

KARAKTERISTIKE POKRETA NOGU KOD TAKMIČARA U ALPSKOM SKIJANJU

Robert Ropret¹, Ivan Rakić

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

UVOD

Promene u pripremi skijaških staza, uvođenje skija sa naglašenim bočnim lukovima manjeg radijusa kao i savremena tehnologija izrade opreme uticali su na povećanje brzine kretanja i oštrije promene pravca manjih radijusa. Posledica navedenih promena su značajno veće inercione sile a time i veća opterećenja za koštano-mišićni sistem skijaša. Povećanje opterećenja uslovalo je potrebu za primenom adekvatnih metoda treninga i testiranja jačine i snage nogu skijaša. Savremena istraživanja ukazala su na neke značajne karakteristike aktuelnog takmičarskog skijanja. Uprkos široko prihvaćenom mišljenju da je skijanje dinamičan sport pokazalo se da su pokreti u zglobovima nogu značajno sporiji od maksimalno mogućih pokreta kao i da preovlađuju pokreti u popuštajućem režimu rada mišića i statički položaji. Rezultati analize kinematičkih i dinamičkih parametara u skijanju ukazuju na potrebu promene u izboru testova za procenu jačine i snage kao i u izboru trenažnih metoda i sredstava za njihov razvoj. Cilj rada je utvrđivanje kinematičkih karakteristika pokreta nogu takmičara radi izbora adekvatnih metoda treninga i testiranja jačine i snage nogu.

METODE

Rad je empirijskog karaktera, zasnovan na rezultatima istraživanja obuhvaćenih pregledom baza radova *PubMed*, *Medline* i *Google* pretraživača. Radovi su izabrani kombinovanjem ključnih reči: alpsko skijanje, jačina, snaga. Pregledom su odabrani radovi u skladu sa temom, objavljeni u periodu od 1995. do jula 2016. godine.

REZULTATI I DISKUSIJA

Karakteristike savremenog takmičarskog alpskog skijanja

Alpsko skijanje pripada kategoriji sportova velikog inteziteta u trajanju od 60 do 120 s. Takmičenja se održavaju u 2 tehničke discipline: Slalom (*SL*), Veleslalom (*GS*) i dve brzinske: Superveleslalom (*SGS*), Spust (*DH*). Na opterećenje skijaša utiču inercione sile koje su posledica brzine kretanja niz padinu, radijusi zaokreta i masa skijaša ($F_c = m \times v^2/r$). Prosečne brzine zavise od pravila takmičarske discipline i kreću se od 20 (*SL*), 60-90 (*GS* i *SGS*), do 100-130 km/h (*DH*). Veće brzine su omogućene posebnom pripremom snežne podloge (gustina običnog snega je oko 100 kg/m³, preparirane takmičarske staze pet puta veća, oko 600 kg/m³ a čistog leda 850 kg/m³). Radijusi zaokreta zavise od bočnih lukova skija: od r=10 m (*SL*), 30 m (*GS*), 40 m (*SGS*) do 50 m (*DH*) a povećanjem nagiba skijaša radijusi zaokreta se višestruko smanjuju. Savremeni materijali omogućavaju bolje torzione karakteristike skija, bolje prijanjanje na podlogu a time veću brzinu klizanja skija, manje otklizavanje i usporavanje. Navedene brzina kretanja i radijusa zaokreta tokom trke uslovljavaju velike inercione sile a time i velika opterećenja nogu koja izose do 4,5 G (Vogt i Hoppeler, 2014).

Kinematičke karakteristike pokreta skijaša

Alpsko skijanje se često opisuje kao dinamičan sport, zbog brzih promena pravca (lateralnih kretanja) pri velikim brzinama kretanja, dajući vizuelni utisak veoma eksplozivnih pokreta. Međutim, istraživanja su pokazala da su brzine pokreta u zglobu kuka i kolena prilično male čak i u najdinamičnijoj disciplini – slalomu kao i da dominiraju pretežno izometrijske i ekscentrične kontrakcije. Berg i Eiken (1999) su ustanovili da je najveća ugaona brzina opružanja i pregibanja u zglobu kolena

u slalomu, oko 69°/s, dok su u ostalim disciplinama pokreti još sporiji (Tabela 3.). Uglovi u zglobu kolena pri najvećim opterećenjima su preko 90° a amplitude pokreta 20° do 50° (Berg i sar, 1995; Berg i Eiken, 1999; Spitzenpfeil i sar, 2009) što upućuje na činjenicu da izbor metoda treninga i testiranja moraju odgovarati navedenim karakteristikama skijanja jer protokoli standardnih testovi ne odgovaraju realnim situacijama u skijanju (Tabela 1.).

Tabela 1. Vrednosti uglova i uglovnih brzina u zglobu kolena i trajanja zaokreta u različitim disciplinama (Berg i Eiken 1999)

	Uglovi kolena pri najvećem i najmanjem opterećenju (°)	Ugaona brzina (°/s)	Ciklus pokreta L-D (s)
SL	98-111	69±11	1,6±0,2
GS	86-114	34±2	3,5±0,6
SG	83-96	~17	~4,1

Ono što skijanje čini različitim od većine drugih sportova je što u većem delu zaokreta, naročito u drugoj fazi zaokreta (2/3 trajanja zaokreta), zbog kretanja niz padinu i suprotstavljanja inercionim silama, dominiraju ekscentrične kontrakcije. Kontinuirano kretanje tela niz padinu povećanom brzinom (30-100 km/h) generiše kinetičku energiju a time i veliko opterećenje za opružace u zglobu kolena tokom zaokreta. Opterećenja koja skijaši savladavaju tokom zaokreta iznose 2-4,5 G (Hoppler, 2014), odnosno 283±52% MVC (*m biceps femoris*), 268±55% MVC (*m erector spinae*), 245±51% MVC (*m adductor*) (Klous, 2007) pri čemu je spoljašnja noga dominantna i pokazuje 54% veći intenzitet aktivnost od unutrašnje (Kroll, 2010). Uloge i veličine opterećenja spoljašnje i unutrašnje noge tokom zaokreta se razlikuju (Ropret, 2013). Veće opterećenje trpi spoljašnja dominantna noga/skija dok unutrašnja noga pokazuje značajno niže vrednosti u približnom odnosu 70%:30% (Spitzenpfeil i sar, 2009). Dokaz da u skijanju dominiraju ekscentrične i izometrijske kontrakcije su analize trajanja faze ekscentrične kontrakcije u slalomu koja iznosi 84,5% a u veleslalomu 88,2% od ukupnog trajanja zaokreta, što govori o velikom obimu ekscentričnog režima rada mišića u cilju suprotstavljanja inercionim silama i održavanja položaja (Berg i sar, 1995; Hintermeister, 1995). Istraživači smatraju da ne postoji sport koji zahteva toliku količinu snage, a tako spore pokrete segmenata (20-40°·s⁻¹), ako se kao poređenje uzme primer sprinterskog trčanja gde ugaona brzina u zglobu kolena iznosi oko 700-900°·s⁻¹.

Karakteristike ispoljavanja jačine i snage nogu u skijanju

Istraživanja uloge snage nogu u skijanju i uspešnosti rezultata u odnosu na nivo takmičenja i takmičarske discipline su pokazala da snaga nije uvek u direktnoj proporciji sa uspešnošću u takmičenju. Istraživanja su pokazala da spustaši (DH) ispoljavaju mnogo veći intenzitet snage nego skijaši u drugim disciplinama. Međutim, istraživanja nisu pokazala razliku u snazi između disciplina kod kojih preovladava brzina, tehnika ili kombinacija ovih sposobnosti. U pogledu uloge određenog tipa vlakana, istraživanje Vogta i Hoppelera (2014) ukazuju na malu ali značajnu dominaciju sporih (tip I) u odnosu na brza vlakna (tip II) u uzorku elitnih skijaša kao i da postoji korelacija između uspešnosti u takmičarskim rezultatima (FIS bodovi) i tipa vlakana sporog trzaja (tip I). Pretpostavka je da brzina i intenzitet celokupnog ciklusa ekscentrične (EKS) i koncentrične (KON) kontrakcije zavisi od tipa mišićnih vlakana i njihove dužine. Za razliku od elitnih skijaša, manje kvalitetni skijaši pokazuju nešto veći nivo korišćenja brzih vlakana (tip II) uz značajnije održavanje statičke pozicije (Thostersona i sar, 1977; Karlsson i sar, 1978; Nygaard i sar, 1978; Tesch i sar, 1978 i 1995). Alpski skijaši ostvaruju veću snagu pri sporim koncentričnim pokretima (Tech, 1995). U odnosu na druge sportove skijaši ostvaruju veći intenzitet snage u izokinetičkim testovima kada ugaona brzina pokreta u zglobu kolena ne prelazi 30°/s (Berg i Eiken, 1999). U poređenju sa sprinterima i skakačima, kada se meri intenzitet snage pri pokretima sa većim ugaonim brzinama (180°/s što odgovara brzini pokreta u trčanju), nivo ispoljene snage kod skijaša je sličan kao i kod ostalih sportista. Međutim tokom koncentrične kontrakcije pri velikim ugaonim brzinama, skijaši pokazuju nešto manji intenzitet snage ekstenzora u zglobu kolena. Pretpostavka da tokom skijanja ekstenzori u zglobu kolena imaju značajnu ulogu i u sporim koncentričnim kontrakcijama, potvrđena je rezultatima istraživanja Hoshino i sar, (2009) u kojem je utvrđeno da elitni skijaši ispoljavali veći intenzitet snage tokom ekscentrične kontrakcije ali ne i pri koncentričnim kontrakcijama u zglobu kolena u poređenju sa skijašima nacionalnog nivoa. Slično istraživanje vrhunskih skijašica pokazalo je veću snagu ekstenzora u zglobu kolena u ekscentričnoj nego pri koncentričnoj kontrakciji (Tech, 1995). Praćenjem EMG signala u testovima skokova sa razli-

čitim opterećenjem kod skijaša elitnog nivoa (Pattersona i sar, 2009) uočeno je da se maksimalni nivo ispoljene sile dostiže nešto kasnije, odnosno, da je prirast sile nešto sporiji. Imajući u vidu prethodna istraživanja o brzini pokreta i ispoljenoj snazi, procenu prirasta sile treba meriti u prvih 200 ms jer uobičajeni protokoli od 100 ms nisu adekvatni za skijanje (Patterson, 2009)

ZAKLJUČAK

Osnovna karakteristika takmičarskog skijanja je kretanje niz padinu maksimalnom brzinom uz kontrolu inercionih sila tokom promena pravca u zadatom prostoru. Opterećenja se manifestuju uglavnom na mišiće opružače nogu koji većinu svoje aktivnosti sprovode u režimu ekscentričnih kontrakcija tokom 2/3 trajanja zaokreta. Intenzitet opterećenja prevazilazi i trostruke vrednosti telesne mase skijaša. Mišići nogu moraju da ostvare silu koje će biti proporcionalana masi i brzini skijaša, a obrnuto proporcionalana radijusu zaokreta. Dinamične aktivnosti koje zahteva skijanje, iziskuju ispoljavanje jačine i snage koja mora biti dovoljna da bi se telo suprotstavilo silama trenja, gravitacije, centrifugalne sile i sile reakcije podloge. Takođe, pokreti izvedeni umernom brzinom uslovljavaju trajanje dostizanja maksimalne sile u nešto dužem periodu. Različita uloga i opterećenje unutrašnje i spoljašnje noge/skije tokom zaokreta upućuju na neophodnost razvoja sposobnosti nezavisnog rada nogu. Navedeni podaci istraživanja upućuju na potrebu primene vežbi u ekscentričnom režimu mišićnih kontrakcija u sporijim pokretima odnosno sa nadopterećenjem umesto uobičajenih pliometrijskih vežbi koje imaju za cilj razvoj brzine u povratnom režimu rada mišića. Takođe, testiranja jačine i snage moraju da budu prilagođena specifičnostima pokreta u skijanju. Testiranja treba sprovoditi u uglovima 90-110° u zglobu kolena, umesto standardnih 90°, pri manjim ugaonim brzinama (30-60°/s), u ekscentričnom režimu a brzinu prirasta sile meriti u prvih 200 ms umesto standardnih 100 ms. Buduća istraživanja moraju pratiti promene u tehnici skijanja jer promene u pravilima takmičenja i tehničkim karakteristikama opreme uslovljavaju promene u brzini kretanja, radijusu zaokreta, frekvenciji pokreta a time i u tehnologiji treninga i testiranja jačine i snage.

LITERATURA

- Berg, E.H., Eiken, O. (1999). Muscle control in elite alpine skiing. *Med. Sci. Sports Exerc*, 31(7), 1065-1067.
- Berg, E.H., Eiken, O., Tesch, A.P. (1995). Involvement of eccentric muscle actions in giant slalom racing. *Med. Sci. Sports Exerc*, 27(3), 1666-1670.
- Hintermeister, AR., O Connor, DD., Dillman, CJ., Suplizio, CL., Lange, GW., & Steadman, JR. (1995). Muscle activity in slalom and giant slalom skiing. *Med. Sci. Sports Exerc*, 27(3), 315-322
- Hoshino, H., Tsunoda K., & Sasaki T. (2009): Eccentric and concentric torque of knee extension and flexion in alpine ski racers. In: *Proceedings of the 4th International congress on Science and Skiing IV*. Muller S., Lindinger S., Stoggl T, (Eds). Maidenhead: Mayer & Mayer Sport (UK). Ltd, pp-242-251
- Karlsson, J., Eriksson, A., Forsberg, A., Kallberg, L., & Tech, P. (1978). *The physiology of alpine skiing*. Park City, UT: USA Coaching associations
- Klous, M., Muller, E., & Schwameder, H. (2007). *Lower extremity joint loading in carved ski and snowboard turns*. In: Menzel, H-J, Chagas, MH (eds.). *Proceedings of the 25th International Symposium of Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 91 – 94.
- Kroll, J., Wakeling, JM., Seifert, JG., & Muller, E. (2010). Quadriceps muscle function during recreational alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc* 42(8):1545-56
- Nygaard, E., Andersen, P., Nilsson, P., Eroksson, E., Kjessen, T., & Saltin, B. (1978). Glycogen depletion pattern and lactate accumulation in leg muscles during recreational downhill skiing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 38:261-269
- Ropret, R. (2013) Asimetrija nogu kod skijaša. U A. Nedeljković (ur), *Zbornik radova sa Međunarodne naučne konferencije Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih* (str. 690-695). Beograd, FSFV
- Spitzenpfeil, P., Huber, A., & Waibel, KH. (2009) *Mechanical load and muscular expenditure in alpine ski racing and implication for safety and material considerations*. In: *Science and skiing IV*. Maidenhead: Mayer & Mayer Sport (UK) Ltd. 479-486
- Tesch, P. (1995). Aspects on muscle properties and use in competitive Alpine skiing. *Med Sci Sport Exerc* 27(3):310-314
- Tesch, P., Larsson, P., Ericsson, A., & Karlsson, J. (1978). Muscle glycogen depletion and lactate concentration during downhill skiing. *Med Sci Sport Exerc* 10:85-90
- Thorstensson, A., Larsson, L., Tesch, P., & Karlsson J. (1977). Muscle strength and fiber composition in athlete and sedentary man. *Med Sci Sport Exerc* 9: 26-30
- Vogt M, & Hoppeler H. (2012). Competitive alpine skiing: combining strength and endurance training. Molecular bases and applications. In: *Science and Skiing V*, edited by Mueller E, Lindinger S, Stoeggl T. Meyer and Meyer.