



Bojan Jošt,
Janez Vodičar, Matej Supej

Diagnostika specialne odzivne moči smučarjev skakalcev z uporabo nove tenziometrijske naprave

Izvleček

Namen pričujoče raziskovalne študije je bil prikazati možnosti diagnosticiranja potenciala specialne odzivne moči smučarjev skakalcev. Ta je še zlasti pomembna za uspešno realizacijo faze odskoka. Na splošno pomeni višji potencial odzivne sile tudi boljši tekmovalni dosežek smučarjev skakalcev, zato se namenja tej sposobnosti znatno pozornost v procesu treniranja. Pri tem pogosto skakalci razvijajo odzivno moč z imitacijskimi vajami odskoka. S tenziometrijsko ploščo se danes lahko izmeri potencial odzivne moči na skakalnici in v laboratorijskih pogojih. Razviti so različni modeli strukture odzivne moči in različne metode njenega diagnosticiranja. Na Fakulteti za šport je bila razvita specialna tenziometrijska naprava, ki omogoča meritve impulza odzivne sile pri različnih naklonih odzivne površine. Na napravi se lahko izmeri odzivni impulz v pravokotni smeri na podlago (na prstih in peti leve in desne noge) in vzporedni smeri s podlago (na strani leve in desne noge). S tem so dane možnosti neposredne primerjave strukture odzivnega impulza pri imitaciji odskoka v laboratorijskih pogojih in odzivnim impulzom pri odskoku na skakalnici. Eksperimentalne meritve na vzorcu štirih skakalk in treh skakalcev so pokazale specifično strukturo odzivne moči odskoka pri dveh različnih imitacijah odskoka v skakalnih čevljih. Pri imitaciji odskoka z lovljenjem so merjenci dosegli primerljiv potencial odzivne moči s tistim na skakalnici, vendar pa je bila odzivna moč razvita pri večjem odzivnem času (od 0,4 do 0,6 sek.), kot je odzivni čas na odskočišču skakalnice (od 0,15 do 0,3 sek.). Pri imitaciji odskoka z lovljenjem je glavni del odzivnega impulza predstavljala pravokotna komponenta na podlago (več kot 80 % celotne odzivne sile), pri čemer je bila ta komponenta pretežno razvita na sprednjem delu stopala. Povsem nova specialna merilna naprava tako omogoča bolj poglobljen vpogled v strukturo odzivne moči smučarjev skakalcev, kar bo lahko bistveno izboljšalo kvaliteto vadbenega procesa smučarjev skakalcev.

Ključne besede: smučarski skoki, tehnologija, tenziometrija

Diagnostics of special take-off power of ski jumpers using a new force plate

Abstract

The aim of this research study was to demonstrate the possibilities for diagnosing the potential of ski jumpers' special take-off power. The latter is particularly important for a successful realisation of the take-off phase. In general, a higher take-off force potential of ski jumpers means better competitive results, which is why this ability receives considerable attention in the training process. Ski jumpers often develop their take-off power by performing imitated take-off exercises. Using a force plate, the potential of take-off power can today be measured both on a ski jump hill and in laboratory conditions. Different models of the structure of take-off power have been developed, along with different diagnostics methods. A special force plate was developed by the Faculty of Sport, enabling measurement of the impulse of take-off force with different inclinations of the take-off surface. The device enables measurement of take-off impulse perpendicularly to the surface (on the toes and the heel of the left and right foot) and parallelly to the surface (on the sides of the left and right foot). This facilitates direct comparison of the structure of the take-off impulse in the imitated take-off in laboratory conditions and on a ski jump hill. Experimental measurements, using a sample of 4 female and 3 male ski jumpers, revealed a specific structure of take-off power in two versions of imitated take-off in ski-jumping boots. In imitated take-offs with catching, the subjects achieved a comparable potential of take-off power to those recorded on a ski jump hill. However, the take-off power developed with longer take-off time (from 0.4 to 0.6 sec) compared to the ski jump hill (from 0.15 to 0.3 sec). In imitated take-off with catching, the main part of the take-off impulse represented the perpendicular component to the surface (more than 80% of the total take-off force), whereby this component developed mainly in the front part of the foot. This completely new measurement device thus enables in-depth analysis of the structure of ski jumpers' take-off power, all of which can substantially improve the quality of their training process.

Key words: ski jumping, technology, tensiometry

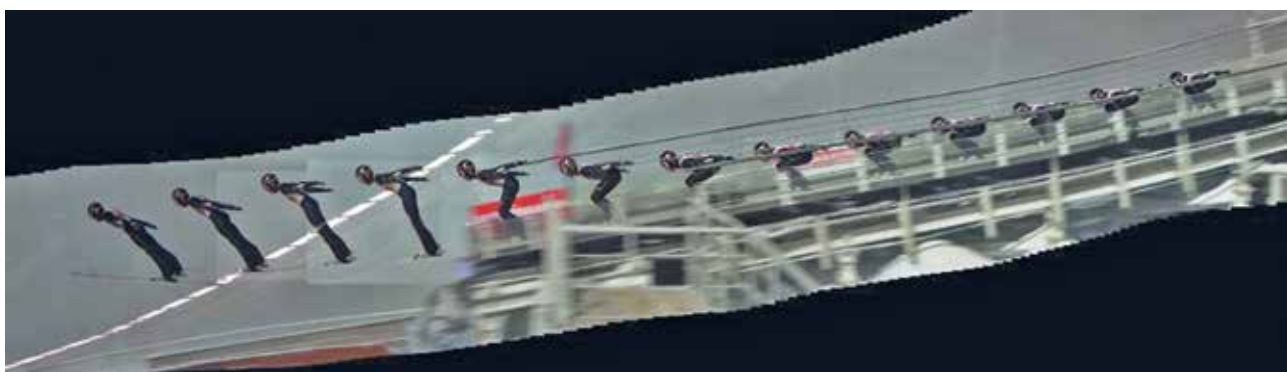
Uvod

V smučarskih skokih se razvoju odzivne moči pri odskoku name- nja veliko strokovne in tudi znanstvenoraziskovalne pozornosti. Z razvojem najnovejše merilne tehnologije se lahko izmeri impulz odzivne sile v oporni fazi odskoka v realnih situacijskih pogojih. Skakalec izvede odziv med odskokom na ravnem delu odskočišča skakalnice (odzivni mizi). Naklon odskočišča je odvisen od predpisa FIS in konstrukcije skakalnice in se giblje v razmerju od 6 do 12 stopinj glede na vodoravno ravnino. V zadnjem času se za srednje in večje skakalnice uporablja naklon odskočne mize 10 kotnih stopinj. Odskok smučarja skakalca je najzahtevnejša gibalna faza, ki se v oporni fazi odskoka odvije v kratkem času (0,15–0,35 sek.) in na

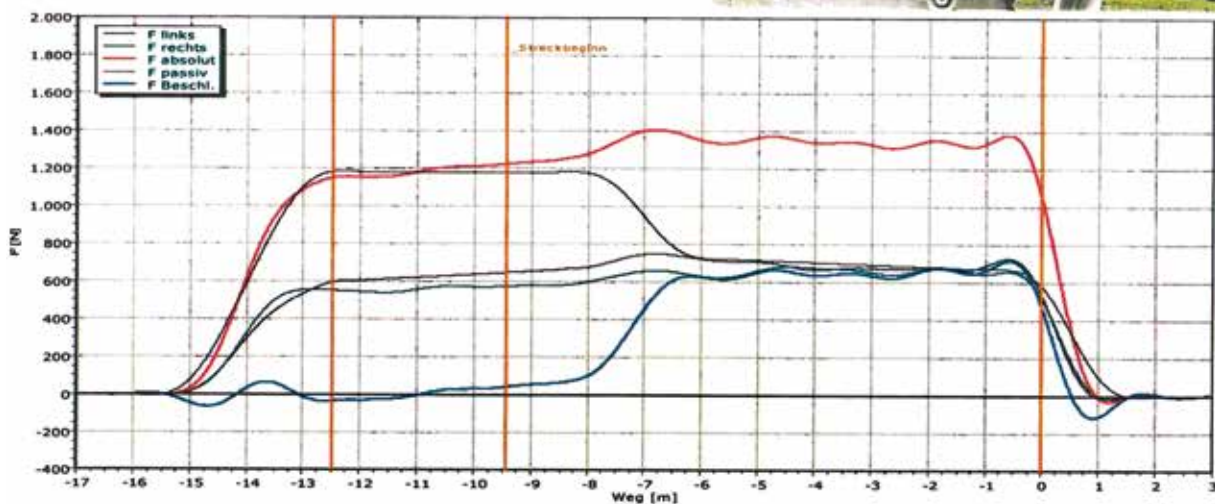
kratki razdalji (3–8 m). Skakalec začne odziv iz faze počepa (Slika 1), pri čemer razvije največ sile v kolenskem in kolčnem sklepu.

Med odzivom skakalec razvije odzivno silo, ki lahko doseže maksimalno velikost preko dvakratne telesne teže skakalca. Pomemben je celoten impulz odzivne sile (Slika 2), ki v razmerju s telesno težo in težo opreme predstavlja odzivno hitrost skakalca ob prehodu roba odzivne mize.

Velikost in oblika odzivnega impulza se lahko dosežeta na veliko različnih načinov tehnike gibanja skakalca pri odskoku in različnih režimov živčno-mišičnega delovanja (Virmavirta in Komi, 2001). Med tekmovalno uspešnostjo in vertikalno hitrostjo odskoka obstaja značilna korelacija, ne pa njuna funkcionalna matematič-



Slika 1: Potek odskoka vrhunjskega skakalca (R. K.), zmagovalca svetovnega pokala v sezoni 2018/2019



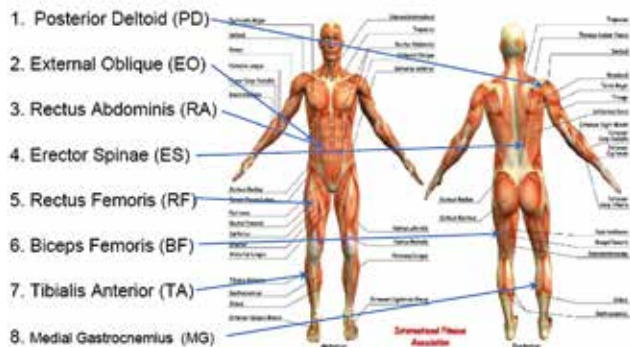
Slika 2: Posnetek impulza odzivne sile pri odzivu vrhunjskega smučarja skakalca P. P., telesna teža skupaj z opremo 76,1 kg, datum meritev 22. 9. 2013, Klingenthal K 125 m

na odvisnost. Nekateri skakalci dosegajo veliko hitrost odskoka, a na koncu niso vrhunsko tekmovalno uspešni. Tehnika gibanja skakalca med odskokom je tako povsem optimizirana za vsakega skakalca posebej in mora biti predvsem usmerjena na značilnosti leta posameznega skakalca. Pri vsakem skakalcu je treba razviti ustrezno količino potencialne odzivne moči, ki služi uspešnemu prehodu skakalca v fazo leta. Pri tem mu odzivna moč omogoča ustrezen dvig krivulje leta in vzpostavitev optimalnega položaja za let. Doseganje ustreznega potenciala odzivne moči je tako podrejena razvoju optimalne tehnike odskoka smučarja skakalca in temu se mora podrediti tudi razvoj potencialne odzivne moči ter tistih dejavnikov, ki to moč določajo. Med njimi imajo pomembno vlogo živčno-mišični dejavniki, ki oblikujejo temelje strukture odzivne moči (Werchoshanski in Tatjan, 1975).

Največjo silo pri odzivu v oporni fazi odskoka generirajo iztegovalke nog v koljenih in bokih, ki se zoperstavljajo sili teže telesa (Sasaki, Tsunoda, Uchida, Hoshino in Ono, 1997; Virmavirta in Komi, 1989). Mišice, ki delujejo v predelu skočnega sklepa, so hkrati dejavne tako v skupini sinergistov kot tudi antagonistov in predvsem zagotavljajo ustrezen položaj goleni med odzivom. Eksperimentalne meritve mišičnega delovanja pod vodstvom Kazutoshi Kudoja na skakalnici v Innsbrucku leta 2009 so pokazale strukturo potencialnega mišičnega napreženja izbranih mišic (Slika 3), ki hipotetično prispevajo pomemben delež sile pri odzivu smučarja skakalca in/ali vplivajo na uspešnost prehoda v fazo leta.

EMG recordings

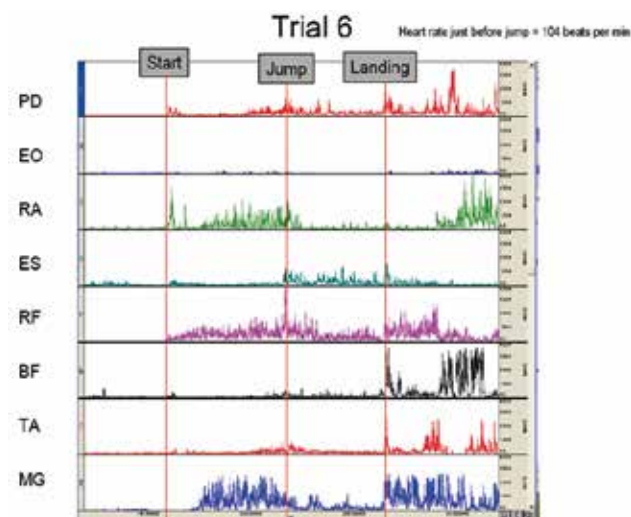
EMG activities were recorded from the following muscles.



Slika 3: Izbor mišic pri izvedbi eksperimentalnih meritev pri izvedbi smučarskega skoka

Na Sliki 4 je prikazano spremljanje EMG-meritev pri šestem skoku, ki ga je na testiranju na skakalnici v Innsbrucku izvedel vrhunski slovenski skakalec.

V fazi odskoka dominirajo iztegovalke kolenskega in kolčnega sklepa, ki seveda v notni in celoviti kinetični verigi sinergistično delujejo z drugimi mišicami. Pri vadbi skakalcev se specialno mišično delovanje lahko doseže le pri situacijskem treningu na skakalnici. Pri tem se specialna situacijska vadba lahko izvaja na skakalnicah različne velikosti od HS 8 m do HS 145 m. Specialna vadba na skakalnici dopušča le omejeno število skokov in s tem tudi omejen vpliv na mišice, ki vplivajo na uspešnost tehnike odskoka smučarjev skakalcev. Zaradi tega se poleg situacijske vadbe na skakalnici uporabljajo tudi specialna vadbena sredstva, ki so povezana z imitacijo tehnike izbrane faze smučarskega skoka. Pri odskoku se tako veliko vadbene časa namenja razvoju specialne odzivne moči



Slika 4: EMG aktivnosti mišic pri izvedbi smučarskega skoka vrhunškega slovenskega skakalca (R. K.) (vodja meritev: Kazutoshi Kudo)

smučarja skakalca. Specialne gibalne naloge za razvoj odzivne moči smučarjev skakalcev terjajo stalen kakovostni nadzor vadbe, ki zagotavlja doseganje načrtovanih ciljev, povezanih z razvojem tehnike smučarskega skoka. Za razvoj specialnih gibalnih nalog se tako uporabljajo vse bolj izpopolnjene vadbene naprave in pripomočki, ki jih odlikuje sodobna tehnologija na področju treniranja smučarjev skakalcev. Prve specialne gibalne naloge za razvoj odzivne moči skakalcev in z njimi povezane naprave so se začele razvijati pred več kot 50 leti. V začetku so bile to preproste vadbene naprave, s katerimi so skakalci izvajali enostavnejše vaje imitacije odskoka smučarja skakalca na mestu in v gibanju pri manjši hitrosti brez posebej izvedenih vadbeneh naprav (npr. odskoki na vozičku). Pred 33 leti se je začel razvoj specialnih gibalnih naprav (Jošt, 1988; Jošt, 1998) za razvoj odzivne moči, pri čemer so se začele izvajati tudi meritve izbranih spremenljivk odzivne moči smučarjev skakalcev. Najpogosteje se odzivna moč smučarjev skakalcev meri v laboratorijskih pogojih pri ničelni hitrosti osnovnega gibanja, kjer skakalec izvede odziv iz skakalnega počepa. Z instrumentom za merjenje mehanskih značilnosti vertikalnega skoka se potem izračunajo spremenljivke: čas odskoka, hitrost odskoka, višina odskoka, pospešek odskoka v celotni fazi odziva, pospešek odskoka v prvi polovici odziva, pospešek odskoka v drugi polovici odziva.

Glavna težava pri spremljanju strukture specialne odzivne moči smučarjev skakalcev je v izboru takih gibalnih nalog, ki imajo čim večjo povezanost z realnim mišičnim delovanjem pri izvedbi odskoka na skakalnici. Seveda imajo imitacijske vaje odskoka lahko tudi drugačen namen. Z njimi se lahko poleg specialne moči razvija tudi specialno koordinacijo, gibljivost, hitrost, ravnotežje in vzdržljivost smučarjev skakalcev. Te pa so bistvene sestavine potencialne tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev v osnovnem motoričnem prostoru (Jošt, 2010). Lahko pa imitacijske vaje služijo tudi utrjevanju tehničnih, taktičnih in tekmovalnih občutkov in imajo blagodejen psihološki učinek pri percepciji ustrezne gibalne tehnike. Pri razvoju specialne odzivne moči je treba usmeriti vadbo na tiste mišice oziroma mišične skupine, ki prispevajo levji delež k razvoju tistega dela velikosti impulza odzivne sile, ki dejansko omogoča uspešno realizacijo tehnike odskoka smučarja skakalca. Zagotavljanje ustreznega razvoja odzivne moči tako po Komiju in Virmavirti (2000) predstavlja eno od temeljnih zakonitosti special-

ne motorične priprave smučarjev skakalcev. Z razvojem ustrezne merilne tehnologije se ustvarjajo vse boljše možnosti za realizacijo navedene zakonitosti vadbenega procesa. Pri tem pa mora biti glavno izhodišče oblikovanja odzivne moči usklajeno z razvojem optimalne tehnike smučarskega skoka za vsakega skakalca posebej. Temu mora biti podrejen tudi proces razvoja specialnih živčno-mišičnih struktur, ki oblikujejo optimalno tehniko smučarskega skoka. Tako je nujen čim bolj natančen vpogled v posebno strukturo živčno-mišičnega delovanja na skakalnici in potem oblikovanje podobnega modela živčno-mišičnega delovanja pri izvedbi imitacije odskoka smučarjev skakalcev. S primerjavo rezultatov meritev odzivne moči v situacijskih pogojih na skakalnici in potem še pri pogojih izvedbe imitacije se lahko potem po Kettererju, Golhoferju in Lauberju (2020) oblikuje kakovosten vadbeni program, ki bo zagotovil čim bolj učinkoviti razvoj dejansko vključenih mišic pri izvedbi realnega odskoka na skakalnici. V vadbeni praksi se trenerji še vedno odločajo predvsem za intuitivni pristop, ki temelji na subjektivni predstavi poteka odskoka skakalcev in subjektivnih gibalnih občutkih. Taka vadba je sicer pomembna in dragocena, lahko pa zaradi morebitne napačne vadbene zasnove povzroči, da se razvoj potencialne odzivne moči na določeni točki prehitro ustavi in skakalec ne doseže tistega praga potencialne odzivne moči, ki bi ga sicer lahko dosegel z optimalnim izborom najbolj kakovostnih specialnih gibalnih nalog. V tem smislu je predmet pričujoče raziskovalne študije usmerjen na prikaz uporabe moderne merilne tehnologije, ki že lahko omogoči dokaj objektivni vpogled v strukturo potencialne odzivne moči pri izvedbi najpogostejše oblike imitacije odskoka smučarjev skakalcev. Za to je bila razvita posebna vadbena-merilna naprava (Slika 5), ki omogoča vadbo imitacije odziva smučarjev skakalcev pri ničelni osnovni hitrosti gibanja in hkrati omogoča večplasten vpogled v strukturo realizacije potencialne odzivne moči.



Slika 5: Merilna tenziometrijska naprava za ugotavljanje strukture odzivne moči smučarjev skakalcev

Razvoj merilne naprave je potekal več let in je posledica dolgotrajnega ekspertnega prizadevanja za izboljšanje vadbenega procesa pri razvoju potencialne odzivne moči smučarjev skakalcev. Na napravi lahko skakalci izvajajo imitacijo odskoka v športnih copatih (Slika 6), skakalnih čevljih ali/in kratkih smučeh dolžine približno 70 cm.

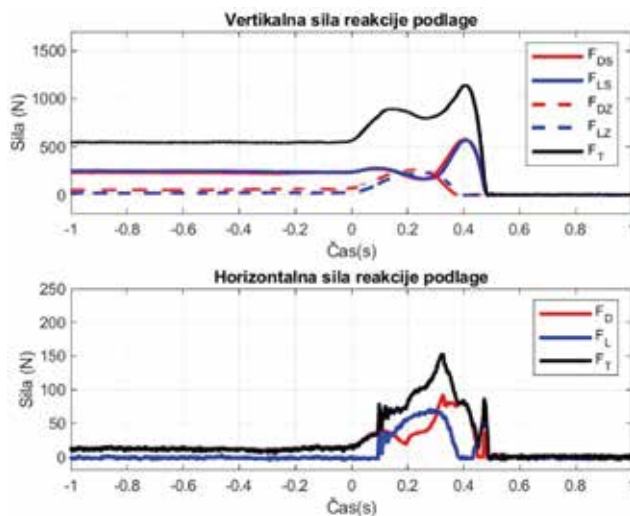
Naprava je bila razvita in izdelana na Fakulteti za šport in omogoča merjenje odzivne sile pri odskoku v štirih neodvisnih točkah v pra-



Slika 6: Imitacija odskoka na novi merilni napravi

vokotni smeri na podlago, pri čemer prevladuje vertikalna komponenta odzivne sile na podlago, in dveh točkah v vzporedni smeri na podlago, kjer prevladuje horizontalna komponenta odzivne sile. Na merilni napravi se merijo naslednje komponente odzivne sile:

- F_T – celotna skupna odzivna sila v prevladujoči vertikalni smeri
- F_{DS} – odzivna sila na stopalu desno spredaj v prevladujoči vertikalni smeri
- F_{LS} – odzivna sila na stopalu levo spredaj v prevladujoči vertikalni smeri
- F_{DZ} – odzivna sila na stopalu desno zadaj v prevladujoči vertikalni smeri
- F_{LZ} – odzivna sila na stopalu levo zadaj v prevladujoči vertikalni smeri
- F_T – celotna skupna odzivna sila v prevladujoči vodoravni smeri



Slika 7: Grafični prikaz impulza odzivne sile

- F_D – odzivna sila na levi nogi v prevladujoči vodoravni smeri
- F_L – odzivna sila na levi nogi v prevladujoči vodoravni smeri

Na vsaki merilni točki se s pomočjo računalnika opiše krivulja impulza odzivne sile in potem tudi določijo vrednosti odzivne sile v izbranih časovnih točkah odziva (Slika 7):

Dosedanje merilne naprave so merile praviloma vertikalno komponento odzivnega impulza. Na tej napravi je tako mogoče hkrati meriti prevladujočo vertikalno in horizontalno komponento odzivne sile. S tem se lahko ugotovi velikost obeh ključnih komponent odzivne sile skakalca pri odskoku, ki kažeta na potencialni vertikalni in horizontalni pomik skupnega težišča telesa skakalca. To omogoča tudi lažje ugotavljanje rotacije gibanja skakalca pri odskoku.

Velikost izražanja obeh komponent odzivne sile je odvisna od pogojev in okoliščin izvedbe imitacije odskoka skakalca na napravi. Merilna naprava omogoča tudi spreminjanje pogojev za realizacijo imitacije odskoka. Med temi pogoji je tudi naklon odzivne podlage, ki se na merilni napravi lahko spreminja in doseže ali celo preseže realne nagibne kote na skakalnici (med 8 in 12 kotnih stopinj).

Metode raziskovanja

V raziskavo se bili vključeni mlajši smučarji skakalci ($n = 3$) in skakalke ($n = 4$), stari od 16 do 20 let. Vsi merjenci so bili vključeni v reden sistem treniranja in tekmovanja. Vsi so bili že vključeni v mednarodni tekmovalni sistem. Med njimi je bila tudi zmagovalka svetovnega pokala v smučarskih skokih za sezono 2020/2021. Vsi merjenci so tako že osvojili visoko raven tehnike smučarskega skoka v celoti in tudi v njenih posameznih fazah. V prvi fazi meritev so bili merjenci dne 19. 4. 2018 testirani na klasični tenziometrijski deski, kjer je bila izvedena diagnostika vertikalnega odskoka v športnih copatih in skakalnih čevljih. Vsak merjenec je izvedel tri ponovitve vertikalnega odskoka iz zaletnega položaja skakalca. V drugi fazi eksperimentalnih meritev je bila izvedena imitacija odskoka na novi tenziometrijski napravi, kjer je bil uporabljen referenčni kot 10 kotnih stopinj, ki se danes vse pogosteje uporablja kot dejanski nagib odzivne mize na skakalnici. Vsak merjenec je izvedel dva odskoka pri dveh različnih variantah imitacije odskoka v skakalnih čevljih:

- Varianta A: Imitacija odskoka s pomikom skupnega težišča telesa v horizontalni smeri za 30 cm. Imitacijska vaja v večji meri ustreza približno realnega pomika skupnega težišča v smeri naprej v oporni fazi odskoka skakalcev na skakalnici.
- Varianta B: Imitacija odskoka z lovljenjem. Gre za precej pogosto obliko imitacije odskoka, ki jo uporabljajo skakalci in skakalke vseh starosti in kakovostnih kategorij. S to vajo naj bi se pri skakalcih razvijal občutek za prehod v let ob hkratnem razvoju odzivne moči pri odskoku.

Rezultati in razprava

Analiza vertikalnega odskoka na standardni tenziometrijski plošči

V Tabelah 1 in 2 so prikazani rezultati vertikalnega skoka, izvedenega iz skakalnega počepa najprej v športnih copatih in nato še v skakalnih čevljih.

Fantje so imeli v povprečju precej večjo višino vertikalnega skoka kot dekleta ne glede na vrsto izvedbo odskoka. Tako pri dekletih kot pri fantih je bil ugotovljen bistveno višji odskok pri odskoku v športnih copatih. Pri dekletih je razlika znašala 20,9 %, pri fantih pa 13,3 %. Enako seveda tudi za vertikalno hitrost odskoka, ki se matematično preračuna iz višine odskoka skakalca.

Pri obeh skupinah se je znižal čas odskoka pri izvedbi odskoka v skakalnih čevljih, pri čemer ta razlika ni bila tako izrazita kot pri doseženi višini vertikalnega skoka. Na splošno so bili časi odziva pri dekletih nekoliko večji kot pri fantih. Pri vseh pa so bili časi vertikalnih odskokov v povprečju precej večji (od 0,39 sek. do 0,42 sek.), kot so sicer časi odziva v oporni fazi odskoka na skakalnici (med 0,15 sek. in 0,25 sek.).

Vrhunski skakalci lahko pri odskoku na skakalnici dosežejo vertikalno hitrost odskoka od 2,5 m/s do 3,5 m/s (Jošt, 2009). V okviru teh vrednosti so tudi vrednosti vertikalne hitrosti odziva, dosežene pri eksperimentalni izvedbi vertikalnega skoka, vendar pri znatno daljšem odzivnem času, kot znaša pri odskoku v oporni fazi na skakalnici. V večkratnem raziskovalnem spremljanju je Vaverka (1987) ugotovil, da se na skakalnici realizira v povprečju zgolj 72 % potencialne odzivne moči smučarjev skakalcev, ki jo skakalci dosežejo

Tabela 1

Osnovna statistika – vertikalni odskok pri dekletih ($n = 4$)

Dekleta ($n = 4$)	Športni copati				Skakalni čevlji			
	Min	Max	Mean	S. D	Min	Max	Mean	S. D
Višina skoka (cm)	38,87	43,41	41,2	2,46	30,5	34,0	32,0	1,48
Čas odskoka (s)	0,411	0,453	0,426	0,019	0,388	0,443	0,404	0,025
Hitrost odskoka (m/s)	2,76	2,92	2,84	,08	2,45	2,59	2,50	,05
Povprečni pospešek (m/s ²)	6,10	7,09	6,67	,41	5,61	6,48	6,21	,40
Maksimalna sila 1. del (N)	590	810	672,5	102,1	550	730	630	74,0
Maksimalna sila 2. del (N)	970	1210	1110	100,9	920	1140	1042	101,0
Razmerje impulzov sile 2/1	1,10	1,72	1,41	0,25	1,18	1,46	1,35	0,12
Povprečna sila 1. del (N)	432	592	507,2	70,4	436	563	491	53,4
Povprečna sila 2. del (N)	633	796	708	76,3	583	727	661	59,1
Telesna teža (kg)	47,0	59,7	54,1	5,3	48,4	60,6	55,3	5,1

Tabela 2

Osnovna statistika – vertikalni odskok pri fantih ($n = 3$)

Fantje ($n=3$)	Športni copati				Skakalni čevlji			
	Min	Max	Mean	S. D	Min	Max	Mean	S. D
Višina skoka (cm)	50,8	54,5	53,0	1,9	44,1	47,4	45,9	1,66
Čas odskoka (s)	0,379	0,432	0,406	0,026	0,361	0,417	0,397	0,031
Hitrost odskoka (m/s)	3,16	3,27	3,22	0,05	2,94	3,05	3,00	0,05
Povprečni pospešek (m/s^2)	7,52	8,63	7,95	0,59	7,11	8,34	7,58	0,66
Maksimalna sila 1. del (N)	680	920	840,0	138,5	760	920	856,6	85,0
Maksimalna sila 2. del (N)	1170	1320	1253,3	76,3	1200	1300	1246,6	50,3
Razmerje impulzov sile 2/1	1,15	1,49	1,31	0,17	1,18	1,52	1,36	0,16
Povprečna sila 1. del (N)	544	714	639,0	86,7	545	661	619,3	64,5
Povprečna sila 2. del (N)	762	925	833,3	83,3	775	917	841,0	71,4
Telesna teža (kg)	56,4	73,8	64,3	8,8	57,5	75,4	65,6	9,6

pri izvedbi vertikalnega odskoka v laboratorijskih pogojih. Takšna razmerja vertikalne višine odskoka odpirajo vprašanje smiselnosti razvoja odzivne moči smučarjev skakalcev, saj bi lahko sklepali, da skakalci s potencialno odzivno močjo, izmerjeno v laboratorijskih pogojih, hitro dosežejo prag odzivne moči, ki jim bo zagotovil vrhunске dosežke v smučarskih skokih. Takšno sklepanje je lahko zmotno, saj je korelacija med vertikalno hitrostjo odskoka na skakalnici in vertikalno hitrostjo odskoka v laboratorijskih pogojih po Vaverki (1987) visoka in značilna. Na vzorcu resnično najboljših skakalcev na svetu je hipotetično variabilnost v odzivni moči dokaj nizka in to prav gotovo zmanjšuje pomembnost koeficientov korelacije, ne pa pomembnosti odzivne moči smučarjev skakalcev.

Analiza imitacije odskoka na novi specialni tenziometrijski napravi

Pri izvedbi imitacije odskoka v skakalnih čevljih na posebni merilni napravi so merjenci najprej izvedli imitacijo odskoka z minimalnim pomikom skupnega težišča v smeri naprej za 30 cm. Omenjeni pomik kaže nekakšen približek optimalnega pomika skupnega težišča v smeri naprej do roba odskočišča pri realnem odskoku na skakalnici. Pri drugem odskoku so merjenci izvedli imitacijo odskoka z lovljenjem trenerja. Gre za najpogostejšo in najbolj priljubljeno obliko imitacije odskoka, saj skakalec lahko preide v fazo leta in tako vsaj hipotetično ustvarja gibalno predstavo in občutke za izvedbo počepa-odskoka in prehoda v let. Rezultati imitacije odskoka na novi tenziometrijski napravi so prikazani v Tabelah 3 in 4.

Pri fantih in dekletih je bil čas odriva pri odskoku s pomikom 30 cm dokaj podoben času odriva pri vertikalnem odskoku in tako precej večji od realnega časa odriva na skakalnici. Nekoliko nižji čas odriva je bil dosežen pri imitaciji odskoka z lovljenjem. Čas odriva pa je bil še vedno bistveno večji od časa odriva na skakalnici. Prevladujoča vertikalna komponenta odriva se je pri imitaciji odskoka z lovljenjem nekoliko znižala glede na hitrost odskoka pri vertikalnem odrivu. Razlike so bile v povprečju nekoliko večje pri fantih kot pri dekletih. Razlog za ta trend se delno skriva v naklonu odzivne površine, ki je bila pri imitaciji odskoka z lovljenjem 10 kotnih stopinj. Pri odrivu se tako, glede na absolutni koordinatni sistem gibanja (vertikalno-horizontalno), avtomatsko generirata dve odzivni komponenti – vertikalna in horizontalna. Pri imitaciji odskoka z lovljenjem mora skakalec prenesti skupno težišče izra-

zito v smeri naprej ob hkratni vzdolžni rotaciji telesa. To pa seveda terja določeno povečanje odzivnega impulza v horizontalni komponenti izražanja odzivne sile. Ta komponenta je na napravi neposredno izmerljiva le pri naklonu odzivne površine 0 kotnih stopinj. Pri naklonu merilne naprave 10 kotnih stopinj je lahko določljiva matematično. Imitacija odskoka z lovljenjem je za skakalca lažja pri naklonu 10 kotnih stopinj, ker že sam naklon odzivne površine omogoča pomik težišča v smeri naprej. To se je pokazalo tudi pri velikosti komponente odzivne sile, delujoče vzporedno s podlago. Ta je bila glede na prevladujočo pravokotno komponento odzivne sile glede na podlago praktično zanemarljiva. Na nek način je bila situacija pri odskoku na napravi dokaj ugodna, saj skakalci niso generirali opazno povečane horizontalno usmerjene komponente odzivne sile. Na skakalnici so skakalci pri odskoku soočeni z nizkim koeficientom trenja in to jim onemogoča, da bi lahko pri odrivu pomikali težišče sistema skakalec-smuči v smeri naprej s pomočjo sile trenja. Odlična drsnost zaletne smučine jim ne omogoča tvorjenja komponente oporne sile na podlago, ki bi povzročila silo reakcije v smeri drsenja. Pri odskoku z lovljenjem je močno prevladoval impulz vertikalne odzivne sile na sprednjem delu stopal tako z vidika trajanja kot tudi velikosti odzivne sile. To se pokaže v položaju stopal ob zapustitvi oporne faze odriva (Slika 8).



Slika 8. Položaj stopal ob zapustitvi oporne faze odriva pri imitaciji odskoka z lovljenjem

Tabela 3

Osnovna statistika: fantje (n = 3), skakalni čevlji, 10 stopinj

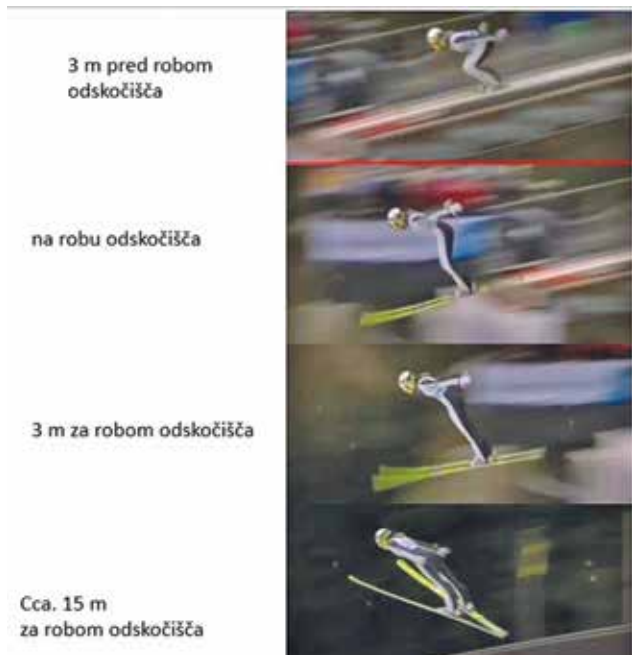
Fantje (N = 3)	Imitacija s pomikom 30 cm				Imitacija z lovljenjem			
	Min	Max	Mean	S. D	Min	Max	Mean	S.D
Ime spremenljivke								
Čas odskoka (sek/100)	,38	,45	,42	,042	,36	,43	,39	,036
Čas Fmax (sek/100)	,33	,41	,37	,042	,31	,38	,34	,037
Čas Fmax L (sek/100))	,33	,39	,37	,036	,30	,38	,34	,040
Čas Fmax D (sek/100)	,33	,41	,37	,042	,31	,39	,35	,039
Čas Fmax SPR (sek/100)	,33	,41	,37	,044	,31	,39	,35	,040
Čas Fmax ZAD (sek/100)	,13	,18	,15	,027	,13	,17	,14	,021
Čas Fmax SPR L (sek/100)	,33	,40	,37	,040	,31	,38	,34	,037
Čas Fmax SPR D (sek/100)	,33	,41	,38	,045	,31	,39	,35	,042
Čas Fmax ZAD L (sek/100)	,13	,19	,15	,032	,09	,18	,13	,048
Čas Fmax ZAD D (sek/100)	,14	,15	,14	,001	,12	,16	,13	,022
Čas odriva HOR L (sek/100)	,30	,40	,35	,051	,29	,35	,32	,032
Čas odriva HOR D (sek/100)	,30	,44	,36	,069	,30	,41	,35	,053
Maksimalna sila odriva (N)	1215,7	1590,9	1374,4	194,1	1222,6	1532,5	1355,5	159,5
Maksimalna sila odriva L (N)	602,7	764,4	677,9	81,4	608,5	772,7	685,2	82,6
Maksimalna sila odriva D (N)	614,5	827,8	698,0	113,9	616,5	764,0	672,7	79,7
Maksimalna sila odriva SPR (N)	1214,1	1446,4	1325,5	116,4	1221,3	1476,7	1331,7	131,1
Maksimalna sila odriva ZAD (N)	198,0	435,1	316,9	118,5	650,1	869,4	771,8	111,6
Maksimalna sila SPR L (N)	602,6	741,2	670,9	69,3	609,6	773,7	686,6	82,5
Maksimalna sila SPR D (N)	612,4	709,7	657,4	49,0	613,8	715,0	653,5	53,9
Maksimalna sila ZAD L (N)	77,6	183,3	135,8	53,6	264,7	404,9	327,3	71,3
Maksimalna sila ZAD D (N)	126,1	255,7	186,3	65,2	401,3	507,4	463,3	55,2
Telesna teža (kg)	557,5	728,6	635,7	86,4	556,4	728,1	634,7	86,8
Relativna max. sila odriva (N/kg)	2,12	2,18	2,16	,035	2,10	2,20	2,13	,05
Relativna max. sila L (N/kg)	1,05	1,08	1,06	,016	1,06	1,09	1,08	,01
Relativna max. sila D (N/kg)	1,05	1,14	1,09	,043	1,03	1,11	1,06	,04
Relativna max. sila SPR (N/kg)	1,99	2,18	2,09	,098	2,03	2,19	2,10	,08
Relativna max. sila ZAD (N/kg)	,32	,60	,49	,153	1,17	1,28	1,21	,06
Relativna max. sila SPR L (N/kg)	1,02	1,08	1,05	,035	1,06	1,10	1,08	,01
Relativna max. sila SPR D (N/kg)	,97	1,10	1,03	,062	,98	1,10	1,03	,06
Relativna max. sila ZAD L (N/kg)	,13	,26	,21	,076	,48	,56	,51	,04
Relativna max. sila ZAD D (N/kg)	,20	,35	,29	,077	,66	,82	,73	,07
Sunek sile VERT (Ns)	150,1	205,5	173,7	28,6	156,9	200,6	174,7	22,9
Sunek sile VERT L (Ns)	173,5	264,8	219,0	45,6	175,3	263,2	214,0	44,9
Sunek sile VERT D (Ns)	188,2	264,4	228,1	38,2	181,1	250,0	216,2	34,4
Sunek sile VERT Z L (Ns)	-1,18	-,36	-,70	,425	4,9	11,0	7,0	3,4
Sunek sile VERT Z D (Ns)	,03	,14	,09	,055	,3	21,2	12,4	10,8
Sunek sile VERT SPRL (Ns)	112,4	205,5	143,7	53,4	126,5	191,0	153,7	33,3
Sunek sile VERT SPR L (Ns)	134,4	264,2	187,7	67,9	144,2	251,0	190,8	54,6
Sunek sile VERT SPR D (Ns)	149,5	263,6	196,9	59,4	149,4	235,7	192,6	43,1
Sunek sile HOR L (Ns)	-,88	-,27	-,57	,306	5,0	11,0	7,1	3,3
Sunek sile HOR D (Ns)	,02	,13	,08	,059	,2	17,6	10,6	9,1
Rel. sunek sile VER (Ns/kg)	2,62	2,77	2,67	,081	2,64	2,77	2,70	,06
Rel. sunek sile VER L (Ns/kg)	3,05	3,57	3,35	,269	3,09	3,55	3,28	,23
Rel. sunek sile VER D (Ns/kg)	3,31	3,66	3,517	,180	3,19	3,45	3,33	,12
Rel. sunek sile VER ZAD L (Ns/kg)	-,02	-,01	-,010	,006	,08	,15	,10	,03
Rel. sunek sile VER ZAD D (Ns/kg)	,00	,00	,001	,000	,01	,34	,18	,16
Rel. sunek sile VER SPR (Ns/kg)	1,79	2,77	2,17	,51	2,23	2,57	2,35	,18
Rel. sunek sile VER SPR L (Ns/kg)	2,36	3,56	2,84	,63	2,54	3,38	2,91	,42
Rel. sunek sile VER SPR D (Ns/kg)	2,63	3,55	2,99	,48	2,64	3,18	2,95	,28
Rel. sunek sile HOR L (Ns/kg)	-,01	,00	-,008	,00	,08	,15	,10	,03
Rel. sunek sile HOR D (Ns/kg)	,00	,00	,001	,00	,00	,28	,15	,13

Tabela 4

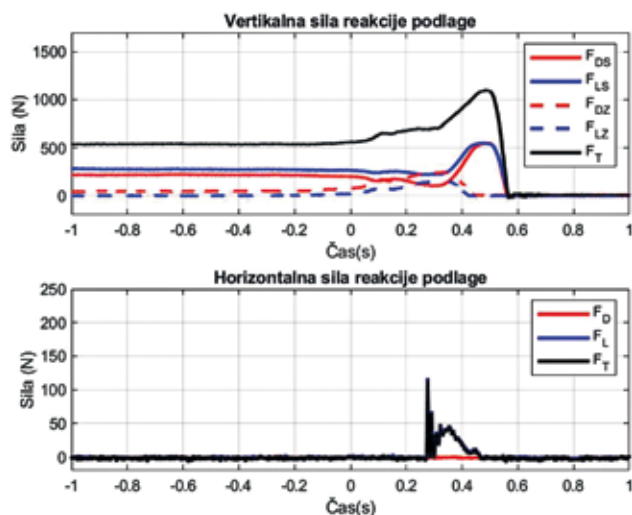
Osnovna statistika: dekleta (n = 4), skakalni čevlji, 10 stopinj

Dekleta (N = 4)	Imitacija s pomikom 30 cm				Imitacija z lovljenjem			
	Min	Max	Mean	S. D	Min	Max	Mean	S.D
Ime spremenljivke								
Čas odskoka (sek/100)	,45	,50	,48	,019	,48	,54	,51	,024
Čas Fmax (sek/100)	,37	,44	,41	,030	,43	,48	,45	,021
Čas Fmax L (sek/100))	,38	,44	,41	,030	,43	,47	,45	,017
Čas Fmax D (sek/100)	,37	,44	,41	,029	,44	,49	,45	,020
Čas Fmax SPR (sek/100)	,39	,44	,41	,025	,45	,49	,46	,016
Čas Fmax ZAD (sek/100)	,16	,26	,22	,046	,21	,34	,26	,059
Čas Fmax SPR L (sek/100)	,39	,44	,41	,024	,43	,48	,45	,020
Čas Fmax SPR D (sek/100)	,37	,44	,41	,030	,45	,49	,46	,018
Čas Fmax ZAD L (sek/100)	,18	,32	,24	,071	,27	,34	,29	,031
Čas Fmax ZAD D (sek/100)	,16	,26	,21	,043	,21	,33	,25	,056
Cas odriva HOR L (sek/100)	,35	,41	,38	,026	,39	,42	,41	,015
Čas odriva HOR D (sek/100)	,38	,42	,40	,015	,42	,46	,43	,018
Maksimalna sila odriva (N)	945,2	1160,5	1066,4	90,6	947,5	1199,6	1101,3	110,6
Maksimalna sila odriva L (N)	459,6	595,1	541,5	60,8	463,1	602,4	547,6	60,5
Maksimalna sila odriva D (N)	488,9	567,9	529,4	33,2	488,2	599,6	556,6	49,2
Maksimalna sila odriva SPR (N)	944,3	1151,2	1057,7	89,2	916,7	1199,1	1092,9	124,8
Maksimalna sila odriva ZAD (N)	166,0	392,4	300,8	97,4	397,90	543,00	455,9	61,6
Maksimalna sila SPR L (N)	461,9	596,3	541,2	61,6	463,51	603,50	548,8	61,1
Maksimalna sila SPR D (N)	484,2	559,9	519,7	31,0	463,46	598,19	548,3	60,0
Maksimalan sila ZAD L (N)	69,2	168,3	131,9	43,5	153,38	217,45	184,8	26,1
Maksimalna sila ZAD D (N)	99,8	241,9	176,8	58,5	246,81	331,67	277,9	37,7
Telesna teža (kg)	469,4	592,4	537,9	51,2	470,57	589,51	538,1	49,8
Relativna max. sila odriva (N/kg)	1,92	2,05	1,98	,05	2,01	2,09	2,04	,033
Relativna max. sila L (N/kg)	,96	1,08	1,00	,05	,98	1,04	1,01	,023
Relativna max. sila D (N/kg)	,96	1,04	,98	,03	1,02	1,05	1,03	,015
Relativna max. sila SPR (N/kg)	1,87	2,05	1,96	,07	1,95	2,09	2,02	,059
Relativna max. sila ZAD (N/kg)	,35	,66	,54	,13	,74	,98	,85	,130
Relativna max. sila SPR L (N/kg)	,95	1,09	1,00	,05	,98	1,05	1,01	,025
Relativna max. sila SPR D (N/kg)	,94	1,03	,96	,04	,98	1,05	1,01	,026
Relativna max. sila ZAD L (N/kg)	,15	,30	,24	,06	,28	,39	,34	,056
Relativna max. sila ZAD D (N/kg)	,21	,41	,32	,08	,44	,60	,51	,083
Sunek sile VERT (Ns)	107,9	131,6	122,5	10,5	104,0	134,6	122,0	13,2
Sunek sile VERT L (Ns)	166,7	213,3	190,6	22,9	176,4	223,5	205,5	21,7
Sunek sile VERT D (Ns)	172,1	197,5	188,2	11,1	173,8	221,7	205,2	21,4
Sunek sile VERT Z L (Ns)	-1,05	-,34	-,75	,31	,5	7,0	3,6	2,8
Sunek sile VERT Z D (Ns)	-,48	4,13	,83	2,2	-,4	9,9	3,3	4,5
Sunek sile VERT SPRL (Ns)	77,3	115,9	98,8	17,8	73,4	98,6	87,2	12,1
Sunek sile VERT SPR L (Ns)	133,9	180,6	162,4	21,4	160,1	170,6	167,2	4,8
Sunek sile VERT SPR D (Ns)	136,9	174,3	160,8	17,2	158,8	181,0	167,3	9,5
Sunek sile HOR L (Ns)	-,89	-,24	-,62	,28	,5	6,8	3,5	2,8
Sunek sile HOR D (Ns)	-,42	,86	,53	,55	-,3	6,2	2,1	2,9
Rel. sunek sile VER (Ns/kg)	2,18	2,29	2,23	,04	2,14	2,38	2,22	,10
Rel. sunek sile VER L (Ns/kg)	3,12	3,90	3,48	,31	3,56	4,02	3,74	,19
Rel. sunek sile VER D (Ns/kg)	3,27	3,60	3,44	,14	3,50	3,93	3,74	,21
Rel. sunek sile VER ZAD L (Ns/kg)	-,02	-,01	-,01	,006	,01	,12	,065	,05
Rel. sunek sile VER ZAD D (Ns/kg)	-,01	,07	,01	,036	-,01	,18	,061	,08
Rel. sunek sile VER SPR (Ns/kg)	1,62	2,06	1,79	,199	1,34	2,06	1,61	,34
Rel. sunek sile VER SPR L (Ns/kg)	2,80	3,24	2,95	,205	2,83	3,52	3,07	,32
Rel. sunek sile VER SPR D (Ns/kg)	2,85	3,10	2,93	,113	2,64	3,45	3,07	,34
Rel. sunek sile HOR L (Ns/kg)	-,02	,00	-,01	,005	,01	,12	,06	,04
Rel. sunek sile HOR D (Ns/kg)	-,01	,05	,01	,026	-,01	,11	,04	,05

Iztegovanje skočnega sklepa pri imitaciji odskoka z lovljenjem je povsem v nasprotju s potekom iztegnitve skočnega sklepa pri odskoku na skakalnici (Slika 9).



Slika 9. Potek odskoka merjenke v situacijskih pogojih na skakalnici. Pri imitaciji odskoka z lovljenjem se zaradi iztegovanja skočnega sklepa ustvari dominanten del odrivne sile na sprednjem delu stopala ob zaključku odriva (Slika 10).



Slika 10. Potek krivulje odrivnega impulza pri imitaciji odskoka smučarke skakalke z lovljenjem

V zaključnem delu odriva se pri imitaciji odskoka z lovljenjem močno aktivirajo iztegovalke skočnega sklepa, ki so pri realnem odskoku na skakalnici z vidika tvorjenja sile odriva skoraj povsem inhibirane in tako ne sodelujejo pri ustvarjanju odrivne sile. Skupaj z antagonisti skočnega sklepa skrbijo za stabilizacijo položaja skakalca med odskokom in v brezoporni fazi odskoka pomagajo pri vzpostavitvi optimalnega položaja telesa in smuči za fazo leta.

V biomehanskem smislu je prav gotovo izvedba odskoka z lovljenjem bistveno drugačna od izvedbe odskoka na skakalnici. Če smo

dokaj natančni, bi lahko rekli, da med obema vrstama odskoka praktično ni nobene biomehanske podobnosti. Pri imitaciji odskoka z lovljenjem mora skakalec preiti v fazo leta z močnim pomikom težišča telesa v smeri naprej, da ga trener lahko ulovi. Na skakalnici je hitrost skakalca v horizontalni smeri tako velika, da ni nikakršne možnosti za tovrstno lovljenje. Obstajajo pa vaje imitacije odskoka pri majhni osnovni hitrosti gibanja, kjer je tovrstno lovljenje možno in skakalec lahko odriva pretežno v vertikalni smeri odskoka. Te vaje naj bi bile bolj podobne odskoku na skakalnici in so morda tudi bolj primerne za vadbo (Lorenzetti, Ammann, Windmüller, Häberle, Müller, Gross, Plüss, Plüss, Schödler in Hübner, 2017). Dokaj priljubljena je med skakalci imitacija odskoka na vozičku z lovljenjem pri majhni hitrosti. Norveški raziskovalci Ettema, Hooiveld, Braaten in Bobbert (2015) so ugotovili, da pri tovrstni imitaciji bolj učinkujejo iztegovalke kolenskega sklepa, ki prispevajo k večji kotni hitrosti gibanja telesa v tem sklepu.

Na podlagi dosedanjega strokovnega in znanstvenoteoretičnega pristopa veljajo smučarski skoki za dokaj zapleteno tehnično gibanje, ki se po Virnavirti in Komiju (1989) izvajajo v kompleksnem biomehanskem okolju in zahtevnih psiholoških okoliščinah. Te pa niso otežene zgolj zaradi tekmovalne napetosti, ampak tudi zaradi narave smučarskih skokov. Napake pri izvedbi skoka lahko privedejo do padcev in ti lahko povzročijo težje poškodbe. Še zlasti je to prisotno pri skokih v oteženih razmerah in na največjih skakalnicah oziroma letalnica. Večina strokovnjakov predlaga čim večjo količino specialne vadbe smučarskih skokov na skakalnici. Vendar pa ti strokovnjaki hkrati poudarjajo pomen specialne in osnovne motorične priprave skakalcev. Umetnost uspešne vadbe se skriva v optimalnem izboru posameznih sestavin vadbenega procesa in seveda doslednega vztrajanja na poti ciljno usmerjenega vadbenega procesa. Najuspešnejši trenerji si postavijo dolgoročno usmerjene cilje vadbenega procesa in potem ob pomoči različnih strokovnjakov in predvsem z uporabo znanstvenih meritev (testiranje) vztrajajo pri izvedbi tega procesa. In taka zasnova prej ali slej privede do vrhunskih dosežkov, seveda ob predpostavki, da so športniki dovolj talentirani za razvoj na raven vrhunske tekmovalne uspešnosti. Pri vadbi trenerji vse pogosteje uporabljajo nove tehnologije vadbenega procesa. V smučarskih skokih je to še posebno pomembno pri razvoju specialnih gibalnih sposobnosti skakalcev. Pri razvoju specialnih gibalnih sposobnosti se v vadbenem procesu uporabljajo številne specifične gibalne naloge, ki se izvajajo na posebnih vadbenih napravah. Te pa so vse bolj podprte z merilnimi instrumenti, s katerimi je omogočeno spremljanje izbranih biomehanskih dejavnikov gibanja. Pri razvoju odrivne moči skakalcev se v vadbenem procesu uporabljajo gibalne naloge, s katerimi se nekako posnema obliko tehnike gibanja skakalca pri odskoku. Seveda so te gibalne naloge na eni strani dokaj enostavne (npr. vertikalni odskok iz skakalnega počepa na mestu) in na drugi strani dokaj otežene (npr. imitacija odskoka smučarjev skakalcev s kratkimi smučmi na mali skakalnici HS 20 m). Vmes se lahko razvrsti številne vaje za imitacijo odskoka, ki se lahko izvajajo na mestu ali pri določeni osnovni hitrosti gibanja, pri čemer so lahko okoliščine izvajanja posamezne gibalne naloge enostavne ali pa otežene in kompleksne. Najboljši skakalci naj bi bili sposobni kvalitetno izvesti imitacijo odskoka pri najzahtevnejših pogojih gibanja. Vsaka specialna vaja imitacije odskoka je lahko dragocena, če je umeščena v celovito strategijo razvoja specialnih gibalnih sposobnosti. Doseganje visoke učinkovitosti vadbe znotraj te strategije pa se vsakokrat na novo kaže kot poseben strokovni izziv. Nikoli nismo in ne moremo doseči končne kvalitete vadbenega procesa, ker

se ta vedno pokaže pri vsakem skakalcu in v vsakem trenutku v neki novi podobi in smislu. Vedno pa so trenerji in skakalci ujeti v spoštovanje osnovnega načela oziroma zakonitosti, da se mora vadbeni proces prilagoditi optimalni tehniki in njenim biomehanskim zakonom, in ne obrnjeno. Manifestacija odzivne moči je na primer lahko dokaj odvisna od aerodinamičnih pogojev na skakalnici (Virmavirta, Kivekäs in Komi, 2001). Nemogoče je, da se bodo biomehanski zakoni tehnike skoka prilagodili subjektivnemu stanju pripravljenosti posameznega skakalca. Žal se lahko zaradi tega napačnega pristopa kaj hitro izgubijo številni talenti in vrhunsko tekmovalno nadarjeni skakalci. V strokovni praksi se včasih trenerji prehitro zadovoljijo z ustaljeno metodiko razvoja odzivne moči ali pa prehitro poenostavijo metode tega razvoja. To pa največkrat ne prinaša uspešnega razvoja odzivne moči. Z izvedbo vertikalnega skoka v laboratorijskih pogojih lahko pridobimo dragocene podatke o izbranih dejavnikih, ki določajo čas in višino odskoka. Vprašanje pa je, kaj nam ti podatki lahko povedo o resničnem biomehanskem in živčno-mišičnem oziroma gibalnem ozadju dejavnikov, ki realno determinirajo uspešnost odskoka smučarjev skakalcev na skakalnici. Pri izvedbi našega eksperimenta smo lahko pri vertikalnem odskoku ugotovili, da je višina odskoka nekako primerljiva z višino odskoka vrhunskih skakalcev in skakalk na skakalnici, čas odskoka pa ne. Pri laboratorijskih pogojih vertikalnega skoka je ta čas značilno večji od tistega na skakalnici. Vzrok za to se skriva v posebnostih izvedbe odskoka na eni strani – na skakalnici in drugi strani – v laboratoriju. Odrivna moč smučarjev skakalcev po Virmavirti in Komiju (1993) pomembno biomehansko določa značilnosti poteka odskoka smučarjev skakalcev po zapustitvi oporne faze odrida. Visok potencial odzivne moči omogoča skakalcu dvig krivulje leta v prvi vzletni fazi ob hkratnem hitrejšem prehodu skakalca v ugoden aerodinamični položaj za fazo leta. Odrivno moč smučarjev skakalcev je tako nujno treba razvijati, pri čemer pa se odpira vprašanje konceptualne usmerjenosti vadbene procesa pri vsakem skakalcu posebej. Odskok smučarjev skakalcev se izvede v zapletenih mehanskih okoliščinah, pri veliki osnovni hitrosti gibanja in izrazitem kompleksnem inercialnem delovanju fizikalnih sil in njihovih momentov (sila teže, sila trenja, sila aerodinamičnega upora, sila aerodinamičnega vzgona). V ta sistem delujočih sil in njihovih momentov se po Vaverki (1987) vključuje tudi odzivna sila, ki povzroča silo reakcije podlage in nasploh določa uspešnost odskoka posameznega skakalca. Potek gibanja skakalca med odskokom zahteva visoko tehniko gibanja, ki pa je odvisna od številnih dejavnikov psihosomatičnega statusa skakalca in kompleksnega delovanja vseh relevantnih specialnih motoričnih sposobnosti (koordinacije, ravnotežja, točnosti, gibljivosti, hitrosti in navsezadnje v posameznih primerih tudi od vzdržljivosti). Izvedba odskoka smučarjev skakalcev v laboratorijskih pogojih je prav gotovo bistveno drugačna kot pri izvedbi odskoka v situacijskih pogojih. Večje ko je odstopanje posamezne izvedbe odskoka skakalca, manjša je povezanost med dejavniki, ki pogojujejo uspešnost odskoka v enem in drugem primeru. Zaradi tega se logično in racionalno teži k oblikovanju načela oziroma zakonitosti vadbene procesa, ki terja zadostno mero razvoja odzivne moči smučarjev skakalcev v okoliščinah in pogojih, ki so dokaj podobni tistim na skakalnici, oziroma da se razvije takšen potencial odzivne moči smučarjev skakalcev, ki bo učinkoval v pogojih situacijske izvedbe odskoka na skakalnici. K temu spoznanju so nekako prišli nekateri raziskovalci odzivne moči smučarjev skakalcev (Vaverka, 1987; Virmavirta in Komi, 1994; Schwameder, Müller, Raschner in Brunner, 1996; Ettema, Hooiveld, Braaten in Bobbert, 2015; Ketterer, Gollhofer in Lauber, 2020).

■ Zaključek

Diagnosticiranje strukture odzivne moči smučarjev skakalcev se lahko danes izvaja na skakalnici in še prav posebej v laboratorijskih pogojih, ko skakalci izvajajo odskok z imitacijskimi vajami. Merilna tehnologija je nujna spremljevalka ekspertnega spremljanja, načrtovanja in programiranja procesa razvoja specialne odzivne moči smučarjev skakalcev. Nova merilna naprava za diagnostiko izbranih komponent odzivne moči pri izvedbi odskoka smučarjev skakalcev v laboratorijskih pogojih omogoča bolj poglobljen večplasten vpogled v strukturo odzivne moči smučarjev skakalcev. Eksperimentalne meritve na vzorcu sedmih mladih skakalcev in skakalk so pokazale specifičnost strukture odzivne moči pri izvedbi imitacije odskoka in razlike, ki nastajajo med to strukturo in dejansko strukturo odzivne moči pri izvedbi odskoka na skakalnici. Čas odrida se je pri vseh treh izvedbah imitacije odskoka bistveno povečal glede na dejanski čas izvedbe odskoka na skakalnici. Pri tem se je pri imitaciji odskoka v skakalnih čevljih dosegla višina odskoka, ki je primerljiva z višino odskoka skakalcev na skakalnici. Struktura odzivne moči pri izvedbi imitacije odskoka z lovljenjem v skakalnih čevljih je bistveno drugačna od tiste na skakalnici. Pri imitaciji odskoka z lovljenjem se glavni del odzivnega impulza generira v sprednjem delu stopal. Na skakalnici so iztegovalke skočnega sklepa inhibirane in ne tvorijo znatne odzivne sile. Odrivni impulz pri imitaciji z lovljenjem povzroča dominantno izražanje prevladujoče vertikalne komponente odrida, kar je skladno z odridom v situacijskih pogojih na skakalnici. Pri kotu nagiba odzivne površine 10 kotnih stopinj na merilni napravi se že vzpostavijo podobni mehanizmi regulacije vertikalne in horizontalne komponente odzivne sile kot na skakalnici. Skakalec lahko pri tem kotu izvede imitacijo odskoka z lovljenjem, ne da bi pri tem pretirano povečeval vrednost horizontalne komponente odzivne sile. Na skakalnici bi povečevanje te komponente lahko prispevalo k nenadzorovanemu povečanju rotacijske komponente odskoka, ki bi posledično lahko ogrozilo uspešen prehod skakalca v fazo leta. Izvedba imitacije odskoka z lovljenjem s skakalnimi čevlji pri naklonu odzivne površine 10 kotnih stopinj je tako precej boljša različica, kot če se ta oblika priljubljene imitacije odskoka izvaja v športnih copatih na horizontalni podlagi.

■ Literatura

1. Ettema, G., Hooiveld, J., Braaten, S. in Bobbert, M. (2015). How do elite ski jumpers handle the dynamic conditions in imitation jumps? *Journal of Sport Sciences*, DOI: 10.1080/02640414.2015.1088660
2. Jošt, B. (1988). Trenažerji za specialno motorično pripravo smučarjev skakalcev. *Telesna kultura*, 36 (1-2), 15–20.
3. Jošt, B. (1998). Vadbena naprava za razvoj specialne odzivne moči smučarjev skakalcev. *Šport*, 46 (1), 5–8.
4. Jošt, B. (2009). Teorija in metodika smučarskih skokov. Ljubljana: Fakulteta za šport.
5. Jošt, B. (2010). The hierarchical structure of selected morphological and motor variables in ski jumping. *Human movement*, 11(2), 124–131.
6. Ketterer, J., Gollhofer, A. in Lauber, B. (2020). Biomechanical agreement between different imitations jumps and hill jumps in ski jumping. *Scand J Med Sci Sports*, 00:1–9.
7. Komi, P. V. in Virmavirta, M. (2000). Determinants of successful ski-jumping performance. V Vladimir M. Zatsiorsky (ur.), *Biomechanics in sport*, Chapter 17 (str. 349–362). Oxford (UK); Malden, (MA) USA: Blackwell science, 2000.

8. Lorenzetti, S., Ammann, F., Windmüller, S., Häberle, R., Müller, S., Gross, M., Plüss, M., Plüss, S., Schödler, B. in Hübner, K. (2017). Conditioning exercises in ski jumping: biomechanical relationship of squat jumps, imitation jumps and hill jumps. *Sport Biomechanics*, 31(4): 1–12.
9. 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.
10. Schwameder, H., Müller, E., Raschner, C. in Brunner, C. F. (1996) Aspects of technique-specific strength training in ski-jumping. V E. Müller, H. Schwameder, C. Raschner, S. Lindinger in E. Kornaxl (ur.). *Science and Skiing I (Proceedings book of the First International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 7–13, 1996)* (str. 309–319). Hamburg: Dr. Kovač.
11. Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžich*. Olomouc: Univerzita Palackeho.
12. Virmavirta, M. in Komi, P. V. (1989). The take off forces in ski jumping. *International journal of Sport Biomechanics*, 5, 248–257.
13. Virmavirta, M. in Komi, P. V. (1993). Measurement of take-off forces in ski jumping – part I. *Skandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 3(4), 229–236.
14. Virmavirta, M. in Komi, P. V. (1994). Take-off analysis of a champion ski jumper. *Coaching and Sport Science Journal*, 1, 23–27.
15. Virmavirta, M. in Komi, P. V. (2001). Factors influencing the »explosiveness« of ski jumping take-off. V E. Müller, H. Schwameder, C. Raschner, S. Lindinger in E. Kornaxl (ur.). *Science and Skiing II (Proceedings book of the Second International Congress on Skiing and Science, St. Christoph a. Arlberg, Austria, January 9–15, 2000)* (str. 14–29). Hamburg: dr. Kovač.
16. Virmavirta, M., Kivekäs, J. in Komi, P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 465–470.
17. Werchoshanskij, I. V. in Tatjan, W. W. (1975). Komponenten und funktionelle Struktur der Explosivkraft des Menschen. *Leistungssport*, 5(1), 25–31.

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