



Darjan Spudić,
Primož Pori, Robert Cvitkovič, Darjan Smajla, Anuška Ferligoj

Kvaliteta merjenja z inercijsko napravo za merjenje spremenljivk moči

Izvleček

Zaradi izkoriščanja ključnega koncepta inercijske vadbe – ekscentrične preobremenitve se inercijska vadba za moč kaže kot ekonomična alternativa tradicionalni vadbi z utežmi. Izdelani sta bili inercijska naprava za izvedbo horizontalnega potega in programska oprema, ki omogoča spremljanje lastnosti ponovitev vaje. Namen raziskave je bil oceniti veljavnost in zanesljivost merjenja na lastni izdelani inercijski napravi za izvedbo horizontalnega potega. Na 38 študentih so bile izvedene meritve moči. Spremenljivke moči so bile istočasno zajete z dvema metodama, in sicer z novo lastno izdelano programsko opremo in s silomerom Fakultete za šport. Obe metodi sta bili z namenom ocene zanesljivosti (*test-retest*) uporabljeni dvakrat, veljavnost pa smo ocenili s korelacijo med obema metodama v istem času. Z namenom ocene notranje konsistentnosti in redukcije spremenljivk moči smo izvedli analizo glavnih komponent in med dobljenimi prvimi komponentami izračunali Pearsonove korelacijske koeficiente. Ugotovili smo dobro notranjo konsistentnost ($\Theta = 0,8$), visoko zanesljivost ($P = 0,749$) in zelo visoko veljavnost v primeru prvih ($P = 0,950$) in drugih meritev ($P = 0,845$). Pridobljeni rezultati nam omogočajo nadaljnjo zanesljivo in veljavno spremljanje lastnosti ponovitev vaj za moč v inercijskih pogojih.

Ključne besede: inercija, moč, veljavnost, zanesljivost, merjenje.



Validity and Reliability of Inertial Device for Measuring Resistance Exercise Variables

Abstract

Positive characteristics of muscle adaptation to eccentric overload make inertial exercise an economic alternative to the traditional resistance exercise using weights. A rowing inertial device was created which was able to track the characteristics of each repetition during a set. The purpose of the research was to assess the validity and reliability of the self-made inertial device. Measurements were performed on 38 students. Power variables were simultaneously captured using two methods: the new, self-constructed software, and the load sensor provided by the Faculty of Sports. Both methods were tested twice to assess (*test-retest*) reliability. Validity was evaluated by correlating the two methods by performing them at the same time. With the intention of internal consistency calculation and reducing the resistance exercise variables, a principal component analysis was made and, among the first components collected, Pearson's correlation coefficients were calculated. The results showed a good internal consistency of the variables used ($\Theta = 0,8$), high reliability ($P = 0,749$) and a very strong validity in the case of the first ($P = 0,950$) and second ($P = 0,845$) measurements. These results allow the research team to continue to collect relevant and valid characteristics of exercise repetitions in inertial conditions.

Key words: Inertia, Resistance, Validity, Reliability, Measuring.

Uvod

Inercijske naprave za vadbo moči, ki v zadnjih letih predstavljajo trend v svetu vadbe za moč, temeljijo na izkoriščanju vrtilne količine kolutaste uteži, ki jo v vrtenje spravimo s potegom vrvi, ovite okoli osi, na katero je utež nameščena. Ko se potezna vrv popolnoma odvije od kovinske osi, se zaradi vrtenja uteži, nameščene na kovinski osi, ki smo jo povzročili s potegom, potezna vrv prične ovijati okoli kovinske osi v nasprotni smeri prejšnjega navitja. Rotacijska energija, ki jo pridobi utež med koncentričnim potegom, se izniči pri zaustavljanju vrtenja kolesa z ekscentrično kontrakcijo vključenih mišic. Vadba v inercijskih pogojih omogoča enostavnejše doseganje višjih sil in moči v ekscentričnem delu ponovitev vaje (doseganje t. i. ekscentrične preobremenitve), s čimer zaradi vseh pozitivnih učinkov ekscentrične vadbe optimiziramo intenzivnost in s tem trenajni proces postane učinkovitejši (Komi, Linnamo, Silventoinen in Sillanpää, 2000; Maroto-Izquierdo, García-López, Fernandez-Gonzalo, Moreira, González-Gallego in de Paz, 2017). Tekoče ponovitve inercijske vadbe spominjajo na delovanje jo-ja in zato vadbo poimenujemo tudi Yo-Yo vadba (Norrbrand, Fluckey, Pozzo in Tesch, 2008).

Ugotovitve meta analiz (Maroto-Izquierdo, idr., 2017; Vicens-Bordas, Esteve, Fort-Vanmeerhaeghe, Bandholm in Thorborg, 2018) kažejo na to, da inercijska vadba moči privede do hitrejšega prirastka mišične mase, medtem ko so rezultati študij glede prirastka največje koncentrične in ekscentrične mišične moči (jakosti), hitre moči in vzdržljivosti v moči v primerjavi s tradicionalno vadbo kontradiktorni (Naczek, Brzeczek-Owczarzak, Arlet, Naczek in Adach, 2014; Norrbrand, 2008; Núñez, Suarez-Arrones, Cater in Mendez-Villanueva, 2016; Tesch, Fernandez-Gonzalo in Lundberg, 2017), vendar po učinkih na spremljane spremenljivke ni inercijska vadba nikoli podrejena tradicionalni vadbi z utežmi. S kratkotrajnimi, vendar učinkovitimi metodami vadbe za moč na inercijskih napravah torej lahko dosežemo ekonomičnost, ki se v praksi kaže kot pomembna značilnost vadbe.

Intenzivnost vadbe moči pri tradicionalni vadbi z utežmi določa masa uteži, inercijska vadba pa kot intenzivnost uporablja masni vztrajnostni moment uteži, ki je odvisen od mase in kvadrata polmera kolutaste uteži. Poleg mase oziroma masnega vztrajnostnega momenta uteži pri inercijski vadbi

intenzivnost dodatno uravnavamo s hitrostjo ponovitev, ki določa hitrost razvoja sile. Manipulacija masnega vztrajnostnega momenta in posledično hitrosti ter časa izvajanja ponovitev na inercijskih napravah ima torej vpliv na živčno-mehanske lastnosti mišic, pridobljenih z vadbo (Martinez-Aranda in Fernandez-Gonzalo, 2017).

Medtem ko pri tradicionalni vadbi z utežmi dokaj dobro poznamo metode vadbe za povečanje mišične mase (Schoenfeld, Ogborn in Krieger, 2015), ki v sistematičnem obdobju vadbe kronološko prednjačijo metodam hitre moči, so pri inercijski vadbi za moč metode obremenjevanja, ki jih definiramo z načinom izvajanja ponovitev, številom nizov in ponovitev znotraj nizov, odmorom in frekvenco vadbenih enot, slabo raziskane (Carroll, Wagle, Sato, Taber, Yoshida, Bingham in Stone, 2018). Na podlagi sicer pozitivnih izsledkov dosedanjih raziskav je znanega še premalo, da bi lahko vadečim priporočali najbolj primerno metodo vadbe na inercijskih napravah za povečanje največje moči, hitre moči ali vzdržljivosti v moči ter kasneje le-to tudi modulirali v vadbeni program za izboljšanje gibalnih sposobnosti.

Z namenom prilagajanja obremenitve in primerne izbire vaj je bila izdelana pilotna starostnikom in ostalim posebnim skupinam prilagojena inercijska naprava za vadbo moči in pilotna programska oprema za spremljanje lastnosti ponovitev. Lastna skonstruirana naprava omogoča relativno prilagajanje intenzivnosti vadbe, širok spekter izbire vaj in spremljanje lastnosti ponovitev vaj, česar cilj je poznejša opredelitev živčno-mišičnih prilagoditev, gibalnih sposobnosti in v končni fazi svetovanje protokolov vadbe glede na zastavljene cilje posameznikov, vaditeljev ali trenerjev, ki uporabljajo inercijske naprave za vadbo za moč.

Prepoznavanje napak v merskem procesu z lastno izdelano napravo in lastno izdelano programsko opremo predstavlja izhodišče za oceno kvalitete merjenja. Govorimo o zanesljivosti in veljavnosti kot osnovnih pogojih, ki zagotovita objektivnejše raziskovanje (Ferligoj, Leskošek in Kogovšek, 1995).

Namen raziskave je bil oceniti veljavnost in zanesljivost merjenja na lastni skonstruirani inercijski napravi za vadbo za moč, kar predstavlja temelj nadaljnjega raziskovanja lastnosti ponovitev in metod vadbe za moč na inercijskih napravah.

Metode dela

Vzorec merjencev

V raziskavo je bilo naključno zajetih 38 študentov Fakultete za šport (\bar{x} = 21,7 let, s = 2,2 let; \bar{x} = 173,1 cm, s = 9,5 cm; \bar{x} = 69,85 kg, s = 13,2 kg), od tega 19 žensk (\bar{x} = 20,95 let, s = 1,7 let; \bar{x} = 166,1 cm, s = 6,1 cm; \bar{x} = 60,2 kg, s = 7,6 kg) in 19 moških (\bar{x} = 22,47 let, s = 2,4 let; \bar{x} = 180,1 cm, s = 6,7 cm in \bar{x} = 79,5 kg, s = 10,3 kg). Pred izvedbo prvotnih meritev so vsi merjenci podpisali soglasje o prostovoljnem sodelovanju na lastno odgovornosti in bili seznanjeni s tveganji eksperimenta. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško-tokijsko deklaracijo (World Medical Association, 2013).

Postopek in pripomočki

Izvedene so bile meritve moči na inercijski napravi. Spremenljivke moči so bile istočasno zajete z dvema metodama, in sicer z lastno izdelano programsko opremo (I – inercija), ki predstavlja nov način merjenja moči pri inercijski vadbi, in s silomerom Fakultete za šport (LC – silomer). Obe metodi sta bili z namenom ocene zanesljivosti uporabljene dvakrat (*test-retest*) v tedenskem razmiku. Notranjo konsistentnost spremenljivk moči pri obeh metodah smo dodatno izračunali z metodo glavnih komponent in Θ (Theta) koeficientom, kriterijsko veljavnost pa smo ocenili s korelacijo med obema metodama v istem času.

Uporabljena je bila lastna skonstruirana inercijska naprava (0,072 kg*m²), prilagojena za izvedbo horizontalnega potega v sedu (Slika 1), in lastna izdelana programska oprema, svetlobna vrata (Slot-type Optocoupler Module Speed Measuring Sensor for Arduino/51/AVR/PICCG, JingJiang, Kitajska) in samostojno skonstruiran 50-zobni plastični zobnik s premerom 50 mm, ki je bil nameščen na os vrtenja inercijske naprave. Verificiran silomer Fakultete za šport (Force sensor, Forsentek Co., Shenzhen, Kitajska) je bil nameščen na potezno vrv inercijske naprave.

Pred prvimi meritvami smo od merjencev pridobili podatke o višini in masi ter starost, vsak je bil seznanjen z namenom in možnimi negativnimi posledicami merjenja in vsi merjenci so se s pisnim soglasjem strinjali, da se meritve udeležujejo na lastno odgovornost. Vsak merjenec je bil seznanjen s tehniko izvedbe ponovitev vaje in je izvedel poskusen niz vaje horizontalnega potega na napravi, ki je zajemala 5 do 10

počasnih tekočih ponovitev vaje. V poskusnem nizu je bila s strani kineziologa še dodatno popravljena tehnika izvedbe ponovitve vaje, da je ustrezala varnostnim kriterijem in kriteriju navitja potezne vrvice v obsegu 40 cm. Po trinitutnem premoru je vsak merjenec izvedel meritven niz, ki je zajemal 3 uvajalne in 5 merilnih ponovitev, ki so bile izvedene z največjo zmožnostjo potega. Druge meritve so bile izvedene po istem postopku.



Slika 1. Končni položaj izvedbe horizontalnega potega sede na inercijski napravi s programsko opremo za beleženje lastnosti ponovitev.

Metode obdelave podatkov

Iz senzorja na inercijski napravi smo s pomočjo programske opreme pridobili surove podatke o trenutni frekvenci vrtenja uteži. Zaradi šuma v signalu smo podatke filtrirali z nizkoprepustnim filtrom. Pridobljene frekvence in fizikalne lastnosti naprave smo uporabili za izračun ustvarjenega navora na os, na katero se navija potezna vrv, preko izreka o vrtilni količini. V nadaljevanju smo z upoštevanjem radija osi izračunali trenutno silo – $F(t)$ v vrstici (Slika 2) ter s pomočjo kotne hitrosti tudi moč (P) pri vrtenju. Istočasno smo s pomočjo programske opreme iz silomera neposredno pridobili podatke o trenutni sili – $F(t)$, ki smo jih prav tako filtrirali z nizkoprepustnim filtrom in jih z upoštevanjem opravljene poti in trajanja ponovitve preračunali v moč (P), ustvarjeno med potegom. Podatki o času trajanja ponovitev so bili zajeti z ročno analizo signala.

Za vse spremenljivke so bile izračunane povprečne vrednosti in standardni odkloni (Tabela 1). Normalna porazdelitev predstavljenih spremenljivk je bila preverjena s Shapiro-Wilkovim testom. Z namenom nadaljnje obdelave podatkov z metodo glavnih komponent je bila nenormalna porazdelitev spremenljivk odpravljena z logaritmsko ($\log_{10}n$) transformacijo vrednosti. Primernost izbora spremenljivk za

obdelavo smo preverili s »Kaiser-Meyer-Olkin« testom ($KMO > 0,682$; nad sprejemljivih 0,5 po Fieldu, 2009) in z Barlettovim testom sferičnosti ($p < 0,000$). Preverjena je bila multikolinearnost in na drugi strani singularnost s pregledom medsebojnih korelacijskih koeficientov (Field, 2009).

Z namenom redukcije spremenljivk smo izvedli metodo glavnih komponent (Johnson in Wichern, 1998) posebej za prve in druge meritve ter posebej za meritve z inercijsko napravo in silomerom. V vsaki skupini spremenljivk smo določili prvo komponento glede na skoke v »scree« diagramih. Z namenom ugotavljanja notranje konsistentnosti posamezne prve komponente smo izračunali Θ koeficient (Ferligoj, Leskošek in Kogovšek, 1995).

Z namenom preverjanja zanesljivosti merjenja (ponovljivosti z metodo *retesta*) in sočasne kriterijske veljavnosti smo izračunali Pearsonove korelacijske koeficiente med pari prvih komponent.

Podatki so bili obdelani s programsko opremo IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corporation, New York, ZDA) in Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Washington, ZDA). Statistična značilnost je bila sprejeta z dvostransko 5 % napako.

■ Rezultati

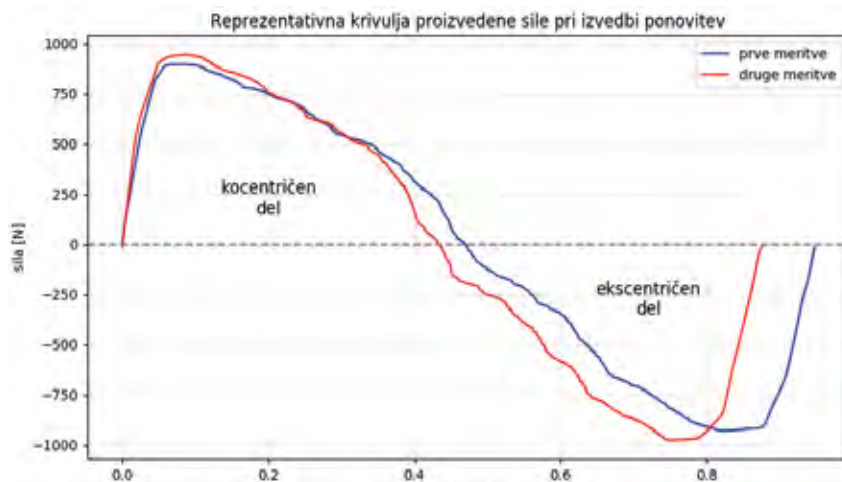
Slika 2 prikazuje reprezentativno krivuljo proizvedene sile v času pri izvedbi potega pri prvih (modra) in drugih (rdeča) meritvah. Pozitivne vrednosti na ordinatni osi prikazujejo proizvedeno silo v koncentričnem delu in negativne v ekscentričnem delu ponovitev vaje. Na grafu ugotovimo,

da so krivulje po obliki podobne, kar kaže na tehnično neoporečno izvedbo ponovitev. Ugotovimo tudi, da hitrejše izvedene ponovitve (rdeča) rezultirajo v višji največji proizvedeni sili v koncentričnem in ekscentričnem delu ponovitev vaje.

Tabela 1 prikazuje opisno statistiko izmerjenih spremenljivk obeh merjenj. Opazimo, da pride do razvoja višjih sil v ekscentričnem delu ponovitev vaje in do razvoja višjih povprečnih sil in povprečne moči med izvedbo ponovitev vaje, ko je čas trajanja ponovitev krajši.

Tabela 2 ločeno po dobljenih prvih komponentah prikazuje uteži posamezne spremenljivke na dobljeno komponento. Vsaka glavna komponenta po ekstrakciji pojasni več kot 80 % skupne variance spremenljivk. Na podlagi lastnih vrednosti je bil izračunan Θ koeficient zanesljivosti, ki kaže na dobro oziroma sprejemljivo notranjo konsistentnost spremenljivk znotraj vseh izraženih prvih komponent.

Tabela 3 prikazuje korelacijske koeficiente med izraženimi prvimi komponentami. Ugotovljena je bila visoka in statistično značilna povezanost ($P_i = 0,749$) med komponentama Moč_Inercija1 in Moč_Inercija2, kar pomeni, da so rezultati meritev spremenljivk moči na lastnem izdelanem merskem instrumentu zanesljivi oziroma visoko ponovljivi. Ugotovljena je bila tudi visoka in statistično značilna povezanost ($P_{LC} = 0,801$) med komponentama Moč_Silomer1 in Moč_Silomer2, kar pomeni, da so rezultati meritev spremenljivk moči na uporabljenem certificiranem silomeru pričakovano visoko ponovljivi.



Slika 2. Reprezentativna krivulja proizvedene sile pri izvedbi potega.

Tabela 1
Opisna statistika spremenljivk

št. enot = 38	Najnižja vrednost	Najvišja vrednost	Aritmetična sredina	Standardni odklon
I - kon max 1	597,15	1324,93	889,54	201,94
I - kon max 2	542,85	1334,03	871,93	199,47
I - eks max 1	546,44	1554,66	954,31	248,83
I - eks max 2	568,37	1531,15	948,67	256,10
I - av 1	36,09	896,76	541,28	160,96
I - av 2	331,45	822,23	567,96	138,90
I - time 1	,92	1,56	1,14	,15
I - time 2	,84	1,36	1,02	,11
I - P 1	11,74	349,89	196,28	71,85
I - P 2	114,29	383,01	227,77	73,39
LC - kon max 1	594,06	1371,33	870,09	210,51
LC - kon max 2	534,93	1377,71	843,62	202,52
LC - eks max 1	621,27	1406,95	932,57	237,67
LC - eks max 2	560,08	1498,38	913,14	234,14
LC - av 1	346,45	937,43	608,29	154,66
LC - av 2	391,51	932,54	629,47	154,87
LC - time 1	,82	1,50	1,10	,15
LC - time 2	,91	1,30	1,07	,11
LC - P 1	98,48	439,32	228,72	82,11
LC - P 2	124,29	397,66	242,79	79,15

Legenda. I – podatki pridobljeni z inercijsko napravo; LC – podatki pridobljeni s silomerom; kon – koncentričen del; eks – ekscentričen del; max – najvišja sila; av – povprečna sila ponovitev [N]; time – čas trajanja ponovitev [s]; P – povprečna moč ponovitev [W]; 1 – prve meritve; 2 – druge meritve.

Ugotovljena je bila zelo visoka in statistično značilna povezanost ($P_{I,LC1} = 0,950$) med komponentama Moč_Inercija1 in Moč_Silomer1, kar pomeni, da so rezultati prvih meritev spremenljivk moči na lastnem izdelanem merskem instrumentu veljavni

Tabela 2
Rezultati analize glavnih komponent

	Moč_Inercija1	Moč_Inercija2	Moč_Silomer1	Moč_Silomer2
kon max	,912	,984	,979	,987
eks max	,929	,960	,970	,980
av	,953	,958	,949	,969
P	,971	,946	,921	,913
time	-,705	-,767	-,742	-,868
Lastna vrednost - λ	4,044	4,290	4,199	4,459
% pojasnjene variance	80,872	85,808	83,981	89,186
Koeficient Θ	0,77	0,79	0,78	0,80

Legenda. Moč_Inercija1 – prva komponenta iz spremenljivk pridobljenih z inercijsko napravo na prvotnih meritvah; Moč_Inercija2 – prva komponenta iz spremenljivk pridobljenih z inercijsko napravo na drugih meritvah; Moč_Silomer1 – prva komponenta iz spremenljivk pridobljenih s silomerom na prvih meritvah; Moč_Silomer2 – prva komponenta iz spremenljivk pridobljenih s silomerom na drugih meritvah.

v zelo visoki meri v primerjavi z že uveljavljenim merskim instrumentom. Ugotovljena je bila tudi visoka in statistično značilna povezanost ($P_{I,LC2} = 0,845$) med komponentama Moč_Inercija2 in Moč_Silomer2, kar pomeni, da so tudi rezultati drugih

meritev spremenljivk moči na lastnem izdelanem merskem instrumentu veljavni v visoki meri.

Razprava

Medtem ko so pri tradicionalni izotonični vadbi za moč kot zunanja obremenitev najpogosteje uporabljene uteži in s tem sila gravitacije, inercijska vadba, ki predstavlja eno izmed možnosti vadbe za moč, kot obremenitev izkorišča masni vztrajnostni moment vrteče se kolutaste uteži (Alkner, Berg, Kozlovskaya, Sayenko, in Tesch, 2003; Norrbrand, 2011). Inercijski način obremenjevanja mišic se sodeč po izvedenih raziskavah po učinkovitosti lahko primerja s tradicionalnim dviganjem uteži oziroma se v primeru prirastka mišične mase pokaže tudi kot uspešnejša alternativa (Norrbrand, Pozzo in Tesch, 2010). Glavni koncept, ki mu avtorji pripisujejo največjo zaslugo za pozitivne rezultate številnih študij, je ekscentrična preobremenitev. Zaradi le-te pride do pozitivne prilagoditve mišic na relativno višje sile v ekscentričnem delu ponovitev vaje v primerjavi s koncentričnim delom in do izkoriščanja elastične energije mišic.

Enako kot pri tradicionalni vadbi z utežmi moramo z namenom razvoja določenih zelenih mišičnih lastnosti in posledično gibalnih sposobnosti določiti temu primeren načrt obremenitve – kar poimenujemo tudi metoda vadbe (Schoenfeld, Ogborn in Krieger, 2015). Pri inercijski vadbi se pojavi problem relativnega prilagajanja bremena, saj je intenzivnost vadbe odvisna od mase in polmera uporabljene kolutaste uteži in ne samo od mase bremena, kot pri tradicionalni vadbi. V dosedanji literaturi primanjkuje študij na to temo in je najpogosteje v uporabi izvedba štirih nizov po sedem ponovitev vaje, ki jih merjenci izvedejo z največjo hitrostjo potega. Tako pridemo že do druge pomembne spremenljivke, ki določa prilagoditev mišic na obremenitev, to je hitrost izvedbe.

Masni vztrajnostni moment uteži v večji meri določa mehansko silo na mišico, način izvajanja ponovitev (hitrost in posledično čas krčenja) pa dodatno metabolični stres na mišico (Schoenfeld, 2013). Študije kažejo, da vadbe moči, pri katerih je uporabljen višji masni vztrajnostni moment in se posledično razvijejo manjše hitrosti in višje sile ter je čas kontrakcije pri potegu v vrvi podaljšan, v večji meri vplivajo na hipertrofijo in jakost mišic, medtem ko manjši vztrajnostni moment uteži z višjo hitrostjo

Tabela 3

Korelacijski koeficienti med prvimi komponentami

Število enot = 38		Moč_Inercija2	Moč_Silomer1	Moč_Silomer2
Moč_Inercija1	P	,749**	,950**	,734**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
Moč_Inercija2	P		,723**	,845**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
Moč_Silomer1	P			,801**
	Sig. (2-tailed)			,000

Legenda. Sig. (2-tailed) – statistična značilnost testne statistike; ** – statistično značilno pomembna korelacija pri stopnji značilnosti v višini 0,01.

potega, manjšo silo in krajšim časom kontrakcije v večji meri vpliva na razvoj hitre moči (power) (Martinez-Aranda in Fernandez-Gonzalo, 2017; Naczka, M., Naczka, A., Brzenczek-Owczarzak, Arlet in Adach, 2014; Sabido, Hernández-Davó in Pereyra-Gerber, 2017).

Lastna skonstruirana inercijska naprava omogoča relativno prilagajanje intenzivnosti vadbe, lastna izdelana programska oprema pa omogoča grafično in numerično zajemanje podatkov o lastnostih ponovitev med vadbo, kot sta proizvedena sila in moč. Ustvarili smo programsko opremo, ki nam omogoča objektivno vrednotenje posameznikovih zmognosti ter trenutno kontroliranje in spremljanje posameznikovih sposobnosti skozi dalj časa trajajoč vadbeni proces. Lastnosti naprave nam torej omogočajo preizkušanje vpliva različnih kombinacij vadbene spreminljivke (relativna velikost bremena – intenzivnost, število ponovitev v nizu, število nizov, odmor med nizi in način/tip izvajanja ponovitev) na mišične lastnosti in posledično gibalne in funkcionalne sposobnosti posameznikov.

V procesu merjenja mišičnih lastnosti je pomembno, da ne prihaja do slučajnih in sistematičnih napak (Caroline Ruschel, Hauptenthal, Fernandes Jacomel, de Brito Fontana, dos Santos, Dias Scoz in Roesler, 2015; Lima, Velloso, Almeida, Carmona, Ribeiro-Samora in Tania Janaudis-Ferreira, 2018; Sonc, Vidmar in Hlebš, 2010), zato je bil namen raziskave preveriti kriterijsko veljavnost in zanesljivost oziroma ponovljivost merjenja na napravi.

Ugotovili smo dobro notranjo konsistentnost uporabljenih spreminljivk ($\Theta > 0,8$) (Armor, 1974). Z redukcijo spreminljivk z metodo glavnih komponent in nato metodo retesta smo ugotovili visoko zanesljivost merjenja na inercijski napravi ($P_1 = 0,749$) in zelo visoko veljavnost merjenja v primeru

prvih in drugih meritev ($P_{i-1,1} = 0,950$, $P_{i-1,2} = 0,845$).

Kljub temu da smo poskrbeli za standardizacijo postopka meritev, predvidevamo, da je na rezultate meritev zanesljivosti (ponovljivosti) negativno vplivalo učenje izvedbe vaj, saj je proizvodnja sile na napravi v veliki meri povezana s tehniko izvedbe ponovitev (Maroto-Izquierdo idr., 2017).

Zaključek

Iz pridobljenih podatkov uporabe lastne skonstruirane inercijske naprave in programske opreme lahko zaključimo, (a) da so meritve spreminljivke moči na inercijski napravi za vadbo moči z lastno izdelano programsko opremo dobro notranje konsistentne in visoko zanesljive in (b) da so meritve zelo visoko vsebinsko veljavne oziroma relevantne.

Dobri rezultati pri preverjanju merskih karakteristik naprave nam torej omogočajo nadaljnjo zanesljivo in veljavno spremljanje lastnosti ponovitev vaj za moč v inercijskih pogojih. Spremljanje učinkov vadbe z merjenjem spreminljivke moči pri manipulaciji z vadbene spreminljivkami, ki določajo učinke na mišične lastnosti, pa nam daje tudi temelj za raziskovanje najbolj ekonomične obremenitve za razvoj zelenih lastnosti mišic na inercijskih napravah za vadbo za moč.

Literatura

1. Alkner, B., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D. in Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *Eur J Appl Physiol*, 90(1-2), 44–49.
2. Armor, D. J. (1974). Theta reliability and factor scaling. V H. Costner (Ur.), *Sociological*

Methodology (17-50). San Francisco: Jossey-Bass.

3. Carroll, K. M., Wagle, J. P., Sato, K., Taber, C. B., Yoshida, N., Bingham, G. E. in Stone, M. H. (2018). Characterising overload in inertial flywheel devices for use in exercise training. *Sports Biomechanics*, pridobljeno iz: <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433715>
4. Ferligoj, A., Leskošek, K. in Kogovšek, T. (1995). Merjenje zanesljivosti in veljavnosti. V Metodološki zvezki, A. Ferligoj (ur.). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede.
5. Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS. 3rd Edition*. Sage Publications Ltd., London.
6. Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R., Alvarez-Alvarez, L. in de Paz J. A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *Eur J Appl Physiol*, 114(5), 1075–1084.
7. Johnson, R. A. in Wichern D. W. (1998). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
8. Komi, P. V., Linnamo, V., Silventoinen, P. in Sillanpää, M. (2000). Force and EMG power spectrum during eccentric and concentric actions. *Med Sci Sports Exerc.*, 32(10), 1757–1762.
9. Martinez-Aranda, L. M. in Fernandez-Gonzalo R. (2017). Effects of inertial setting on power, force, work and concentric overload during flywheel resistance exercise in women and men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1653–1661.
10. Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J. in de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943–951.
11. Naczka, M., Naczka, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J. in Adach, Z. (2015). Inertial training: from the oldest devices to the newest Cyklotren technology. *Trends in Sport Sciences*, 4(22), 191–196.
12. Naczka, M., Naczka, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J. in Adach, Z. (2016). Efficacy of inertial training in elbow joint muscles: influence of different movement velocities. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(3), 223–231.
13. Naczka, M., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczka, A. in Adach, Z. (2014). Training effectiveness of the inertial training and measurement system. *Journal of Human Kinetics volume*, 9(44), 19–28.
14. Norrbrand, L. (2008). *Acute and early chronic responses to resistance exercise using flywheel or weights* (doktorska disertacija). Karolinska Institutet, Department of physiology and pharmacology, Stockholm.

15. Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R. in Tesch, P. A. (2011). Quadriceps Muscle Use in the Flywheel and Barbell Squat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82(1), 13–19.
16. Norrbrand, L., Fluckey, D., Pozzo, M. in Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*, 102(3), 271–281.
17. Norrbrand, L., Pozzo, M. in Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol*, 110(5), 997–1005.
18. Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P. in Mendez-Villanueva, A. (2016). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapulle Flywheel Device and the Free Weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 527–532.
19. Sabido, R., Hernández-Davó, J. L. in Pereyra-Gerber, G. T. (2017). Influence of Different Inertial Loads on Basic Training Variables During the Flywheel Squat Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4):482–489.
20. Schoenfeld, B. J. (2013). Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. *Sports Med*, 43(3), 179–194.
21. Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I. in Krieger, J. W. (2015). Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(4), 577–585.
22. Sonc, M., Vidmar, G. in Hlebš, S. (2010). Zanesljivost in veljavnost v slovenščino prevedenega vprašalnika o težavah zaradi fibromialgije. *Rehabilitacija*, 9(1), 23–31.
23. Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R. in Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, 8(241), 1–16.
24. World Medical Association (2013). Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194.
25. Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., Thorborg, K. (2018). Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(1), 75–83.

Darjan Spudić, mag. kin.
Vojna vas 21
8340 Črnomelj
darjan.spudic@gmail.si