



Darjan Spudić,
Ana Starič, Sara Mohorič, Samo Rauter

Razlike med cestnimi in gorskimi kolesarji v izhodnih spremenljivkah odnosa sila-hitrost-moč pri skokih z dodatnimi bremen

Izvleček

Namen naše raziskave je bil preveriti razlike v višini skoka iz polčepa in v izhodnih spremenljivkah odnosa sila-hitrost-moč ($F-v-P$) med cestnimi in gorskimi kolesarji (disciplini enduro in spust). Odnos $F-v-P$ smo izmerili z uporabo pritiskovne plošče pri skokih iz polčepa z olimpijsko ročko za 32 kolesarjev. Uporabljena so bila štiri bremena, določena relativno glede na maso preiskovanca. Z analizo variance smo ugotovili statistično značilne razlike med kolesarji različnih kolesarskih disciplin (cestno kolesarstvo, spust z gorskimi kolesi, enduro) v višini skoka iz polčepa ($p < 0,001$) in največji teoretični moči ($P_{\max}$) ($p < 0,05$). Gorski kolesarji discipline enduro ustvarijo večjo $P_{\max}$ ter skačejo višje od cestnih kolesarjev in gorskih kolesarjev iz discipline spust ($p < 0,05$). Rezultati vrhunskih kolesarjev iz naše študije predstavljajo referenčne vrednosti za vadbo moči iztegovalk nog pri mlajših kolesarjih. Na podlagi rezultatov kolesarjem vseh disciplin priporočamo vadbo za moč iztegovalk nog, ki je sistematično usmerjena v povečanje $P_{\max}$, še posebej pri kolesarjih v disciplini enduro.

Ključne besede: cestno kolesarstvo, gorsko kolesarstvo, spust, enduro, hitra moč



Differences between mountain bike and road cyclists in outcome variables of loaded jump Force-velocity-Power profiles

Abstract

The aim of our study was to examine the differences in the squat jump height and the output variables of the Force-Velocity-Power ($F-v-P$) relationship between elite road, enduro, and downhill mountain bikers. The $F-v-P$ relationship was measured during squat jumps with a barbell for 32 cyclists. Participants performed jumps with four different loading conditions - determined relative to the participants' body mass. Analysis of variance showed statistically significant differences between cycling disciplines (road, downhill, enduro) in jump height ($p < 0.001$) and maximum theoretical power ($P_{\max}$) ($p < 0.05$). Enduro cyclists generated greater $P_{\max}$ and jumped higher than road cyclists and downhill mountain bikers ($p < 0.05$). The results of the elite cyclists in our study provide reference values for strength and power training of leg extensors among young cyclists. Based on the results, we recommend leg extensor power training aimed at increasing $P_{\max}$, especially for enduro cyclists.

Keywords: road cycling, mountain cycling, downhill, enduro, strength and power

■ Uvod

Uspeh v kolesarstvu je odvisen od številnih gibalnih sposobnosti. Glavna je vzdržljivost, pomembna pa je tudi moč iztegovalk nog, še posebej pri pospeševanjih, ne glede na kolesarsko disciplino. V cestnem kolesarstvu, kjer poznamo enodnevna in večdnevna tekmovanja, ki lahko trajajo vse do 7 ur, je uspeh v največji meri odvisen od aerobne vzdržljivosti, saj večji privzem in transport kisika izboljšujeta vzdržljivostni nastop (Rauter idr., 2018). Zelo podobno je tudi v gorskem kolesarstvu v disciplini enduro. Gre za disciplino, pri kateri se štejejo časi posameznih etap, ki povečini potekajo po tehnično zahtevnem terenu navzdol. Etape povezujejo prehodni odseki vzponov, kjer morajo kolesarji prekosariti na začetek vsake naslednje etape. Tekmovalni dan tako lahko traja tudi 6 ur. Za uspešen nastop v enduru je potrebna velika aerobna kapaciteta s prekinjenim anaerobnim prispevkom in sposobnostjo obvladovanja kolesa po tehnično zahtevnem terenu (Kirkwood idr., 2019). Spust z gorskimi kolesi se z vidika energijskih procesov razlikuje od cestnega kolesarstva in endura, saj je velik del energije proizveden na anaeroben način s pomočjo razgradnje kreatin fosfata in anaerobne glikolize (Hurst idr., 2012).

Pri vseh kolesarskih disciplinah ima pomembno vlogo sposobnost proizvajanja velike mehanske moči pri pedaliranju. Močnejši cestni kolesar si lahko na tekmovanjih zagotovi ugoden položaj pred pomembnimi odseki tekme, se ob morebitnem zastanku ponovno priključi skupini, izvede uspešen pobeg ali uspešen sprint v zaključku (Tanaka idr., 1993). Pri gravitacijskih disciplinah gorskega kolesarstva je sposobnost proizvajanja velike moči pomembna še za pospeševanje na startu in iz zavojev, učinkovito obvladovanje kolesa pri spustu in pospeševanje po manj zahtevnem terenu (Novak in Dascombe, 2014). Ugotovljeno je bilo tudi, da so močnejši kolesarji boljše sprinterji (Connolly idr., 2023) in samo kolesarjenje je učinkovito (Sunde idr., 2010). Z drugimi besedami, za isto opravljeno delo pri kolesarjenju porabijo manj energije, kar se kaže tudi pri spremenljivkah vzdržljivosti, kot je čas do izčrpanosti pri kolesarjenju pri največji aerobni moči.

Mehanska moč pri kolesarjenju je produkt proizvedenega navora in kotne hitrosti vrtenja pedalov z mišicami iztegovalkami gležnja, kolena in kolka. Ugotovljena je bila

velika povezava med največjim hotenim izometričnim navorom iztegovalk kolena, hitrostjo prirastka navora iztegovalk kolena pri eksplozivni izometrični kontrakciji in časom kolesarskega sprinta (Connolly idr., 2023). Sposobnost hitrega prirastka sile iztegovalk nog se je izkazala za pomembno mišično sposobnost pri sprintu, kjer ima kolesar omejen čas za razvoj sile iztegovalk kolena (manj kot 300 ms) pri veliki frekvenci poganjanja (Connolly idr., 2023). Predispozicija za razvoj velike sile v mišici v kratkem času pa je sposobnost mišice za razvoj največje sile (Cormie idr., 2011b, 2011a). Večji je prirastek sile iztegovalk nog in večji je prirastek navora na gonilko, večja je mehanska moč poganjanja pedalov in večji je pospešek kolesa ter posledično njegova največja hitrost.

Tako imenovana anaerobna moč in kapaciteta kolesarjev (tj. največja mehanska moč poganjanja pedalov in sposobnost vzdrževanja proizvajanja velike mehanske moči skozi 30-sekundni interval) se najpogosteje v laboratoriju ocenjujeta z uveljavljenim in zanesljivim testom Wingate (Spudić idr., 2021). Kljub nedvoumnim dokazom, da je moč iztegovalk nog pozitivno povezana s sposobnostjo pedaliranja, je bilo v preteklosti narejenega zelo malo na področju testiranja sposobnosti iztegovalk nog za razvoj največje sile in hitrega prirastka sile pri eksplozivni kontrakciji pri kolesarjih. Obe sposobnosti sta namreč predpogoja za razvoj mehanske moči pri pedaliranju, zato bi ju bilo smiselno spremljati in izboljšati za zvišanje tekmovalne uspešnosti.

V minule desetletju se je za moč iztegovalk nog uveljavilo testiranje odnosa med proizvedeno silo, hitrostjo in močjo (odnos sila-hitrost-moč; $F-v-P$) pri skokih z dodatnimi bremenami. Ugotovljeno je bilo, da je odnos med proizvedeno silo in hitrostjo pri izvedbi skokov z različnimi bremenami linearen in obratno sorazmeren, kar metodološko poenostavi postopek testiranja (Spudić, 2022; Spudić idr., 2020). Poleg tega, da nam izhodne spremenljivke odnosa $F-v-P$ ponudijo povratno informacijo o sposobnosti mišic za razvoj velike mehanske moči ($P_{\max}$), sile (F_0) in hitrosti (v_0), nam razmerje med F_0 in v_0 ki ga izračunamo z naklonom linearne krivulje med silo in hitrostjo, da tudi informacijo o relativnem doprinosu sile in hitrosti k $P_{\max}$ ($P_{\max} = [F_0 * v_0] / 4$). Spremljanje izhodnih spremenljivk odnosa $F-v-P$ med trenajznim procesom tako omogoča bolj sistematičen pristop k treningu na dolgi rok, saj lahko trening za moč specifično

usmerimo v smeri razvoja F_0 ali v_0 – glede na ugotovljen primanjkljaj ene izmed sposobnosti (Jiménez-Reyes idr., 2017). Učinkovitost pristopa je bila v preteklosti že preverjena pri balističnih akcijah in daje kontradiktorne rezultate (npr. [Jiménez-Reyes idr., 2017] ter Lindberg idr. [2021]), zato so potrebne nadaljnje študije, ki bodo preverile pristop k treningu predvsem v daljšem časovnem obdobju. Trenutno v literaturi ni raziskav, ki bi preverjale pristop $F-v-P$ k treningu za moč pri kolesarjih. Ker se kolesarske discipline med seboj razlikujejo, je pomembno, da je trening moči čim bolj usmerjen v mišično sposobnost, ki v največji meri prispeva k tekmovalni uspešnosti. Po drugi strani pa so rezultati uporabni za prilagoditev taktike kolesarjenja pri posamezni kolesarski disciplini (npr. izbira prestavnega razmerja in posledično kadence pedaliranja).

Namena naše raziskave sta bila: a) ugotoviti razlike v višini skoka iz polčepa med cestnimi in gorskimi kolesarji (disciplini enduro in spust) ter b) ugotoviti razlike v izhodnih spremenljivkah odnosa $F-v-P$ med cestnimi in gorskimi kolesarji (disciplini enduro in spust). Na podlagi razlik v tehničnih in taktičnih zahtevah posamezne discipline ter posledično razlik v stopnji razvitosti posameznih gibalnih sposobnosti kolesarjev zaradi specifičnega treninga za optimizacijo tekmovalne uspešnosti smo predvideli, da se bodo pojavile statistično značilne razlike v višini skoka iz polčepa in izhodnih spremenljivkah odnosa $F-v-P$ med disciplinami. Na podlagi rezultatov vrhunskih kolesarjev bomo lahko mlajšim kolesarjem priporočali vadbo za moč iztegovalk nog, specifično usmerjeno v eno izmed mehanskih lastnosti mišic (F_0 , v_0 , $P_{\max}$), ki v največji meri vpliva na tekmovalno uspešnost v posamezni kolesarski disciplini.

■ Metode

Preiskovanci

V raziskavi je prostovoljno sodelovalo 32 vrhunskih slovenskih kolesarjev iz treh kolesarskih disciplin, in sicer cestno kolesarstvo – cestno ($n = 9$) ter gorsko kolesarstvo – spust ($n = 10$) in enduro ($n = 13$). Povprečna starost merjencev je bila 23,1 leta ($SD = 2,1$ leta), višina 179,2 cm ($SD = 5,1$ cm) in masa 72,94 kg ($SD = 1,19$ kg). Izključitveni kriteriji so bili poškodbe kolena (npr. poškodbe vezi, meniskusa ali hrustanca), kronična zdravstvena stanja (sistemske bolezni, bolezni srca in/ali dihal ter živčno-

-mišične poškodbe), anamneza bolečine v križu ali akutna poškodba stegenskih mišic v zadnjih šestih mesecih, ki bi lahko negativno vplivala na sposobnost maksimalne izvedbe skokov z dodatnimi bremenami. Pred testiranjem so preiskovanci izvedli standardiziran 10-minutni protokol ogrevanja. Ta je obsegal pet minut kolesarjenja na cikloergometru z intenzivnostjo 1,5 W/kg na 60–80 RPM. Uvodnemu delu ogrevanja so sledile dinamične raztezne vaje za upogibalke kolka, iztegovalke kolena, upogibalke kolena in iztegovalke gležnja (po 10 počasnih tekočih ponovitev vaje) ter naslednje dinamične krepilne gimnastične vaje: vzponi na prste, počepi in izpadni koraki (po 8 počasnih tekočih ponovitev vaje). Pred izvedbo testiranja so preiskovanci odgovorili na vprašanja iz vprašalnika o pripravljenosti na vadbo (Bredin idr., 2013) in se strinjali, da se meritev udeležujejo na lastno odgovornost. Seznanjeni so bili s tem, da lahko od raziskave kadarkoli odstopijo brez posledic. Preiskovanci so dobili navodilo, da dva dni pred meritvami ne izvajajo visoko intenzivne vadbe za moč spodnjih okončin. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško deklaracijo (WHO, 2013).

Postopek meritev in pripomočki

Izvedeni so bili skoki iz polčepa z dodatnimi bremenami in brez njih na tenziometrični plošči proizvajalca Kistler (Type 9260AA, Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švica). Dodatna bremena so bila določena relativno – glede na telesno maso posameznika: 0 % (plastična palica), 20 %, 60 % in 70 % telesne mase, in sicer do 2,5 kg natančno. Število bremen je bilo izbrano na podlagi izsledkov prejšnjih študij (Janicijevic idr., 2020) in je temeljilo na načelu izbire dveh čim bolj različnih intenzivnosti (lahko breme in težko breme) (García-Ramos idr., 2017). Merjenci so dobili navodilo, da se iz stoje spustijo v polčep (kot v kolenu in kolku 90°) in začetni položaj zadržijo vsaj 2 sekundi. Začetni položaj, predvsem globino polčepa in usmerjenost pogleda, je skrbno nadzoroval merilec. Iz mirovanja so merjenci na merilčev znak izvedli odziv z iztegnitvijo v kolku, kolenu in gležnju z namenom odriniti čim hitreje in čim višje. Pri vsakem pogoju je bilo izvedenih 3–5 skokov z vsaj 30-sekundnim odmorom znotraj pogoja in vsaj 2-minutnim odmorom med pogoji. V statistično obdelavo smo vključili skok, pri katerem je merjenec skočil najvišje (Pettrigna idr., 2019). Višina skoka brez dodatnega bremena (*Višina SJ*) smo izračunali iz vertikalne hitrosti težišča telesa, izračunane

iz impulza sile na podlago v času odrida (Linthorne, 2001). Nato smo posebej za vsak skok pri vsakem izmed štirih pogojev s pomočjo programske opreme ARS s tovarniškimi nastavitvami obdelave krivulj odčitali povprečno silo in povprečno hitrost odrida. Vrednosti sile so bile normalizirane na telesno maso preiskovancev in prenesene v namensko pripravljeno Excelovo tabelo (Microsoft Corporations, Redmond, Washington) za analizo skokov z dodatnimi bremenami, t. i. analizo *F-v-P* (García-Ramos idr., 2017). Izračunane so bile naslednje izhodne spremenljivke odnosa *F-v-P*: F_0 [N/kg], v_0 [m/s], *naklon F-v* [(N/kg)/(m/s)] in P_{max} [W/kg] (Samožino idr., 2012).

Metode obdelave podatkov

Za statistično obdelavo podatkov je bil uporabljen računalniški program IBM-SPSS Statistics 25 (IBM, New York, USA). Izračunana je bila opisna statistika za vzorec merjencev in za vse izračunane spremenljivke. Normalnost porazdelitve je bila preverjena s Shapiro-Wilkovim testom. Za primerjavo med izhodnimi spremenljivkami odnosa *F-v-P* (F_0 , v_0 , *naklon F-v*, P_{max}) ter *Višina SJ* med tremi kolesarskimi disciplinami (cestni, spust, enduro) je bila uporabljena enostranska analiza variance. Predhodno smo preverili še predpostavko o homogenosti varianc z Levenovim testom. Pri statistično značilnih razlikah med disciplinami smo za ugotavljanje razlik med pari disciplin uporabili Tukeyjev post-hoc test. Velikost učinka analize variance je bila izračunana z delnim eta kvadratom (η^2), in sicer 0,01–0,05 pomeni majhno velikost učinka, 0,06–0,13 srednjo velikost učinka in > 0,14 veliko velikost učinka (Kotrlík in Williams, 2003). Pri ugotavljanju razlik F_0 , v_0 in *naklon F-v* med tremi kolesarskimi disciplinami smo zaradi

kršene predpostavke o normalnosti porazdelitve najprej podatke transformirali z logaritmiranjem, da smo zadostili predpostavki normalnosti, in nato uporabili enostransko analizo variance. Statistična značilnost je bila sprejeta ali ovržena na ravni dvostranskega 5-odstotnega tveganja.

Rezultati

Opisna statistika rezultatov meritev skokov iz polčepa in izhodnih spremenljivk odnosa *sila-hitrost-moč* je predstavljena v Tabeli 1.

Ugotovili smo statistično značilno razliko v *Višina SJ* med tremi kolesarskimi disciplinami ($F = 10,4$; $p < 0,05$). Razlike so bile velike ($\eta^2 = 0,426$). S post-hoc testiranjem smo ugotovili, da gorski kolesarji iz discipline enduro v primerjavi s cestnimi in gorskimi kolesarji iz discipline spust skačejo višje za 8,9 cm (SD = 0,2 cm) ($p < 0,001$) oziroma za 6,1 cm (SD = 2 cm) ($p < 0,05$).

Ugotovili smo statistično značilno razliko v P_{max} med tremi kolesarskimi disciplinami ($F = 9,322$; $p < 0,001$). Te razlike so bile velike ($\eta^2 = 0,400$). S post-hoc testiranjem smo ugotovili, da gorski kolesarji iz discipline enduro ustvarijo večjo P_{max} kot cestni ($\Delta = 5,8$ W/kg [SD = 1,5 W/kg]; $p < 0,001$) in gorski kolesarji iz discipline spust ($\Delta = 4,7$ W/kg [SD = 1,5 W/kg]; $p < 0,05$). Za preostale spremenljivke enosmerna analiza variance ni pokazala statistično značilnih razlik med disciplinami (vse $p > 0,05$) (Slika 1).

Razprava

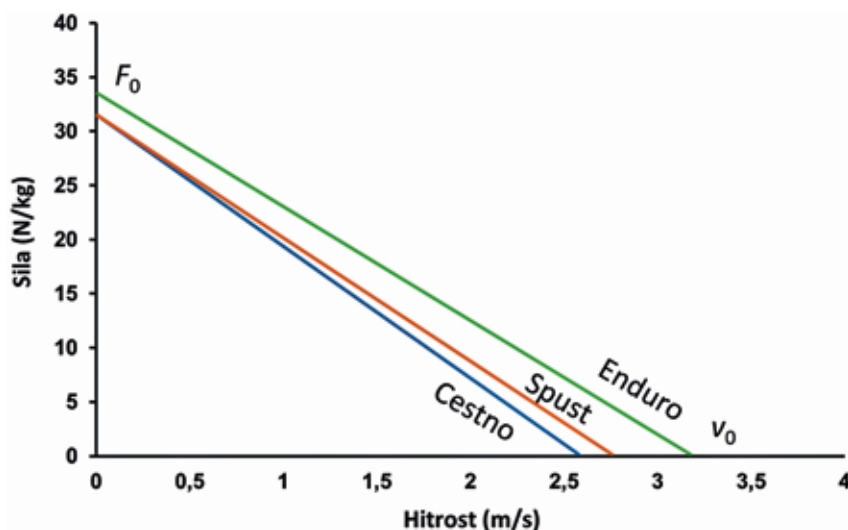
Namen naše raziskave je bil ugotoviti razlike v višini skoka iz polčepa in v izhodnih spremenljivkah odnosa *F-v-P* med tremi

Tabela 1

Opisna statistika rezultatov meritev in primerjava med izhodnimi spremenljivkami odnosa *sila-hitrost moč* z analizo variance

Spremenljivke	Cestno M (SD)	Spust M (SD)	Enduro M (SD)	ANOVA		
				F	p	η^2
<i>Višina SJ</i> [m]	0,279 (0,119)	0,308 (0,198)	0,386 (0,125)	10,4	< 0,001	0,426
F_0 [N/kg]*	30,74 (0,935)	30,489 (1,358)	33,131 (1,6074)	1,134*	0,336	0,075*
v_0 [m/s]*	2,66 (0,159)	2,827 (0,152)	3,279 (0,256)	2,324*	0,116	0,142*
P_{max} [W/kg]	20,244 (0,830)	21,33 (1,090)	26,32 (1,239)	9,322	< 0,001	0,400
<i>naklon F-v</i> * [(N/kg)/(m/s)]	-11,96 (0,837)	-11,29 (1,35)	-11,07 (1,30)	0,401*	0,673	0,028*

Opomba. M = aritmetična sredina; SD = standardni odklon; ANOVA = enosmerna analiza variance; F = testna statistika ANOVA; p = statistična značilnost; η^2 = delni eta koeficient (velikost vpliva analize variance); * = analiza na logaritmiranih vrednostih.



Slika 1. Grafični prikaz razlik v naklonu krivulje sila-hitrost med tremi kolesarskimi disciplinami

Opomba. F_0 = največja teoretična sila; v_0 = največja teoretična hitrost.

kolesarskimi disciplinami. Ugotovili smo, da se pojavljajo razlike v višini skoka iz polčepa in $P_{\max}$ med cestnimi kolesarji in gorskimi kolesarji iz discipline enduro in spust ($p < 0,001$). S tem smo delno potrdili našo domnevo, da se na podlagi razlik v značilnostih disciplin kolesarji razlikujejo v odrivni moči in izhodnih spremenljivkah odnosa F - v - P . Statistično značilne razlike med disciplinami smo namreč ugotovili samo v $P_{\max}$, ne pa v F_0 , v_0 in naklonu F - v – kljub temu, da v povprečnih vrednostih izhodnih spremenljivk opazimo trend razlik, predvsem pri spremenljivki v_0 . Kolesarji iz discipline enduro skačejo statistično značilno višje in razvijejo večjo $P_{\max}$ kot cestni kolesarji in gorski kolesarji iz discipline spust.

Predhodne študije kažejo, da višino skoka v največji meri pojasni proizvedena mehanska moč v času odriva (Jaric in Markovic, 2009). Prav tako je $P_{\max}$, kot izhodna spremenljivka odnosa F - v - P , v največji meri povezana z različnimi gibalnimi sposobnostmi, kot so agilnost (Smajla idr., 2022), hitrost (Jiménez-Reyes idr., 2018) in višina skoka iz polčepa (Vandewalle idr., 1987). Na podlagi teh ugotovitev rezultati naše študije niso presenetljivi, saj se za najbolj občutljivi spremenljivki za razlike med kolesarskimi disciplinami kažeta višina skoka iz polčepa in $P_{\max}$. V literaturi nismo našli študij, ki bi primerjale razlike v višini skoka iz polčepa ali spremenljivke odnosa F - v - P pri skokih z bremenami med kolesarji iz različnih kolesarskih disciplin. Žmavc in drugi (2021) so ugotovili statistično značilne razlike v nekaterih morfoloških spremenljivkah,

ne pa tudi v proizvedeni maksimalni moči pri testu Wingate med cestnimi in gorskimi kolesarji, disciplin enduro, spust in kros. Pri cestnem kolesarstvu poteka vožnja po cesti in je zaradi tega bolj tekoča, kot to velja za gorsko kolesarstvo, kjer je lahko teren zelo zahteven, prepleten z neravninami in ne omogoča tekoče vožnje s kolesom. Zaradi tega smo pričakovali, da so cestni kolesarji šibkejši od gorskih kolesarjev. Na podlagi značilnosti disciplin in posledično različnih obremenitev v cestnem in gorskem kolesarstvu smo predvidevali tudi, da bodo gorski kolesarji (enduro in spust) izvedli višje skoke in proizvedli večjo F_0 , saj je njihova uspešnost v večji meri odvisna od kratkih pospeševanj iz zavojev. Rezultati naše študije prikazujejo nekoliko drugačno zgodbo. In sicer, da se kolesarji razlikujejo po proizvedeni mehanski moči pri skokih z bremenami, ne razlikujejo pa se v doprinosu sile in hitrosti k skupni moči. Z drugimi besedami, naklon F - v se med disciplinami ne razlikuje. Razlike v $P_{\max}$ nastanejo zaradi večje sposobnosti iztegovalk nog enduro kolesarjev za razvoj F_0 in v_0 (sicer statistično neznatne). Ker $P_{\max}$ predstavlja četrtino produkta med F_0 in v_0 , se je statistična značilnost tukaj izrazila. Razlike so homoskedastične, kar z drugimi besedami pomeni, da enduro kolesarji proizvedejo večjo silo pri odrivu skozi celoten spekter hitrosti oziroma da razlike med kolesarskimi disciplinami v proizvedeni sili niso odvisne od hitrosti gibanja. Ta ugotovitev je pomembna z vidika treninga moči na podlagi odnosa F - v - P . Na podlagi naših rezultatov namreč

lahko zaključimo, da mora biti pri kolesarstvu, ne glede na disciplino, trening moči z bremenami usmerjen v izboljšanje $P_{\max}$, ne glede na doprinos komponent F_0 in v_0 . Vredno omembe pa je, da mora sistematičen pristop k izboljšanju $P_{\max}$ na dolgi rok stremeti k izboljšanju sposobnosti mišic za razvoj največje sile (F_0) in hitrosti (v_0) – predvsem zaradi preprečevanja stagnacije v izboljšanju moči. Morebiten razlog za to, da med kolesarskimi disciplinami ni razlik v naklonih F - v , je možnost prilagajanja prestavnega razmerja med vožnjo ter s tem uravnavanja doprinosov navora in kotne hitrosti k mehanski moči pri poganjanju pedalov – ne glede na kolesarsko disciplino. Heterogenost v naklonih F - v znotraj kolesarskih disciplin in posledično prilagoditve prestavnih razmerij individualnim lastnostim verjetno presega razlike med disciplinami, zato se razlike med njimi v naši raziskavi niso statistično značilno izrazile. Čeprav pri spustu zaznamo daljše skoke, večje hitrosti in posledično večje impulze sil na iztegovalke nog, pri čemer je pomembna sposobnost iztegovalk nog, ki jo ocenjujemo z F_0 , pogosto zaradi velikih hitrosti spuščanja, čemur prestavna razmerja ne sledijo, pride do pedaliranja z zelo veliko kadenco (kjer se bolj izrazi sposobnost iztegovalk nog za razvoj velikih hitrosti, ki jo pri odnosu F - v - P ocenjujemo s spremenljivko v_0).

Raziskava je imela nekaj omejitev, na katere je treba opozoriti. Največja omejitev je majhen vzorec, ki se kaže v manjši moči raziskave. Vanjo so bili vključeni samo vrhunski slovenski kolesarji, zato je treba biti pozoren pri posploševanju rezultatov. Na rezultate meritev bi lahko vplivala neizkušenos preiskovancev, ki so se prvič srečali s testnim protokolom skokov z dodatnimi bremenami. Čeprav so bila bremena izbrana naključno, bi lahko na končni rezultat vplivala tudi utrujenost – prav zaradi manjše izkušenos preiskovancev s treningom moči. V prihodnje bi bilo smiselno podobno raziskavo izvesti v bolj specifičnih pogojih za kolesarje, tj. na cikloergometru z uporabo različnih obremenitev (Vandewalle idr., 1987). S tem bi dobili vpogled v doprinos navora in kotne hitrosti k skupni mehanski moči pedaliranja na celotnem spektru območja navora in kotne hitrosti. Podoben protokol testiranja so izvedli Jaafar in sodelavci (Jaafar idr., 2016) ter pri tem ugotovili razlike med rekreativnimi in vrhunskimi kolesarji v spremenljivkah odnosa med navorom, kotno hitrostjo in močjo. Ker bi bilo v tem primeru testiranje izvedeno v kolesarsko specifičnih pogojih, lahko predvideva-

mo, da bi se razlike med kolesarskimi disciplinami prej izrazile kot statistično značilne tudi v drugih spremenljivkah odnosa $F-v$. Našo domnevo lahko potrdimo z nedavno raziskavo Grossa in sodelavcev (Gross in Lüthy, 2020), ki so ugotovili, da testa skok iz polčepa in 6-sekundni sprint na cikloergometru nista enako občutljiva za oceno sprememb v moči kolesarjev skozi trenajni proces. V naši raziskavi tudi nismo izračunali optimalnega naklona $F-v$, s katerim bi dobili informacijo o optimalnosti doprinos F_0 in v_0 k skupni moči pri skoku iz polčepa samo s telesno maso posameznika. Z vidika optimizacije višine skoka iz polčepa (Samozino idr., 2012) bi nam ta informacija koristila, z vidika kolesarske uspešnosti pa ne, saj ne poznamo optimalnega naklona $F-v$ pri kolesarstvu (Spudič idr., 2021). Potencialna omejitev naše študije je tudi to, da rezultati morda niso izraz generalnih razlik med disciplinami, ampak so bolj izraz situacije gorskega kolesarstva v Sloveniji, kjer je konkurenca večja v disciplini enduro kot v disciplini spust.

Ker se kolesarske discipline med seboj razlikujejo, je pomembno, da je trening moči kolesarjev čim bolj usmerjen v akcijsko strukturo moči, ki v največji meri pogojuje tekmovalno uspešnost. Rezultati vrhunskih kolesarjev iz naše študije predstavljajo referenčne vrednosti za vadbo moči iztegovalk nog pri mlajših kolesarjih. Na podlagi rezultatov vrhunskih kolesarjev iz naše študije mlajšim kolesarjem vseh disciplin priporočamo vadbo za moč iztegovalk nog, ki je sistematično usmerjena v povečanje $P_{\max}$. Še posebej je razvoj velike $P_{\max}$ pri skokih z bremenom pomemben pri kolesarjih v disciplini enduro.

Literatura

- Bredin, S. S. D., Gledhill, N., Jamnik, V. K. in Warburton, D. E. R. (2013). PAR-Q+ and ePAR-med-X+ New risk stratification and physical activity clearance strategy for physicians and patients alike. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 59(3), 273–277. [https://doi.org/10.1016/0368-2048\(92\)80003-Q](https://doi.org/10.1016/0368-2048(92)80003-Q)
- Connolly, S., Peeling, P., Binnie, M. J., Goods, P. S. R., Latella, C., Taylor, J. L., Blazevich, A. J., Timmerman, W. P. in Abbiss, C. R. (2023). Sprint cycling rate of torque development associates with strength measurement in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05143-1>
- Cormie, P., McGuigan, M. in Newton, R. (2011a). Developing Maximal Neuromuscular Power, Part 1. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.1002/polb.23243>
- Cormie, P., McGuigan, M. in Newton, R. (2011b). Developing Maximal Neuromuscular Power, Part 2. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
- García-Ramos, A., Feriche, B., Pérez-Castilla, A., Padial, P. in Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 690–698. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304999>
- Gross, M. in Lüthy, F. (2020). Anaerobic power assessment in athletes: Are cycling and vertical Jump tests interchangeable? *Sports*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/sports8050060>
- Hurst, H. T. H., Swarén, M., Hébert-losier, K., Ericsson, F., Sinclair, J. K., Atkins, S. in Holmberg, H. C. (2012). Influence of course type on upper body muscle activity in elite Cross-Country and Downhill mountain bikers during off Road Downhill Cycling. *Journal of Science and Cycling*, 1(2), 2–9.
- Jaafar, H., Rouis, M., Attigobé, E., Vandewalle, H. in Driss, T. (2016). A comparative study between the wingate and force-velocity anaerobic cycling tests: Effect of physical fitness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 48–54. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0063>
- Janicijevic, D., Knezevic, O., Mirkov, D., Pérez-castilla, A., Petrovic, M., Samozino, P. in Garcia-ramos, A. (2020). Assessment of the force-velocity relationship during vertical jumps: influence of the starting position, analysis procedures and number of loads. *European Journal of Sport Science*, 20(5), 614–623. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1645886>
- Jaric, S. in Markovic, G. (2009). Leg muscles design: The maximum dynamic output hypothesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 780–787. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818f2bfa>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M. in Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M. in Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- Kirkwood, L. A., Taylor, M. D., Ingram, L. A., Malone, E. in Florida-James, G. D. (2019). Elite mountain bike enduro competition: a study of rider hand-arm vibration exposure. *J Sci Cycling*, 8(1), 18–25. <https://doi.org/10.28985/1906.jsc.04>
- Kotrlík, J. W. in Williams, H. A. (2003). The Incorporation of Effect Size. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, 21(1), 1–7.
- 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 and Science in Sports*, 31(12), 2198–2210. <https://doi.org/10.1111/sms.14044>
- Novak, A. R. in Dascombe, B. J. (2014). Physiological and performance characteristics of road, mountain bike and BMX cyclists. *Journal of Science and Cycling*, 3(3), 9–16.
- Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A. in Bianco, A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology*, 10, 1384. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384>
- Rauter, S., Milič, R., Žele, L., Šimenko, J., Jurov, I. in Vodičar, J. (2018). Anaerobna kapaciteta pri cestnih kolesarjih mlajših kategorij. *Šport*, 153–157.
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A. in Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-Altius: Citius or Fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Smajla, D., Spudič, D., Kozinc, Ž. in Šarabon, N. (2022). Differences in Force-Velocity Profiles During Countermovement Jump and Flywheel Squats and Associations With a Different Change of Direction Tests in Elite Karatekas. *Frontiers in Physiology*, 13(June). <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.828394>
- Spudič, D. (2022). PRIMERJAVA RAZLIČNIH PROTOKOLOV INERCIJSKE VADBE ZA MOČ NOG. In *Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport*. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=139102>
- Spudič, D., Markič, A., Lužnik, I. in Rauter, S. (2021). Vrednotenje odnosa sila-hitrost-moč s skoki z dodatnimi bremenom pri kolesarjih. *Revija Šport*, 69(1/2), 193–199.
- Spudič, D., Smajla, D. in Šarabon, N. (2020). Validity and reliability of force-velocity outcome parameters in flywheel squats. *Journal of Biomechanics*, 107, 109824. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109824>
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. in Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*,

- 24(8), 2157–2165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a>
25. Tanaka, H., Bassett, D. R., Swensen, T. C. in Sampedro, R. M. (1993). Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclists in the United States Cycling Federation. / Caracteristiques de la puissance aerobie et anaerobie chez des cyclistes competitifs de la federation de cyclisme americaine. *International Journal of Sports Medicine*, 14(6), 334–338.
26. Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J. in Monod, H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 650–656. <https://doi.org/10.1007/bf00424805>
27. Žmavc, N. (2021). *Primerjava anaerobne kapacitete in nekaterih telesnih značilnosti med kole-sarji različnih disciplin* [University of Ljubljana, Faculty of Sport]. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=134225>

dr. Darjan Spudić, mag. kin.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
Gortanova 22, 1000 Ljubljana
darjan.spudic@fsp.uni-lj.si