



Igor Štirn,
Tea Košnjek

Uporaba aplikacije MyJump za merjenje odnosa sila-hitrost pri plavalcih

Using the MyJump app for measuring the force-velocity profile in swimmers

Izvleček

Profil sila-hitrost (F-v) opisuje odnos med hitrostjo krajšanja mišice in silo, ki jo pri tej hitrosti lahko razvije. Na podlagi kazalnikov individualnega trenutnega in optimalnega profila lahko ugotovimo primanjkljaj moči ali hitrosti in ustrezno prilagodimo vadbo. Namen raziskave je bil z uporabo aplikacije MyJump izmeriti profil F-v pri plavalcih in ugotoviti, ali so pridobljeni kazalniki povezani s testi, ki opredeljujejo učinkovitost nog pri plavanju: plavanje 25 m udarci kravl in odziv 5 m od stene bazena po obratu. Odnos sila-hitrost smo pri desetih plavalcih merili z izvajanjem skokov iz polčepa z dodatnimi bremenami (TT, TT + 20 %, TT + 40 % in TT + 60 %). Za merjenje skokov smo uporabili aplikacijo MyJump2 za pametni telefon (ali tablico), za merjenje časov plavalnih testov na podlagi podvodnih posnetkov pa kamero GoPro Hero in aplikacijo Coach's eye. Z uporabo pripravljene namenske Excelove tabele smo izdelali profil F-v za navpične skoke (90°) in za skoke pod kotom 30° ter izračunali največjo teoretično silo (F_0), največjo teoretično hitrost (v_0), največjo mehansko moč (P_{max}) in koeficient naklona krivulje oziroma profil (S_{Fv}). Statistično značilnih povezav med kazalniki izmerjenega profila in testi v vodi nismo ugotovili. Največja težava je bil majhen in heterogen vzorec merjencev, saj nismo mogli najti dovolj plavalcev, ki bi pravilno in varno izvedli skoke z dodatnimi bremenami. Uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) se je izkazala za enostavno, o tem ali je profiliranje F-v veljavno in zanesljivo in s tem uporabno za usmerjanje vadbe moči, pa v športni znanosti še vedno razpravljajo.

Ključne besede: informacijsko komunikacijska tehnologija, plavanje, moč

Abstract

The force-velocity profile describes the relationship between the rate of muscle shortening and the force it can develop at that rate. Based on the parameters of the individual's current and optimal F-v profile, we can determine the strength or velocity deficit and adjust the strength training accordingly. The aim of the study was to use the MyJump application to measure the F-v profile in swimmers and determine whether the parameters obtained were related to tests that define leg work in swimming: swimming 25 m crawl and 5 m push-off from the pool wall after the turn. The force-velocity relationship was measured in ten swimmers by performing squat jumps with additional loads (TT, TT + 20%, TT + 40% and TT + 60%). We used the MyJump2 app for a smartphone (or tablet) to measure the jump height, and a GoPro Hero camera and Coach's Eye app to measure the swim test times using underwater footage. Using the prepared Excel spreadsheet, we created an F-v profile for vertical jumps (90°) and for jumps at an angle of 30° and calculated the maximum theoretical force (F_0), maximum theoretical velocity (v_0), maximum mechanical power (P_{max}), and curve slope coefficient or profile (S_{Fv}). We found no statistically significant relationships between the parameters of the measured profiles and the tests in water. The biggest problem was the small and heterogeneous sample of subjects, as we could not find enough swimmers to correctly and safely perform jumps with additional loads. The use of ICT technology proved to be straightforward. Whether F-v profiling is valid and reliable, and thus useful for targeting strength training, is still under debate in sports science.

Key words: information communication technology, swimming, strength, power

Uvod

Odnosa sila-hitrost (F-v) in moč-hitrost (P-v) predstavljata enega od temeljev mišične biomehanike. V osnovi gre za odnos med hitrostjo koncentričnega krajšanja mišice in silo, ki jo mišica pri tej hitrosti lahko razvije, ter njunim produktom, ki predstavlja mehansko

moč (P, »power«). Moč je sicer definirana kot velikost opravljenega dela v enoti časa (Enačba 1).

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv \quad \left[\frac{J}{s} \right] \left[\frac{Nm}{s} \right] [W]$$

Enačba 1

Večja hitrost krajšanja mišice pomeni manjšo sposobnost, da razvije silo, torej je odnos obratno sorazmeren. Ima obliko eksponentne krivulje, ki jo je na izolirani mišici prvi opisal Hill že leta 1938, zato jo imenujemo tudi Hillova krivulja. Razlogi za manjše razvijanje sile pri hitrejšem krajšanju mišice so vsaj trije (Strojnik, 2010.) Prvi je manjše število prečnih mostičev, ki se lahko vzpostavijo zaradi večjih hitrosti krajšanja mišice, saj se aktinske in miozinske niti gibljejo hitro in je torej manjša možnost, da se miozinske glavnice in aktivna mesta na aktinskih nitih ujamejo in povežejo. Tudi sila posameznega prečnega mostiča je pri večjih hitrostih krčenja manjša; aktinska in miozinska nitka se gibljeta, zato se prečni mostič zamakne in zaradi hitrosti gibanja izgublja del sile, s katero potiska. Tretji razlog predstavlja viskoznost mišice; aktinske in miozinske niti se gibljejo v celični tekočini, katere viskoznost predstavlja upor, slednji pa se z večjo hitrostjo premikanja miofilamentov povečuje.

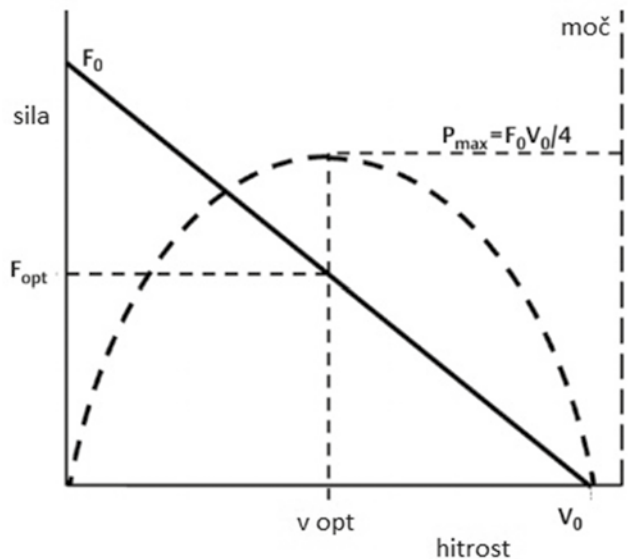
Medtem ko je krivulja odnosa $F-v$ izolirane mišice eksponentna, so številne poznejše raziskave pokazale, da je prim večsklepni gibanjih, bodisi celega telesa (npr. navpični skoki) ali posameznih telesnih segmentov (npr. noge pri potiskanju v zaprti kinetični verigi ali pri kolesarjenju), linearna (Slika 1) (Jarič 2015). Glavni razlog za to naj bi bil v tako imenovani večsklepni dinamiki (Bobert, 2012), ki opisuje, da se pri večjih hitrostih pri hkratnem iztegovanju sosednjih segmentov zmanjša (izgubi) večji delež mišičnih sil, ki jih sicer razvijejo posamezne mišice, tako da se rezultanta zunanjih sil, ki jih ustvarja večsklepno gibanje, občutno zmanjša.

Mehanske lastnosti pri linearnem odnosu (primer navpičnega skoka) opišemo z naslednjimi spremenljivkami (Slika 1) in ga imenujemo profil sila-hitrost (Jarič, 2015; Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli in Morin, 2011):

- F_0 , teoretična maksimalna sila,
- P_{max} , največja mehanska moč, ki jo spodnje okončine lahko proizvedejo v eni iztegnitvi,
- v_0 , teoretična maksimalna hitrost, pri kateri se spodnje okončine lahko iztegnejo in
- a , koeficient naklona.

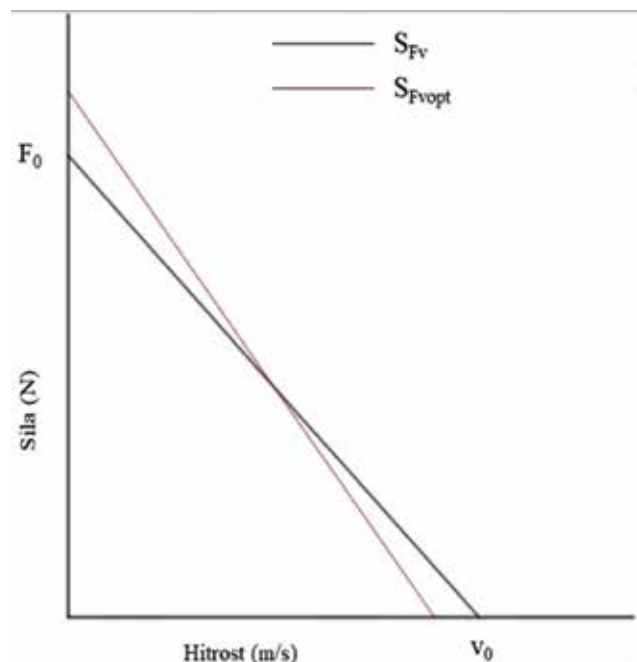
Grafično F_0 in v_0 predstavljata presečišče ordinatne in abscisne osi linearne krivulje $F-v$, P_{max} pa vrh parabole odnosa $P-v$. Največja moč je tako pri $F_0/2$ in $v_0/2$, torej je $P_{max} = \frac{F_0 v_0}{4}$.

Na podlagi prej predstavljene teorije so Samozino in sodelavci (2008) predlagali tako imenovano preprosto metodo za merjenje največje sile, hitrosti in mehanske moči pri skoku iz počepa. Preprostost se nanaša na izvedbo meritev, za katere niso potrebne drage in nedostopne naprave, kot je tenziometrijska plošča. Pokazali so, da je profil $F-v$ mogoče izdelati s pomočjo izmerjene mase, višine skoka in odzivne razdalje. Slednja (h_{po}) predstavlja navpično odzivno razdaljo in je izračunana iz višine kolčne osi v začetnem položaju (90° v kolku in kolenu) in višine oziroma dolžine popolnoma iztegnjene noge (v kolku, kolenu in gležnju). Potrebujemo torej tehtnico in meter, za merjenje višine skoka pa so omenjeni avtorji razvili aplikacijo za pametni telefon MyJump. Uporabnik s kamero posname odziv (stopala) in z uporabo počasnega posnetka določi trenutek, ko skakalec zapusti tla, in trenutek, ko se tal znova dotakne. Čas tako označenega časovnega intervala predstavlja čas leta, na podlagi katerega je mogoče izračunati višino skoka.



Slika 1. Linearen odnos sila-hitrost in parabola moč-hitrost (Jarič, 2015)

Profil $F-v$ za posameznika torej lahko bolj ali manj enostavno izmerimo in ga imenujemo trenutni (dejanski) profil. Samozino idr. so pokazali, da za vsakogar obstaja optimalni profil, ki predstavlja optimalno ravnotežje med F_0 in v_0 , katerih produkt nam da največjo mehansko moč (P_{max}) pri skoku z lastno telesno težo, kar naj bi pomenilo optimalno izvedbo skoka. To pomeni, da pri posameznikih z optimalnim profilom $F-v$ lastna telesna teža predstavlja tisto (optimalno) breme, pri katerem razvijejo največjo P_{max} . Nesorazmerje med trenutnim in optimalnim profilom oziroma odstopanje trenutnega profila od optimalnega kaže na primanjkljaj športnika na področju razvijanja velikih sil ali pa v območju razvijanja manjših



Slika 2. Prikaz krivulj trenutnega (S_{Fv}) in optimalnega (S_{Fvopt}) profila, ki kaže primanjkljaj v smeri največje sile. F_0 – največja teoretična sila trenutnega profila, v_0 – največja teoretična hitrost trenutnega profila.

sil pri večjih hitrostih. Slednje je mogoče uporabiti pri določanju trenajnih bremen oziroma usmeritvi treninga moči.

Na Sliki 2 lahko vidimo primerjavo med S_{Fv} in S_{Fvopt} . Črna črta predstavlja trenutni profil sila-hitrost (S_{Fv}), rdeča črta pa optimalni profil sila-hitrost (S_{Fvopt}). V tem primeru se vidi primanjkljaj v smeri sile.

Na podlagi predstavljene teorije in možnosti enostavnega merjenja profila F-v z uporabo moderne, preproste in prosto dosegljive IKT, smo zasnovali raziskavo ugotavljanja profila F-v pri plavalcih. Namen raziskave je bil z uporabo aplikacije MyJump izmeriti profil F-v pri plavalcih in ugotoviti, ali so kazalniki povezani z učinkovitostjo dela nog, natančneje odtravanja od stene pri obratih, in učinkovitostjo izvajanja udarcev kravl.

Metode dela

Merjenci. V raziskavo je bilo vključenih 10 slovenskih plavalcev (5 fantov in 5 deklet, starih 15–19 let), ki so tekmovali na državnih in mednarodnih tekmovanjih. Aktivno so bili vključeni v trenažni proces, tako v vodi kot na suhem. Vsi plavalci so bili dobro seznanjeni s postopkom meritev. Meritve smo izvedli v obdobju po glavnem tekmovanju, ko je bil obseg vadbe najmanjši. Od zadnje vadbe za moč je minilo vsaj 48 ur.

Postopki merjenja

Najprej smo izmerili antropometrijske spremenljivke: dolžino popolnoma iztegnjene desne noge (veliki trohanter–palec na nogi), telesno težo ter višino kolčne osi pri polčepu v začetnem položaju (kot 90° v kolku in kolenu, slednja sta bila izmerjena z goniometrom). Sledilo je ogrevanje, ki je bilo sestavljeno iz 6 min stopanja na klopco, 10 počepov z obremenitvijo 20 kg in 6 stopnjevanih skokov iz polčepa brez dodatne obremenitve. Za tem so merjenci opravili skoke iz polčepa s štirimi bremenmi (lastno težo (TT), TT + 20 %, TT + 40 % in TT + 60 % telesne teže). Natančnost dodatne obremenitve je bila na 1 kg. Pri vsaki obremenitvi sta bila opravljena dva skoka, v analizo je bil vključen višji skok.

Položaj izvedbe skoka iz polčepa je bil točno določen. Iz stoječega in popolnoma iztegnjenega položaja s stopali v širini bokov so se merjenci z zadnjico spustili do elastike, ki je označevala 90° v kolenskem sklepu. Na tem mestu so ohranili položaj 2 s, preden so lahko začeli koncentrični del giba. Dobili so navodilo, da skočijo maksimalno visoko. Pri skoku s telesno težo so bile roke v bokih, pri skokih z obremenitvijo so merjenci izvedli skok iz polčepa z drogom na hrbtu. Če je pri meritvi prišlo do skoka z nasprotnim gibanjem, je bila meritev ponovljena.

Kazalnike skokov smo merili z aplikacijo MyJump2, naloženo na Iphone 8. Telefon smo postavili na tla zraven nog testiranca. Z aplikacijo smo posneli skok in določili trenutek, ko so noge zapustile podlago, in trenutek, ko so se spet dotaknile tal. Tako smo dobili čas leta in izračunali višino posameznega skoka, ki smo jo uporabili za nadaljnjo obravnavo podatkov v Microsoft Excel.

Sledili sta meritvi v bazenu. Plavanje 25 m udarci kravl smo posneli s kamero GoPro Hero 6 (Black edition, 1080p/240 fps). S pomočjo posnetka smo izmerili čas 5 m in 25 m udarci kravl. Za nevtralizacijo rok so plavalci uporabljali plavalno desko Speedo. Natančen čas plavanja smo odčitali s pomočjo naslednje uporabne IKT-aplikacije Coach's eye.

Izračun profila sila-hitrost

Za določanje profila sta potrebna najmanj dva skoka z različnimi bremenoma, vendar je zaradi točnejših rezultatov priporočljivo, da izvedemo vsaj 3 ali 4 skoke. Mi smo izmerili skoke iz polčepa s 4 različnimi bremenmi (TT, TT + 20 %, TT + 40 % in TT + 60 % telesne teže). Na podlagi r^2 , ki nam prikazuje linearnost profila, smo nadzorovali natančnost meritev (Slika 3 levo); če je bil r^2 manj kot 0,9, je bila verjetno ena od meritev nenatančna glede na ostale (npr. zaradi napačne izvedbe, npr. nasprotnega gibanja pred skokom iz polčepa). V tem primeru smo meritev ponovili.

Izračun dejanskega in optimalnega profila sila-hitrost smo izvedli z uporabo sprogramirane Excelove tabele (Slika 3), katere avtorja sta Morin in Samozino (2017). Z vnosom podatkov v tabelo avtomatično izračunamo oba profila. Podatki, ki jih pri tem potrebujemo, so telesna teža, dolžina desne noge ter višina kolčne osi v začetnem položaju, višina skoka in vrednost dodatne obremenitve, s katero je bil skok izveden. Veljavnost in zanesljivost uporabljenih izračunanih kazalnikov je bila potrjena v raziskavi Samozino, Morin, Hintzy in Belli (2008).

Iz vnesenih podatkov smo dobili graf (Slika 3, desno), ki prikazuje trenutni (neprekinjena) in dva optimalna profila. Namreč, avtorji so poleg skoka v navpični smeri (modre črta in podatkovne celice) za oceno učinkovitosti plavalnega startnega skoka izračunali še profil F-v za skok pri odzivnem kotu 30°, ki se ujema s kotom pri startnem skoku (rožnata črta in podatkovne celice). Rezultat pod 100 % je pomenil, da ima plavalec primanjkljaj na področju razvijanja največjih sil, rezultat nad 100 % pa, da je imel plavalec primanjkljaj pri razvijanju večjih hitrosti.

Statistična analiza

Statistično analizo smo izvedli z uporabo programskega paketa SPSS. Naredili smo osnovno statistično analizo, za ugotavljanje povezanosti kazalnikov smo uporabili Pearsonov koeficient korelacije.

Rezultati

Za vsakega posameznika smo izdelali trenutni profil F-v (S_{fv}) in izračunali odstopanje oziroma primanjkljaj glede na optimalni profil (S_{fvopt}). Slika 3 prikazuje primer tabele rezultatov za posameznika.

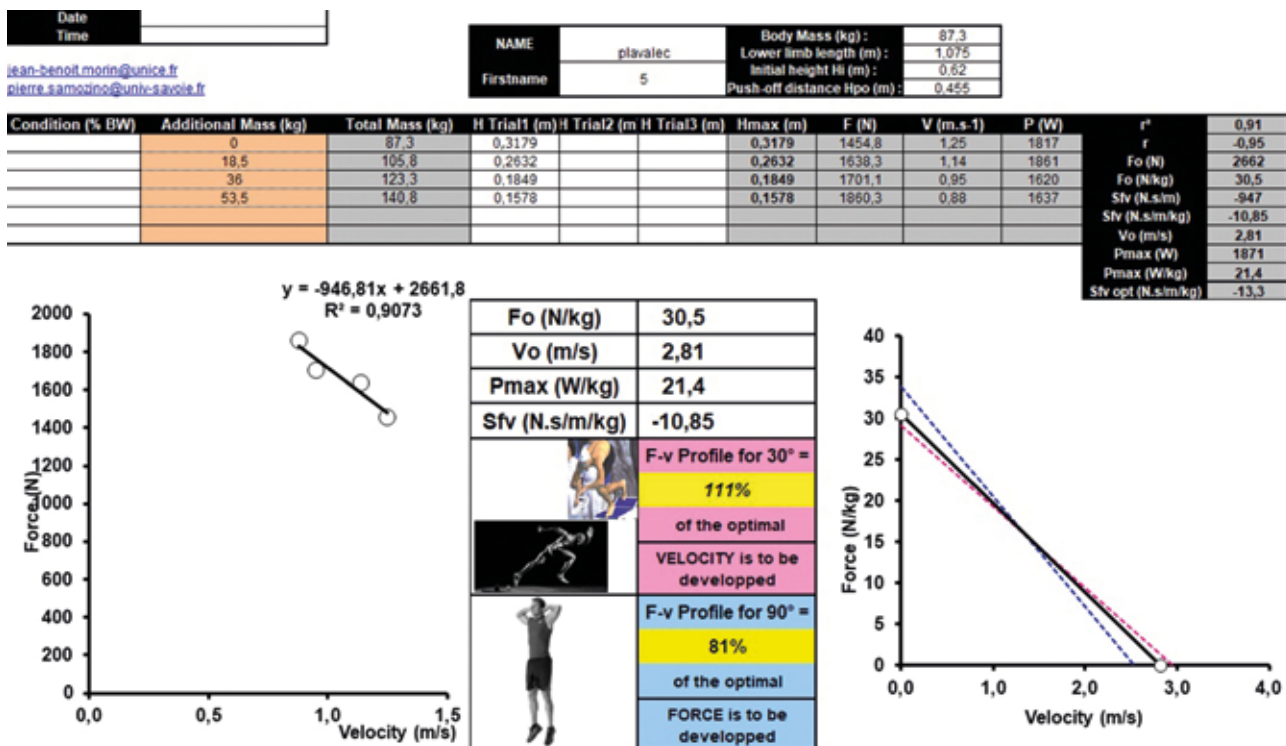
Pri konkretnem primeru (Plavalec 5) se je pokazal manjši primanjkljaj hitrosti pri profilu skokov pod kotom 30°, pri navpičnih skokih pa se kaže primanjkljaj v največji sili. Pri tem plavalcu smo glede na povprečne vrednosti merjene skupine zabeležili dobra časa tako plavanja udarcev 25 m kot odtriva 5 m.

Zbrani podatki testov v vodi in izračunanih profilov oziroma primanjkljajev so prikazani v Tabeli 1.

Rezultati analize povezanosti (Pearsonov koeficient povezanosti) med časi odtriva 5 m in plavljenjem udarcev 25 m so pokazali, da povezav med kazalniki individualnih profilov in testi v vodi ni oziroma povezave niso pokazale statistične pomembnosti.

Razprava

Namen raziskave je bil izmeriti profil F-v pri navpičnem skoku iz polčepa pri slovenskih plavalcih in ugotoviti, ali so kazalniki profila povezani s hitrostjo plavanja udarcev kravl 25 m in časom odtriva 5



Slika 3. Primer originalne podatkovne tabele (Morin in Samozino, 2017)

Tabela 1

Rezultati meritev, < 100 % = primanjkljaj v smer sile; > 100 % = primanjkljaj v smer hitrosti

	5 m odziv (s)	25 m udarci kravl (s)	Primanjkljaj pri 90° skoku (%)	Primanjkljaj pri 30° skoku (%)
Plavalec 1	1,38	15,79	92	131
Plavalec 2	1,78	17,36	97	140
Plavalec 3	1,95	21,98	88	125
Plavalec 4	1,75	16,15	72	98
Plavalec 5	1,48	14,83	81	111
Plavalec 6	1,76	17,63	98	142
Plavalec 7	1,52	14,73	51	68
Plavalec 8	1,59	16,01	54	72
Plavalec 9	1,77	18,52	69	95
Plavalec 10	1,23	16,53	87	122
Povprečne vrednosti	1,621	16,95	78,9	110,4

m. Pri tem smo meritve izvedli z uporabo prosto dostopne in enostavne aplikacije MyJump2, h kateri spada tudi pripravljena Excelova tabela za računanje profilov F-v, plavalne teste pa s podvodno kamero GoPro Hero 6 in z aplikacijo Coach's eye. Povezanosti med kazalniki profila F-v za iztegovalke nog in delom nog med plavanjem, torej odzivom od stene na razdalji 5 m in plavanjem udarcev kravl, nismo našli. Predpostavke, da bodo plavalci, pri katerih bomo izmerili bolj hitrostno usmerjen profil, imeli boljše rezultate specialnih plavalnih testov, kjer uporabljajo noge, nam torej ni uspelo dokazati.

Najverjetnejši razlog je ta, da sta tako test odziv od stene 5 m kot plavanje udarcev kravl odvisna od več dejavnikov, ne samo od mehanskih lastnosti iztegovalk nog (Kapus, 2011). Zelo pomembna je tehnika, predvsem v povezavi s sposobnostjo drsenja s čim manj-

šim čelnim uporom. Drsenje je povezano s plovnostjo, na oboje vpliva tudi sestava plavalčevega telesa. Na učinkovitost izvajanja udarcev kravl pomembno vplivajo tudi nekatere antropometrijske lastnosti, posebno dolžina stopala, pa tudi gibljivost skočnega sklepa. Hkrati z relativno majhnim vzorcem merjenec, ki so si bili različni tudi glede na svojo najboljšo plavalno tehniko in razdaljo (disciplino), so to verjetno glavni razlogi, da povezav nismo našli.

Pri plavalcih odzivna moč pride v poštev pri startnem skoku in pri obratih. Vendar je v primerjavi z navpičnim skokom, ki se običajno izvaja pri merjenju profila F-v, smer odziva in s tem potiska nog bolj vodoravna, okrog 30°. Pri tem smeri potiskanja nog glede na horizontalo ne smemo mešati z odzivnim kotom težišča, ki je manjši, med 0 in največ 15°. Pri odzivanju od stene bazena pri obratu pa se plavalec tako kot pri navpičnem skoku sicer odziva pod kotom

90° glede na podlago, vendar pa je sila, ki jo mora pri tem premagati zaradi razbremenitve kot posledice vzgona, precej manjša. Z drugimi besedami lahko rečemo, da se odziv dogaja v območju manjših sil (v primerjavi z navpičnim skokom na kopnem) in posledično večjih hitrosti. Iz tega razloga je Samozino za plavalce izpeljal formulo, po kateri se FVP določa na način, da se upošteva (povprečni) kot odziva 30°. Za posameznike so bili FvP 90° in FvP 30° zelo različni, kot kaže primer na Sliki 3. Vendar povezav s specialnimi testi za noge (udarci kravl in odziv od stene po obratu) nismo našli ne pri enem ne pri drugem kotu, zato tudi ne moremo trditi, da je $F-vP_{30^\circ}$ za ocenjevanje učinkovitosti nog plavalcev bolj primeren kot običajni $F-vP_{90^\circ}$.

Profil F-v oziroma navpične skoke z dodatnimi bremenami smo uspešno izmerili, vendar niti tukaj ni šlo brez težav. Pri tem težav ni povzročala uporaba IKT, ampak preprosto dejstvo, da smo težko našli plavalce, ki bi bili sposobni opraviti test skokov z dodatnimi bremenami. Pri tem so bili razlog tako neznanje tehnike izvajanja počepa zadaj in skoka iz počepa z olimpijsko ročko kot tudi njihova moč; enostavno niso bili dovolj močni, da bi lahko tehnično pravilno in predvsem varno izvajali vajo z dodatnim bremenom velikosti 40 % in 60 % telesne teže. Večina plavalcev je bila namreč še zelo mladih in treninga moči z večjimi bremenami še ni izvajala v zadostnem obsegu. Številni ga v tej obliki tudi sicer ne izvajajo, saj njihovi trenerji ne verjamejo v učinkovitost takšnega treninga. Izkaže se, da vadbo z večjimi bremenami prakticirajo le telesno že formirani plavalci in še to bolj ali manj samo sprinterji, ki jih je pri nas zelo malo. Za te je namreč zelo pomemben že sam startni skok, medtem ko se pri daljših plavalnih razdaljah eventualna slaba izvedba starta lahko kompenzira s plavanjem.

Ideja merjenja profila F-v je sicer povezana z možnostmi usmerjanja vadbne moči. Oblika krivulje je odvisna od štirih med seboj odvisnih kazalnikov (F_0 , v_0 , a , in P_{max}), ki imajo svoj fiziološki pomen. S treningom lahko spreminjamo kazalnike. Vadba, usmerjena v spremembo dolžine mišičnih vlaken, vpliva na razvoj večje hitrosti, vadba z velikimi bremenami vpliva na kot penacije mišic ter posledično na povečanje sile, sprememba enega, drugega ali obeh kazalnikov pa seveda pomeni tudi spremembo moči (P). Trening z velikimi bremenami ima večji potencial za spremembo krivulje sila-hitrost v področju večjih sil, s treningom z majhnimi bremenami pa se bo krivulja sila-hitrost premaknila v področje majhnih sil in večjih hitrosti (Markovic in Jaric, 2007).

Naša raziskava je imela nekaj omejitev. Prva je seveda velikost vzorca in omejen izbor merjenec, ta je bil zaradi zahtevnosti meritev precej majhen. Morda bi našo hipotezo lahko dokazali pri večjem vzorcu telesno formiranih sprinterjev, ki imajo poleg tega še izkušnje iz vadbne z olimpijsko ročko oziroma s težjimi bremenami. Prav tako bi bilo verjetno bolj smiselno iskati povezave med izmerjenim profilom F-v in uspešnostjo plavalnega starta oziroma skoka s startnega bloka, kar bi lahko bil predmet naslednjih raziskav.

Glede uporabe IKT, natančnejše aplikacije MyJump2, lahko ugotovimo, da je enostavna in uporabna. Verjetno je ugotavljanje lastnosti profila F-v, ki ga z njo lahko izmerimo, bolj zanimivo za »kopenske« športe, kjer odzivna moč pride bolj do izraza, torej športe, pri katerih prevladujejo sprinti, pospeševanja, spremembe smeri in skoki.

Po drugi strani so najsodobnejše raziskave že zasejale nekaj dvoma o veljavnosti, zanesljivosti in posledično uporabnosti računanja profila F-v. Zanesljivost profila F-v je odvisna od vaje, s katero ga želimo izmeriti; pri navpičnih skokih, kjer so izmerjene točke blizu

F_0 in daleč od v_0 , je F_0 bolj zanesljiva kot v_0 , na kolesarskem ergometru, kjer so točke bližje v_0 in dlje od F_0 , pa je v_0 bolj zanesljiv kazalnik (Garcia-Ramos in Jarić, 2018). Tudi koeficient naklona (ki mu pravzaprav rečemo profil) ni dobro ponovljiv kazalnik, posebno če točke merjenja niso blizu mejnim vrednostim F_0 in v_0 , kot je to pri navpičnih skokih. Prav tako v najnovejših člankih Lindberg in sodelavci (2021) poročajo, da pri elitnih športnikih (hokejistih, nogometaših in rokometiših) niso našli razlik v napredku moči ali P_{max} ne glede na to, ali so upoštevali usmeritve treninga, ki so jih dobili s profiliranjem F-v, ali pa jih niso. Profiliranje F-v je torej enostavno izvedljivo, vprašanje, ali je tudi veljavno in zanesljivo oziroma uporabno pri načrtovanju treninga, pa očitno ostaja odprto.

Literatura

1. Bobbert, M. F. (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *Journal of Applied Physiology*, 2012; 112: 1975–1983.
2. Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*. London, 126B, 136–195.
3. Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *International Journal of Sports Medicine*. 2015; 36(09): 699–704.
4. Kapus, V., Štrumbelj, B., Kapus, J., Jurak, G., Šajber, D., Vute, R., Čermak, V. (2011). *Plavanje, učenje: Slovenska šola plavanja za novo tisočletje*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
5. Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F. in Paulsen, G. (2021). Force-velocity profiling in athletes: Reliability and agreement across methods. *PLoS one*, 16(2).
6. Lindberg, K., Solberg, P., Rønnestad, B. R., Frank, M. T., Larsen, T., Abusdal, G., Berntsen, S., Paulsen, G., Sveen, O., Seynnes, O. in Bjørnsen, T. (2021). Should we individualize training based on force-velocity profiling to improve physical performance in athletes? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10.1111/sms.14044. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/sms.14044>
7. Markovic, G. in Jaric, S. (2007). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(10), 1757–1764. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31811e35>
8. Morin, J.-B. in Samozino, P. (2017) A spreadsheet for Sprint acceleration Force-Velocity-Power profiling. Pridobljeno s <https://jbmorin.net/2017/12/13/a-spreadsheet-for-sprint-acceleration-force-velocity-power-profiling/>
9. Morin, J.-B. in Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 11 (267–272).
10. Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F. in Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of biomechanics*, 41(14), 2940–2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
11. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E. in Belli, A. (2011). Optimal Force-Velocity Profile in Ballistic Movements: Altius: Citius or Fortius? *Medicine and science in sports and exercise*, str. 313–322.
12. Strojnik, V. (2010). Kondicijska priprava: Vadba za moč, gibljivost in SMV – predavanja 2. letnik. Neobjavljeno delo.

Izr. prof. dr. Igor Štirn,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
igor.stirn@fsp.uni-lj.si