksimalne (Vpeak/con), prosečne (Vmean/con) brzine pokreta, maksimalne (Ppeak/ecc), prosečne (Pmean/ecc), snage pri ekscentričnoj kontrakciji, maksimalne (Ppeak/con), prosečne (Pmean/con) snage pri koncentričnoj kontrakciji, trajanje ekscentrične (Tecc) i koncentrične (Tcon) kontrakcije, maksimalne visine skoka (Hpeak),

brzina prirsta sile (RDF), vreme početka pokreta (Start), vreme dostizanja minimalne (Hmin) i maksimalne (Takeoff) visine težišta (Hmax), vreme doskoka (Touchdown).

Protokol merenja

Dominantnost je određena na osnovu izjave ispitanika, manipulativnih testova u kojima je zadatak bio da se lopta, jednom nogom, rola po liniji, napiše reč stopalom i iskorači nakon gubljenja ravnoteže (ispitanik u sunožnom stavu, gurnut sa leđa). Dva od tri testa je ukazivalo na funkcionalnu dominantnost noge.

Morfološke karakteristike ispitanika su merene pre testiranja (telesna masa-TM, telesna visina-TV, indeks telesne mase-BMI).

Tokom merenja sile na izokinetičkom dinamometru ispitanici su, u sedećem položaju, bili fiksirani kaiševima (ramena, kukovi, natkolenica) tako da je bilo moguće izolovati pokrete opružanja i pregibanja samo u zglobu kolena. Osa rotacije poluge dinamometra je postavljena u nivou ose rotacije u zglobu kolena a potkolenica fiksirana za polugu dinamometra 2 cm iznad skočnog zgloba. Ugao u zglobu kolena je bio podešen na 90° odnosno 110°. Dinamometar bio je povezan sa računarnom, tako da je grafički prikaz bio vidljiv sve vreme i za ispitanike i za eksperimentatore. Snimana su tri pokušaja za svaki test, prvi probni a od druga dva za dalju analizu je korišćen onaj čiji je proizvod sile i RFDmax bio veći. Tokom izvođenja pokušaja vršeno je bodrenje i motivisanje ispitanika.

Prilikom merenja na tenziometrijskim platformama od ispitanika je zahtevano da stanu sa po jednom nogom na svaku platformu sa rukama fiksiranim na boku (SJ, CMJ), odnosno sa slobodnim zamahom rukama pri odrazu (CMJA). U skokovima CMJD i CMJND ispitanici su stajali na jednoj nozi sa rukama fiksiranim na boku. Zadatak je bio da se odraze i skoče u vis iz statičnog položaja pri uglu od 90° u zglobu kolena (SJ) odnosno da se iz opruženog položaja, spuštajući se, proizvoljno, do polučučnja, što brže odraze u vis (CMJA, CMJD, CMJND). Za analizu podataka izabran je najbolji od 3 pokušaja. Ispitanici su imali sportsku obuću.

Merenja su vršena tokom dva dana. Prvi dan su merene antropometrijske karakteristike a potom maksimalna sila opružaća i pregibača kolena u izometrijskim i izokinetičkim uslovima na izokinetičkom dinamometru. Drugi dan su mereni parametri sile u skokovima na tenziometrijskim platformama. Pre merenja su ispitanici obavili zagrevanje niskog intenziteta na bicikl ergometru od 10 min, dinamičko istezanje, 10 bilateralnih čučnjeva i odmor pre merenja u trajanju od 5 min.

Prikupljanje i obrada podataka

Za potrebe ovog istraživanja u cilju prikupljanja i obrade dobijenih podataka korišten je softver urađen u *LabView* programu. Kriva sila-vreme za sve grupe mišića beležena je frekvencijom 500 Hz sa niskopropusnim filterom 10 Hz (*Butterworth* filter). Merena je maksimalna sila za standardne testove sile. Na osnovu toga su računati izvodi iz podataka krive sila-vreme. Dobijene vrednosti su zatim usrednjavane unutar pokretnog prozora od 20 ms. Maksimalne vrednosti prvog izvoda (dF/dt) zabeležene sile su predstavljali maksimalnu brzinu razvoja sile (RFDmax). Pre merenja je izvršena kalibracija instrumenata prema proizvođačkoj specifikaciji.

Statistička obrada

Za sve varijable urađena je deskriptivna statistika (srednja vrednost, standardna devijacija, opseg vrednosti). Vrednosti svih zavisnih varijabli su normalizovane u odnosu na telesnu masu ($m^{2/3}$). T-testom za nezavisne uzorke ispitanika je međusobna povezanost varijabli.

REZULTATI I DISKUSIJA

Utvrđivanje funkcionalne dominantnosti noge je izvršeno putem usmene izjave ispitanika, manipulativnih testova rolanja lopte po liniji, pisanje reči stopalom i iskoraka nakon gubljenja ravnoteže (Maupas i sar, 2002; Hebbal, 2006). Kod dvojice ispitanika, kao dominantna (D) noga je utvrđena leva, kod dvojice desna a jedan ispitanik je, u zavisnosti od testa, koristio obe noge. U ovom istraživanju izbor testova je vršen na osnovu krajnjeg cilja da se utvrdi razlika u manipulativnim sposobnostima D i ND noge. U tom smislu je ovom kandidatu je kao D noga određena noga kojom je rolao loptu po liniji, pravio iskorak nakon gubljenja ravnoteže i na osnovu usmene izjave na kojoj nozi preciznije vodi zaokret, uprkos tome što je ND nogom šutirao loptu u cilj.

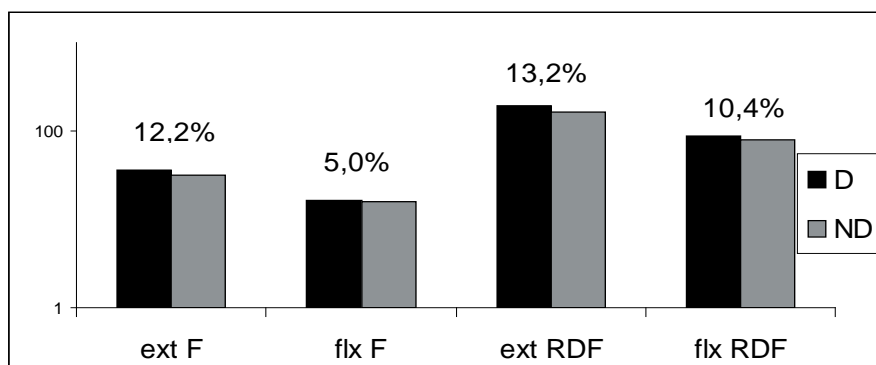
Tabela 1. Karakteristike ispitanika

	God	Tm (kg)	Tv(cm)	BMI
sr. vred ± SD	32±5	83,8±6	1,8±7	24,9±1,4

Merenje maksimalne sile opružaća i pregibača D i ND noge u uslovima izometrijske kontrakcije u uglovima 90° i 110° u zglobu kolena utvrđeno je da su ispoljene veće sile u uglu od 110° u odnosu na ugao od 90° (Tabela 1.). Takođe, utvrđene su evidentne razlike u sili D i ND noge. D noga je uvek pokazivala veći nivo sile u odnosu na ND. Razlika između segmenata se kretala u opsegu 5,0-13,2% ali rezultati *t*-testa nisu potvrdili statističku značajnost razlika (Grafikon 1.). Prema Grace i sar. (1984) asimetrija postoji ukoliko je razlika veća od 10% u određenim sposobnostima što je u ovom slučaju zabeleženo u rezultatima Fmax (12.2%) i RFD (13.2%) opružaća u zglobu kolena (Grafikon 1.).

Tabela 2. Vrednosti Fmax i RFD opružaća (ext) i pregibača (flx) D i ND noge pri uglu od 90° i 110° i izokinetičkim kontrakcijama pri brzini od 60°/sek

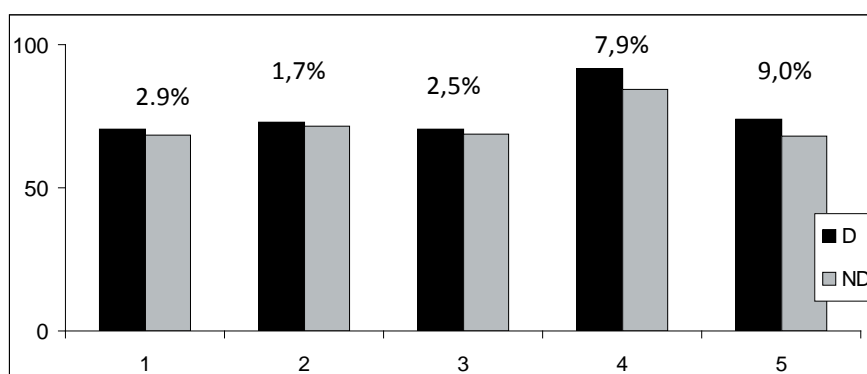
	D				ND			
	ext		flx		ext		flx	
	F max	RFD	F max	RFD	F max	RFD	F max	RFD
90°	34,5	189,0	15,8	90,6	28,1	170,7	13,9	78,7
110°	42,1	225,2	18,0	94,7	38,4	195,7	17,8	85,1
Izokin 60°/s	32,9	158,6	16,0	79,0	29,6	130,8	15,7	73,2
Mean	36,5	190,9	16,6	88,1	32,0	165,7	15,8	79,0
SD	7,1	43,4	1,6	16,8	7,9	50,0	2,8	18,0



Grafikon 1. Prosečne vrednosti Fmax i RFDmax opružača (ext) i pregibača (flx) D i ND noge u izometrijskim uslovima pri uglovima od 90° i 110° i izokinetičkim uslovima pri ugaonoj brzini 60°/s

Merenje parametara sile, brzine, RFD i visine skoka iz polučučnja bez zamaha rukama (SJ), sa počučnjem bez zamaha rukama (CMJ), sa zamahom ruku (CMJA), kao i skok na jednoj nozi bez zamaha rukama (CMJD, CMJND) nisu pokazali statistički značajne razlike između D i ND noge.

Uprkos činjenici da nema statistički značajnih razlika uočljivo je da postoji konzistentna razlika u korist D noge u vrednostima sile između D i ND noge. Razlike su kreću u opsegu 1.7-9,0% (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Vrednosti maksimalne sile pri skokovima iz polučučnja (CMJ) na dominantnoj (D) i nedominantnoj (ND) nozi za svakog ispitanika

ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja su pokazala da postoje razlike u sili i snazi D i ND noge kod skijaša. Razlike u izometrijskim uslovima pokazuju različite vrednosti, od 5 do 13% a u skokovima od 1.7 do 9.0% što bi se u slučajevima razlike veće od 10%, prema Grace i sar. (1984) moglo smatrati asimetrijom među segmentima. U postupku statističke analize *t*-testom za male uzorke povezanost ovih rezultata nije bila na nivou statističke značajnosti.

Postojanje i konzistentnost razlika u karakteristikama D i ND noge ukazuje na potrebu daljih istraživanja o strukturi tih razlika. Pretpostavka je da u strukturi upravljačkog mehanizma postoje razlike i da su one prvenstveno neurološke pre nego mehaničke prirode (Simon i sar, 2008).

Nepostojanje statistički značajnih razlika može se tumačiti specifičnošću skijanja odnosno da je trening skijaša, kako na snegu tako i kondicioni treninzi, su zasnovani na pokretima gde obe noge izvršavaju iste zadatke. Takav način rada može uticati na ispoljavanje ambideksternih karakteristika, odnosno, podjednake sposobnosti oba segmenta.

Za utvrđivanje uticaja skijanja na motoričke karakteristike nogu potrebno je uporediti uticaje drugih vrsta aktivnosti, odnosno drugih sportova.

Za preciznije podatke potrebno je ispitati veći broj ispitanika sa većom sportskom usmerenošću (elitni takmičari) u odnosu na instruktore skijanja.

Imajući u vidu specifičnost skijanja, za procenu funkcionalne lateralnosti potrebno je primeniti testove koji uključuju i procenu sposobnosti ravnoteže a ne samo manipulativnih sposobnosti svake noge.

Dalja istraživanja bi mogla ukazati na uticaj asimetrije nogu na uspešnosti skijanja.

LITERATURA

1. Ashton GC. (1982). Handedness: an alternative hypothesis. *Behavioral Genetics*, 12(2), 125-147
2. Berg, HE. Eiken, O. (1999). Muscle control in elite alpine skiing. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31(7):1065-1067
3. Grace, TG. (1985). Muscle imbalance and extremity injury: A perplexing relationship. *Sport Med* 2:77-82
4. Hebbal GV. & Mysorekar VR. (2006). Evaluation on some tasks used for specifying handedness and footedness. *Perceptual and Motor skills*, 102(1), 163-164
5. Ilić, Ropret, Ilić. (2010). Virtuelno alpsko skijanje. FSFV. Beograd
6. Krawczyk, B, Sklad, M, Majle, B, and Jackiewicz, A. (1998). Lateral asymmetry in upper and lower limb measurements in selected groups of male athletes. *Biol Sport* 15: 33–38
7. Maupaus E, Paysant J, Datie AM, Martinet N, Andre JM. (2002). Functional asymmetries of lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. *Gait posture*; 16: 304-312
8. Paters M. (1988). Footedness: asymmetries in foot preference and skill and neuro-psychological assessment of foot movement. *Psychol Bull*, 103(2), 179-192
9. Patterson C, Raschner C, Platzer HP. (2009). Power variables and bilateral force differences during unloaded and loaded squat jumps in high performance alpine ski races. *J Strength Cond Res*; 23(3):779-87
10. Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(2), 160-166
11. Vaverka F., Vodickova S. (2010). Laterality of the lower limbs and carving turns. *Biol Sport* 27, 129-134
12. Vaverka F, Vodickova S, Elfmark M. (2012). Kinetic analysis of ski turns based on measured ground reaction forces. *J Appl Biomech*. 28(1):41-7.