



Bojan Jošt

## Struktura povezanosti spremenljivk izometrične in dinamične odrivne moči smučarjev skakalcev

### Izvleček

Namen raziskovalne študije je bil ugotoviti strukturo povezanosti med izbranimi spremenljivkami izometrične in dinamične odrivne moči smučarjev skakalcev. Obe obliki moči vplivata na uspešnosti realizacije odrivne moči smučarjev skakalcev. V raziskavi je sodelovalo 46 slovenskih smučarjev skakalcev, starih od 16 do 19 let. Merjenci so najprej izvedli vertikalni odskok na standardni tenziometrični plošči, pri čemer so bile izmerjene spremenljivke dinamične odrivne moči (hitrost odriva, pospešek odriva, pospešek odriva v prvi polovici časa odriva, pospešek odriva v drugi polovici časa odriva). Izometrična odrivna moč je bil testirana na posebni merilni aparaturi za ugotavljanje potisne sile v počepu. Ugotovljeno je bilo stanje v prvi fazi mišičnega naprežanja v času 0,2 sek. in maksimalna izometrična sila. Korelacije spremenljivk dinamične odrivne moči so bile visoke in statistično značilne. Podobno stanje je bilo ugotovljeno tudi pri manifestni korelacijski povezanosti spremenljivk izometrične moči. S pomočjo komponente faktorjske analize so bili izločeni trije značilni faktorji (lastna vrednost je bila večja od 1). Na prvem faktorju dinamične odrivne moči so dominirale projekcije odrivnih pospeškov. Na drugem faktorju maksimalne izometrične odrivne moči sta prevladovali spremenljivki maksimalne potisne sile. Tretji faktor so določale projekcije izometrične potisne moči v začetni fazi odriva. Med drugim in tretjim faktorjem je bila ugotovljena značilna medsebojna povezanost ( $r = .33$ ,  $p = 0,05$ ). Na podlagi rezultatov raziskave je moč potrditi hipotezo, da sta dinamična in izometrična komponenta odrivne moči v veliki meri med seboj neodvisni.

*Ključne besede:* smučarski skoki, testiranje, odrivna moč.



### Structure of correlations among the variables of ski jumpers' isometric and dynamic push-off power

#### Abstract

The purpose of the research study was to establish the structure of correlations among the selected variables of ski jumpers' isometric and dynamic push-off power. Both types affect the realisation of ski jumpers' push-off power. The sample consisted of 46 Slovenian ski jumpers, aged between 16 and 19. The study subjects first carried out a vertical take-off on a standard force plate, during which variables of dynamic push-off power were measured (i.e. push-off velocity, push-off acceleration, push-off acceleration in the first half of the push-off time, push-off acceleration in the second half of the push-off time). The isometric push-off power was tested with a special measuring device which is used to determine thrust force in a squatting position. A situation in the first phase of muscle tension at 0.2 sec was established, along with maximum isometric force. Correlations among push-off power variables were high and statistically significant. A similar situation was also established in manifest correlations among isometric power variables. Using a factor analysis component, three significant factors were ruled out (eigenvalue was higher than 1). Projections of push-off acceleration were predominant in the first factor of dynamic push-off power. In the second factor of maximum isometric push-off power, two variables of maximum thrust force prevailed. The third factor was determined by projections of isometric thrust power in the initial push-off phase. A statistically significant correlation ( $r = .33$ ,  $p = 0.05$ ) was established between the second and third factors. Based on the study results it is possible to confirm the hypothesis that the dynamic and isometric components of the push-off power are mainly independent.

*Keywords:* ski jumping, testing, push-off power

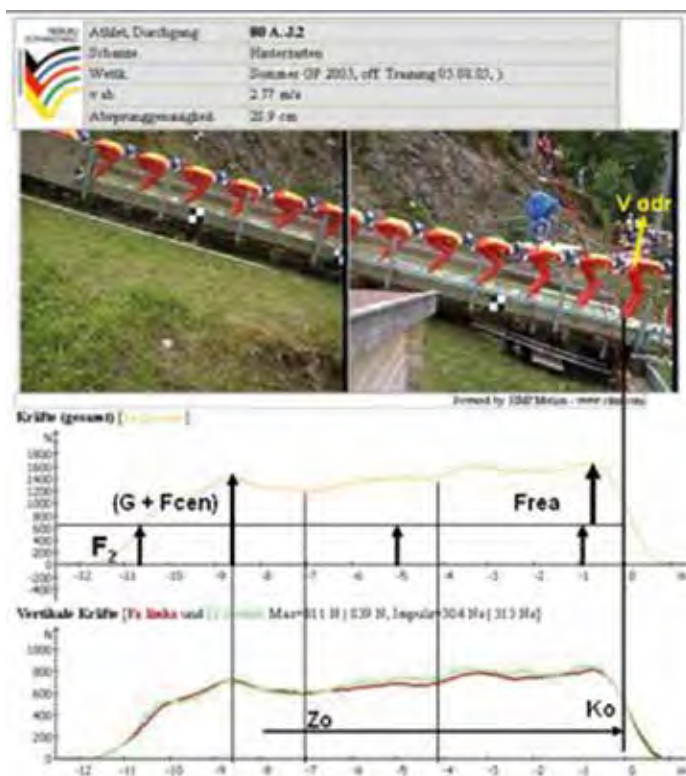
## Uvod

Moč je sposobnost smučarja skakalca, da posamezne gibalne naloge tehnike smučarskega skoka izvede z optimalno silo. Znotraj tehnike smučarskega skoka je moč pomembna v fazi odskoka (oporna faza odriva) in fazi doskoka (oporna faza doskoka). Pri izvedbi skoka so prisotne različne oblike izražanja moči smučarjev skakalcev. Na splošno se delijo na izometrično in dinamično moč. Izražanje moči je odvisno od učinkovitosti delovanja mehanizmov za informacijsko regulacijo gibanja in predvsem mehanizma za regulacijo intenzivnosti energijskih procesov, ki je v okviru gibalne izvedbe tehnike smučarskega skoka odgovoren za tvorjenje maksimalne mišične sile v relativno kratkem času. Skakalec mora imeti dobro razvito tako dinamično kot tudi izometrično komponento moči.

Izometrična moč je tista oblika moči, ki je za skakalca pomembna v fazi vožnje v prehodnem loku zaletišča, pri odskoku, v osrednjem delu leta in pri vožnji v iztek skakalnice. Dinamična moč odriva smučarjev skakalcev je odločilna za uspešno izvedbo odskoka in faze doskoka. V fazi odskoka omogoča dvig krivulje leta in vzpostavitev optimalnega položaja za let. V fazi doskoka omogoča sposobnost dinamične moči vzpostavitev optimalnega položaja ob stiku s podlago in ublažitev pritiska ter nato uspešno zaključitev skoka pri vožnji v iztek skakalnice.

Eksplzivna moč kot oblika dinamične odrivne moči pomembno določa tekmovalno uspešnost skakalca (Jošt, 2009). Obe manifestni obliki moči smučarjev skakalcev se kažejo z izbranimi spremenljivkami, ki določajo njuni strukturi. Znotraj strukture so pomembne njihove relacije, ki kažejo na njihovo medsebojno povezanost in tudi medsebojni vpliv. Spremenljivke strukture moči se v tej študiji obravnavajo s biomehanskega zornega kota.

Odrivna moč se pri odskoku izraža preko impulza odrivne sile, s katero skakalec deluje na podlago. Potek krivulje odrivne sile na Sliki 1 kaže, da se sila reakcije tal značilno poveča že v prehodnem loku zaletišča skakalnice, ko na telo skakalce deluje še centrifugalna sila. Skakalec je v prehodnem loku, ki traja do začetka ravnega dela odskočišča skakalnice, že aktiviral mišice v izometričnem režimu naprežanja, da si zagotovi stabilen zaletni položaj in primerno izhodišče za odskok. Sam odriv poteka na kratkem delu odskočne mize in v kratkem času. Ce-



Slika 1. Potek sile reakcije podlage med odzivom smučarja skakalca (slika je povzeta iz protokola testnih rezultatov v letu 2005 pri meritvah odrivne sile smučarjev skakalcev na poletnem tekmovanju GP v Hinterzartnu v Nemčiji).

Legenda k Sliki 1: G – sila teže; Fcen – centrifugalna sila; Frea – sila reakcije tal; Zo – začetek odriva; Ko – konec odriva; Vodr – hitrost odriva.

lotno mišično naprežanje tako ne obsega samo dinamično naprežanje med odskokom, ampak tudi fazo vožnje v prehodnem loku, znotraj katere prevladuje izometrično mišično naprežanje. Med vožnjo v počepu v prehodnem loku zaletišča prevladuje ekscentrično mišično naprežanje glavni iztegovalk kolenskega in kolčnega sklepa. Med odzivom pa se vzpostavi koncentrično mišično naprežanje, ki omogoča razvoj ustrezne ravni dinamične komponente odrivne moči. Situacija mišičnega naprežanja kaže podobno sliko, kot se ustvari pri reaktivni moči, ki temelji na ekscentričnem-koncentričnem mišičnem naprežanju.

Pri izvedbi odskoka smučarjev skakalcev v laboratorijskih pogojih se pojavi dinamična sila odriva. Izometrična sila je prisotna za zagotovitev zaletnega položaja, vendar je znatno nižja od tiste, ki se pojavi na skakalnici pri vožnji v prehodnem loku. Hipotetično lahko visok potencial izometrične moči zagotovi ugodno izhodišče za dinamično mišično delovanje med aktivnim odzivom na ravnem delu odskočišča skakalnice. V izometričnem režimu mišičnega delovanja se lahko latentno razvije visok potencial

potisne sile, s katero skakalec deluje na podlago in pri tem sproži dinamično komponento odrivne moči. Ta bo povzročila pospešek težišča telesa, ki se pokaže na koncu odskoka v razvitu določene hitrosti odriva smučarja skakalca. Večji, kot bo odrivni impulz dinamične sile, večja bo končna odrivna hitrost (Vaverka, 1987). Pri treniranju odrivne moči smučarjev skakalcev se mora nameniti precejšnji del pozornosti razvoju izometrične komponente odrivne moči. Ta je nekako z vidika poteka gibanja skakalca med odskokom prikrita gibalna sposobnost smučarja skakalca. Skakalec z visokim potencialom izometrične moči v zaletnem položaju bo hipotetično lažje in bolj uspešno realiziral dinamično komponento odrivne moči, ki se kaže kot hitrostna moč. Osnovni namen pri razvoju izometrične komponente potencialne odrivne moči smučarjev skakalcev je razviti v primernem času odriva čim večji impulz odrivne sile. Ta se po Verhošanskem (1973) kaže preko štartne moči, pospeševalne moči in hitrostne moči. Na podlagi njegovega modela je bila izoblikovana metoda spremljanja izometrične komponente odrivne moči

pri slovenskih smučarjih skakalcih. Štartno moč predstavlja izometrično naprežanje v prvih dveh desetinkah, absolutno moč pa maksimalna izometrična moč. Gibalna testna naloga terja najprej vzpostavitev optimalnega zaletnega položaja, ki ga skakalec sicer uporablja pri izvedbi smučarskega skoka na skakalnici (Slika 3). V tem zaletnem položaju potem skakalec poskuša v času realnega odziva razviti čim večji potencial odzivne moči. V mehanskem smislu sta obe obliki izražanja odzivne moči med seboj funkcionalno povezani preko impulza mišične sile. Vprašanje je: Kako sta obe obliki moči med seboj povezani v stohastičnem smislu na vzorcu smučarjev skakalcev? Hipotetično bi bila lahko prisotna visoka korelacijska povezanost, kar bi pomenilo, da skakalci z večjo dinamično komponento odzivne moči dosegajo tudi večjo izometrično komponento odzivne moči. Morda pa sta obe komponenti v nizki medsebojni korelacijski povezanosti. Obe komponenti sta že predmet večletnega testiranja najboljših slovenskih smučarjev skakalcev. V letu 2009 je bil na vzorcu najboljših slovenskih smučarjev skakalcev ( $n = 65$ ) izveden eksperiment z namenom ugotovitve korelacijske povezanosti izbranih spremenljivk dinamične in izometrične komponente odzivne moči (Obreza, 2010). Ugotovljena je bila statistično značilna korelacijska povezanost izbranih manifestnih spremenljivk dinamične in izometrične komponente odzivne moči (Tabela 4). Po sedmih letih so se eksperimentalne meritve ponovile na vzorcu mlajših smučarjev skakalcev, ki tekmujejo v mladinskih starostnih kategorijah. Pričujoča raziskovalna študija tako zajema mlade smučarje skakalce, ki že lahko dosegajo vrhunske tekmovalne rezultate. Obe obliki moči sta pri mladincih še v fazi intenzivnega razvoja in terjata uporabo specifičnih vadbenih sredstev. Predpostavlja se določena mera medsebojne neodvisnosti obeh oblik moči. Osnovni namen pričujoče raziskovalne študije je bil preveriti hipotezo, da sta dinamična in izometrična komponenta odzivne moči med seboj, na relevantnem vzorcu najboljših slovenskih skakalcev v mladinski starostni kategoriji, faktorsko neodvisni.

## Metode dela

Vzorec merjencev je zajemal 46 slovenskih smučarjev skakalcev – mladincev, starih od 16 do 19 let. Merjenci so bili člani slovenskih reprezentanc v smučarskih skokih in so

	Min	Max	M	SD
Starost (v letih)	16,0	19,0	16,9	1,16
Starost (v letih) 2009			20,7	3,6
Telesno masni indeks –BMI	16,3	23,2	20,0	1,4
Telesno masni indeks –BMI 2009	16,4	22,5	19,8	1,1

bili udeleženci rednega testiranja moči na Fakulteti za šport v letu 2016 (november). V času meritev so bili zdravi, brez telesnih poškodb in drugih omejitev, ki bi lahko vplivale na rezultate testiranja. Primerjalni vzorec smučarjev skakalcev v eksperimentalnem spremljanju v oktobru 2009 je zajemal 65 merjencev, starejših od 16 let. V povprečju so bili ti skakalci starejši 3,8 leta. Z vidika telesno masnega indeksa sta bila oba vzorca skoraj identična z razliko povprečne vrednosti zgolj 0,2.

Test dinamične odzivne moči smučarjev skakalcev v laboratorijskih pogojih je bil izveden na standardni tenziometrični plošči. Skakalec je najprej izvedel fazo počepa in nato odpril v vertikalni smeri s ciljem doseči čim višji odskok (Slika 2).

Pri izvedbi testne naloge so bile oblikovane spremenljivke dinamične odzivne moči (Tabela 1).

Izometrična moč v počepu je bila izmerjena na posebni merilni napravi (Slika 3).

Test je potekal tako, da je skakalec zavzel položaj v skakalnem počepu na tenziometrični plošči, merilec pa mu je glede na višino njegovega hrbta namestil oporo.

Tabela 1  
Spremenljivke dinamične odzivne moči

Ime spremenljivke	Enota	Oznaka
Indeks eksplozivne moči	$m/s^2$	EM
Pospšek v prvi polovici odziva	$m/s^2$	P1/2
Hitrost odziva	$m/s$	HIT
Čas odziva	s	Todr

Tabela 2  
Spremenljivke izometrične odzivne moči

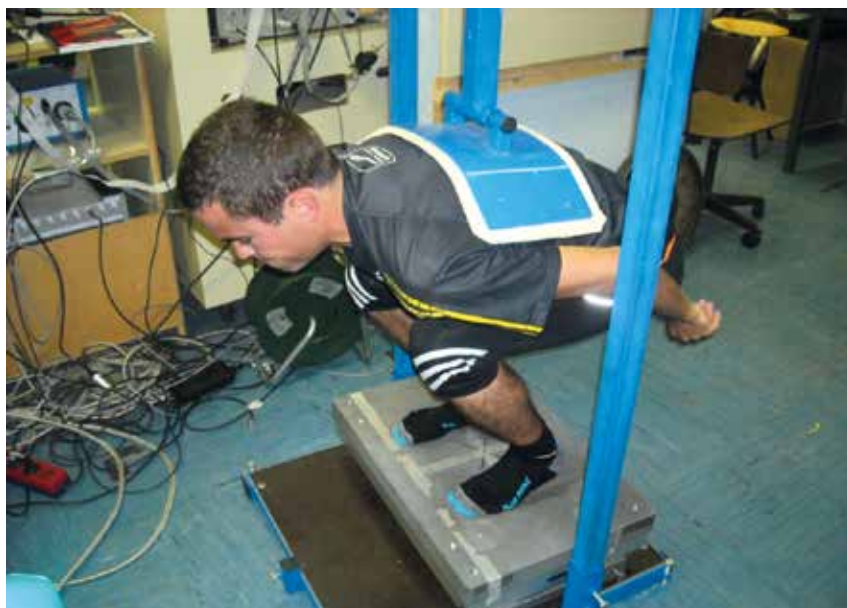
Ime spremenljivke	Enota	Oznaka
Maksimalna izometrična moč odziva	N	IM
Relativna maksimalna izometrična moč odziva	N	IMR
Štartna izometrična moč odziva v času 0,2 sek.	N	IM2
Relativna štartna izometrična moč odziva v času 0,2 sek.	N	IM2R

Po znaku merilca je nato skakalec maksimalno aktiviral mišice nog in poskušal razviti čim večjo silo potiska. Pri testni nalogi so bile oblikovane spremenljivke izometrične odzivne moči smučarjev skakalcev (Tabela 2).



Slika 2. Testiranje dinamične odzivne moči smučarjev skakalcev (slika prikazuje vrhunskega skakalca na rednem testiranju slovenskih smučarjev skakalcev).

Za vse spremenljivke je bila izračunana najprej osnovna statistika (največja vrednost



Slika 3. Položaj skakalca pri izvedbi testne naloge (slika prikazuje vrhunškega skakalca na rednem testiranju slovenskih smučarjev skakalcev).

– MAX, najmanjša vrednost – MIN, srednja vrednost – M in standardna deviacije – SD). Sledil je izračuna manifestne povezanosti spremenljivk s pomočjo Pearsonove korelacijske analize. Na koncu je bila izvedena

še komponentna faktorska analiza (*Principal Component Analysis*) z namenom, da se ugotovi faktorska struktura izbranih spremenljivk. Za interpretacijo strukture faktorjev je bila po izvedeni poševno ko-

tni rotaciji (*Rotation method-Oblimin with Kaiser Normalization*) uporabljena matrika faktorske strukture.

## ■ Rezultati

Rezultati osnovne statistične analize so prikazani v Tabeli 3.

## ■ Razprava

Rezultati korelacij med izbranimi spremenljivkami izometrične moči (Tabela 4) kažejo od nizke do zelo visoke ravni korelacijske povezanosti. Dinamična eksplozivna komponenta odzivne moči (EM) je bila v visoki povezavi s časom odziva ( $r = -.88$ ;  $p < 0,01$ ). Večjo eksplozivno silo odziva so dosegli skakalci, ki so imeli krajši čas odziva. Eksplozivna moč smučarja skakalca je bila značilno povezana s končno odzivno hitrostjo pri vertikalnem odskoku ( $r = .76$ ;  $p < 0,01$ ). V smučarskih skokih je tako za dosego čim večje dolžine skoka pomembna eksplozivna odzivna moč, ki se meri v prvih 200 ms odziva in ki po ugotovitvah Virmarvirte, Kivekasa in Komija (2001) predstavlja približen čas odziva na skakalnici (250 ms). Eksplozivna moč je bila močno povezana

Tabela 3

Rezultati osnovne statistične analize (s poševnim tiskom so zapisani rezultati eksperimenta v letu 2009,  $n = 65$ )

Ime spremenljivke	Min	Max	M	SD
Starost (v letih)	16,0	19,0	16,9	1,16
Starost (v letih) 2009			20,7	3,6
Telesno masni indeks –BMI	16,3	23,2	20,0	1,4
Telesno masni indeks –BMI 2009	16,4	22,5	19,86	1,12
<b>Spremenljivke dinamične moči odziva</b>				
Čas odziva pri vertikalnem odskoku – Todr (s)	0,345	0,466	0,402	0,028
Indeks eksplozivne moči odziva – EM ( $m/s^2$ )	5,9	9,5	7,8	0,8
Indeks eksplozivne moči odziva – EM ( $m/s^2$ ) 2009	4,9	11,5	7,9	1,0
Pospešek odziva v prvi polovici časa odziva – P1/2 ( $m/s^2$ )	4,88	8,80	6,52	0,97
Pospešek pri odzivu v drugi polovici časa odziva – P2/2 ( $m/s^2$ )	6,22	10,61	8,00	1,00
Hitrost vertikalnega odziva odziva – HIT (m/s)	2,75	3,46	3,12	0,16
Hitrost vertikalnega odziva – HIT (m/s) 2009	2,41	3,70	3,13	0,4
<b>Spremenljivke izometrične moči odziva</b>				
Relativna max. izometrična moč odziva v času 0,2 sek. – IM2R (N/kg)	15,00	28,00	20,2	2,90
Relativna izometrična moč odziva po 0,2 sek. – IM2R (N/kg) 2009	11,27	24,27	15,69	2,55
Štartna izometrična moč odziva v času 0,2 sek. – IM2 (N)	850,3	2007,8	1263,5	241,6
Štartna izometrična moč odziva v času 0,2 sek. – IM2 (N) 2009	601,8	1368,7	978,7	75,2
Maksimalna izometrična moč odziva – IM (N)	1349,9	4182,40	2420,0	628,8
Maksimalna izometrična moč odziva – IM (N) 2009	957,0	2703,7	1678,4	867,3
Maksimalna relativna izometrična moč odziva – IMR (N/kg)	26,0	71,0	38,8	9,6
Maksimalna relativna izometrična moč odziva – IMR (N/kg) 2009	16,6	45,7	26,9	5,7

Legenda: M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; Min – najnižja vrednost; Max – najvišja vrednost.

Rezultati korelacije manifestnih spremenljivk so prikazani v Tabeli 4.

Tabela 4

Pearsonovi koeficienti korelacije (v zgornjem delu tabele so korelacijski koeficienti iz leta 2009,  $n = 65$ )

	BMI	Todr	EM	EM1/2	IM2R	IM2	IMR	IM	EM2/2	HIT
<b>BMI</b>	1,00									-,10
<b>Todr</b>	-,13	1,00								
<b>EM</b>	,29*	-,88*	1,00		0,52*	,51*	,49*	0,51*		,84*
<b>P1/2</b>	,25*	-,59*	,75*	1,00						
<b>IM2R</b>	,37*	-,44*	,39*	,28*	1,00	,90*	,54*	,54*		,51*
<b>IM2</b>	,65*	-,31*	,41*	,45*	,80*	1,00	,43*	,59*		,59*
<b>IMR</b>	,17	-,27*	,21	,10	,39*	,29*	1,00	,93*		,33*
<b>IM</b>	,43*	-,24*	,29*	,26*	,41*	,56*	,90*	1,00		,42*
<b>P2/2</b>	,22*	-,64*	,75*	,44*	,25*	,19	,31*	,30*	1,00	
<b>HIT</b>	,39*	-,38*	,76*	,65*	,16	,36*	,03	,21	,61*	1,00

Legenda: \* – korelacijski koeficient je statistično značilen ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5

Faktorska struktura manifestnih spremenljivk

	1	2	3	Kum.
FAK1: Eksplozivna dinamična moč odriva				
EM	,96	,23	,33	,93
P1/2	,87	-,00	,43	,81
Todr	-,81	-,35	-,18	,72
HIT	,79	-,03	,38	,68
P2/2	,76	,38	,10	,69
FAK2: Maksimalna izometrična moč v fazi odriva				
IMR	,19	,96	,24	,94
IM	,29	,85	,52	,86
FAK3: Izometrična moč v začetni fazi odriva v času 0,2 s				
IM2	,40	,28	,94	,91
IM2R	,34	,43	,72	,62
BMI	,27	,12	,81	,66
% of VAR	48,6	18,8	11,3	78,8

Opomba k Tabeli 5: Imena spremenljivk so razvidna iz Tabele 1 in Tabele 2.

Tabela 6

Korelacijska povezanost med faktorji

	FAKTOR1	FAKTOR 2	FAKTOR 3
FAKTOR 1	1,0	,17	,33*
FAKTOR 2	,17	1,00	,18
FAKTOR 3	,33*	,18	1,00

tudi s tekmovalno uspešnostjo v smučarskih skokih (Komi in Virmavirta, 1997; Virmavirta in Komi, 1993a; Virmavirta in Komi, 1993b; Virmavirta in Komi, 1994). Tako se zdi strokovno ustrezno s primernim treningom povečati to obliko moči pri smučarjih

skakalcih. To spoznanje znova potrjuje hipotezo, da je eksplozivna moč pomembna komponenta strukture odzivne moči smučarjev skakalcev. Njena korelacija s spremenljivkami izometrične komponente odzivne moči je bila večinoma statistično

značilna, vendar znatno nižja, kot so bile interne korelacije med spremenljivkami dinamične komponente odzivne moči.

Izometrična komponenta odzivne moči je pomembna za uspešno realizacijo odskoka na skakalnici. To so potrdili tudi nekateri praktični zgledi pri spremljanju pripravljenosti izbranih vrhunskih skakalcev.

Pri prvem eksperimentalnem spremljanju obeh komponent odzivne moči v letu 2009 je bil dokaj uspešen pri izometrični komponenti odzivne moči najboljši slovenski letalec na smučeh R. K pri starosti 28 let. Njegova sposobnost maksimalne relativne izometrične potisne moči je dosegla 45,7 N na kg telesne teže, kar je bil najboljši dosežek med vsemi merjenci takratnega vzorca ( $n = 65$ ). Do te ravni je prišel po nekajletni načrtni vadbi po letu 2005, ko ta sposobnost ni bila visoko razvita.

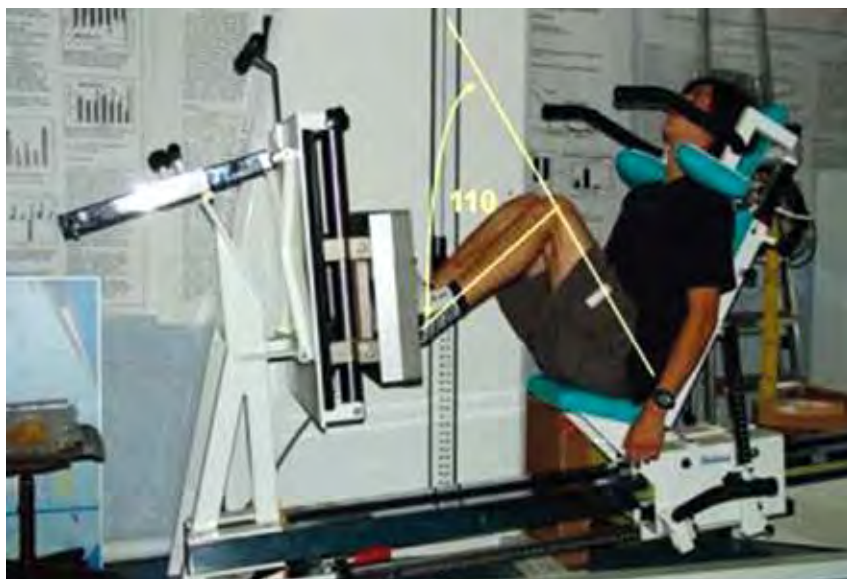
V letu 2005 je svetovni prvak R. B. na manjši skakalnici (Oberstdorf, 2005) izkazal visok potencial izometrične odzivne moči (Slika 4).

Med slovenskimi skakalci je svetovni prvak iz leta 2005 dosegel najvišjo raven izometrične komponente odzivne moči (Slika 5).

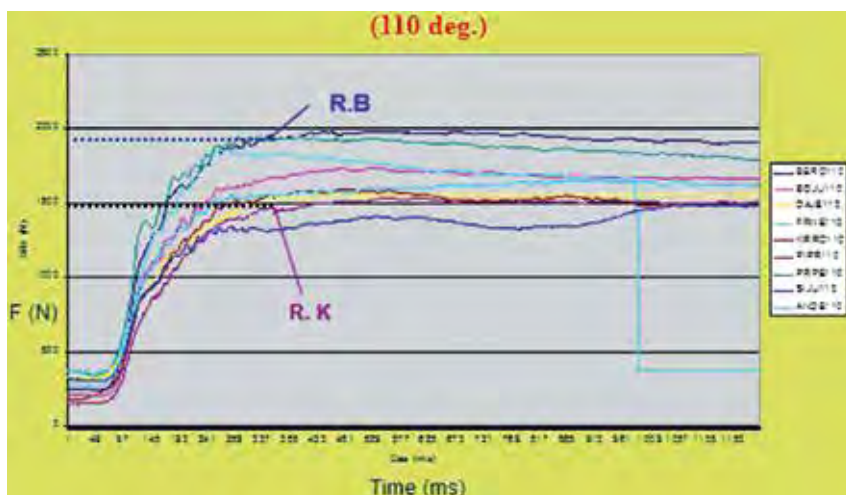
V primerjavi z najboljšim slovenskim letalcem na smučeh (takrat starim 24 let) je bila izometrična komponenta odzivne moči pri svetovnem prvaku R. B. izrazito višje razvita.

V sezoni 2005/06 je takrat 27-letni češki skakalec Jakob Janda osvojil svetovni pokal v smučarskih skokih. Vodil ga je slovenski trener Vasja Bajc, ki ga je tudi priključil k testiranju izometrične komponente odzivne moči najboljših slovenskih skakalcev. Njegova izometrična komponenta odzivne moči je bila v letu 2006 značilno višja (približno 40 %) od povprečja najboljših slovenskih smučarjev skakalcev (Slika 6).

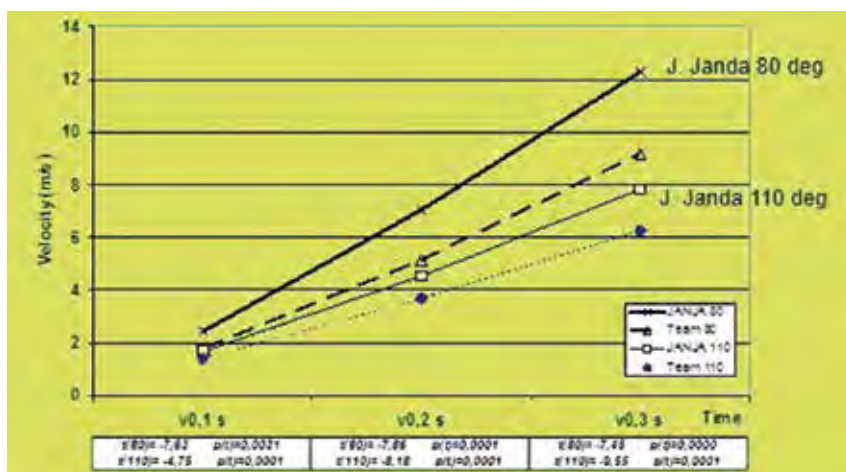
Faktorska analiza (Tabela 5) je izločila tri faktorje, pri čemer sta bila drugi in tretji faktor v značilni medsebojni korelaciji ( $p < 0,05$ ). Gre za faktorja, ki sta po vsebini živčno mišičnega izražanja identična in pripadata izometrični komponenti potencialne odzivne moči smučarjev skakalcev. V dosedanjih raziskavah je bila izometrična moč dokaj zapostavljena oblika moči smučarjev skakalcev. Navidezno dinamična oblika tehnike gibanja smučarjev skakalcev, ki se v fazi odskoka realizira v manj kot pol sekunde trajajočem gibanju, je povzročila, da so se raziskovalci večinoma usmerili na področje proučevanja dinamične komponente odzivne moči s poudarkom na eksplozivni



Slika 4. Testiranje izometrične komponente odzivne moči vrhunskega slovenskega smučarja skakalca v letu 2005, svetovnega prvaka na manjši skakalnici v Oberstdorfu 2005.



Slika 5. Izometrična komponenta odzivne moči svetovnega prvaka R. B. na manjši skakalnici v Oberstdorfu 2005.



Slika 6. Dominacija izometrične komponente odzivne moči pri češkem zmagovalcu svetovnega pokala J. J. v smučarskih skokih v sezoni 2005/06.

moči. V teoriji velja hipotetično prepričanje (Martin, Carl in Lehnertz, 1993), da se lahko doseže višjo raven dinamičnega mišičnega naprežanja, če se hkrati poveča zmogljivost živčno mišičnega izometričnega naprežanja. Če lahko najboljši smučarji skakalci dosežejo pri vertikalnem odskoku najvišje hitrosti do 4 m/s, pa se pri izometričnem naprežanju v zaletnem položaju lahko doseže potencialna odzivna hitrost do 8 m/s. Običajno skakalci pri treniranju dinamične moči razvijajo submaksimalne hitrosti gibanja, te pa so znatno nižje od potencialne odzivne hitrosti, ki se lahko razvija z uporabo izometričnega načina mišičnega naprežanja. Pri tem načinu mišičnega naprežanja se lahko po Verhožanskem (1973) doseže prag absolutne moči mišičnega delovanja. Vadbena izometrična komponenta odzivne moči smučarjev skakalcev bi morala biti specialno usmerjena v tiste mišične skupine, ki dejansko sodelujejo v mišični strukturi odskoka smučarjev skakalcev. Po Sasaki in soavtorjih (1997) se te mišične skupine predvsem nahajajo v predelu kolčnega in kolenskega sklepa. Specialna vadba naj bi potekala na posebnih vadbenih napravah, ki razvoj moči povezujejo v tehnično gibalno strukturo odskoka smučarjev skakalcev (Jošt, 1988; Jošt, 1998).

## Sklep

Na podlagi rezultatov pričujoče raziskovalne študije bi lahko podali naslednje sklopne ugotovitve:

- Korelacijska povezanost znotraj blokov manifestnih spremenljivk dinamične in izometrične odzivne moči je bila visoka in statistično značilna ( $p < 0,05$ ).
- Med blokoma manifestnih spremenljivk dinamične in izometrične komponente odzivne moči smučarjev skakalcev je bilo moč ugotoviti nižje korelacije, vendar še vedno so bile nekatere statistično značilne ( $p < 0,05$ ).
- Struktura korelacijske povezanosti manifestnih spremenljivk je prispevala k oblikovanju treh neodvisnih faktorjev (Faktor dinamične odzivne moči; Faktor maksimalne izometrične komponente odzivne moči; Faktor komponente izometrične odzivne moči v začetni fazi v času 0,2 sekunde).
- Dinamična in izometrična komponenta odzivne moči sta med seboj neodvisni in zato lahko vsaka za sebe prispeva k uspešnosti smučarjev skakalcev svoj

neodvisni delež. Glede na to, da je tekmovalna uspešnost v smučarskih skokih pomembno povezana z izometrično in dinamično odzivno močjo, mora biti trening skakalcev usmerjen v povečanje obeh komponent odzivne moči smučarjev skakalcev. Zgolj enostranski razvoj ene od obeh komponent ne bo prispeval celostnemu razvoju odzivne moči smučarjev skakalcev.

- Izometrična in dinamična komponenta odzivne moči smučarjev skakalcev ne prispevata zgolj k tekmovalnemu rezultatu športnikov, ampak tudi k višji ravni kondicijske pripravljenosti na področju moči, kar zagotavlja bolj varno in uspešno izvedbo tehnike skokov v normalnih in oteženih razmerah na skakalnici.

## ■ Literatura

1. Jošt, B. (1988). Trenažerji za specialno motorično pripravo smučarjev skakalcev. *Šport*, 36, 1-2: 15–20.
1. Jošt, B. (1998). Vadbena naprava za razvoj specialne odzivne moči smučarjev skakalcev. *Šport*, 46, 1: 58.
2. Jošt, B. (2009). *Teorija in metodika smučarskih skokov*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
3. Komi, P. in Virmavirta, M. (1997). Ski-jumping take off performance: Determining factors and methodological advances. V: *Proceedings book of the First International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 7-13, 1996*, (pp. 3–26). Cambridge: Cambridge University Press.
4. Martin, D., Carl, K. in Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Verlag Hofmann.
5. Obreza, A. (2010). *Analiza povezanosti med izometrično močjo in vertikalnim skokom pri smučarskih skakalcih*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
6. Sasaki, T., Tsunoda, K., Uchida, E., Hoshino, H. in Ono, M. (1997). Joint Power Production in Take-Off Action during Ski-jumping. In: (Muller, E., Schwameder, H., Kornaxl, E., Raschner, C., eds.). *Proceedings of the first International Congress on Skiing and Science St. Christoph a. Arlberg*. Austria, January 7 -13, 1996; 49–60.
7. Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžičh*. Olomouc: Univerzita Palackého.
8. Verhošanski, J. W. in Tatjan, W. W. (1973). Komponenten und funktionell Struktur der Explosivkraft des Menschen. *Teorija i prakcija fizičeskoj kultury* 36 (6).
9. Virmavirta M. in Komi P. V. (1993a). Measurement of take-off forces in ski jumping part I. *Skandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 229–236.
10. Virmavirta M. in Komi P. V. (1993b). Measurement of take-off forces in ski jumping part II. *Skandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3, 237–243.
11. Virmavirta, M. in Komi, P. V. (1994). Takeoff analysis of a champion ski jumper. *Journal of Biomechanics*, 27(6), 695.
12. Virmavirta M., Kivekäs, J. in Komi P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 34, 465–470.

prof. dr. Bojan Jošt, prof. šp. vzg.  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport  
bojan.jost@fsp.uni-lj.si