



Janez Konjar,
Matej Supej, Peter Lombergar, Igor Štirn

Vpliv dolžine odmora med posameznimi ponovitvami in serijami na izbrane parametre pri treningu potega – študija primera

Izvleček

Serije s prekinitvami so na podlagi raziskav potencialno uporabna trenajna metoda za izvedbo večjega volumna kakovostno izvedenih olimpijskih dvigov. Poleg tega je teoretična prednost serij s prekinitvami tudi izvedba večjega števila dvigov v seriji ob manjšem upadu dosežene največje moči in največje hitrosti.

S študijo primera uspešnega in izkušenega slovenskega dvigalca uteži smo želeli ugotoviti, kako štirje različni vadbeni protokoli vplivajo na tehnično izvedbo potegov. Zato smo oblikovali individualiziran model obravnave tehnične izvedbe potegov, primerljiv s predhodnimi raziskavami. Merjenec je izvajal potege z 80 % 1 RM, na podlagi česar smo analizirali tudi razlike glede na že ugotovljene vrednosti tehničnih parametrov potegov višjih intenzivnosti, bližje 100 % 1 RM.

Ugotovili smo, da imajo predstavljeni protokoli različne vplive na tehnično izvedbo potegov. Kot najprimernejši z vidika optimalne tehnične izvedbe se je izkazal protokol, ki je vključeval serije s prekinitvami z dvema ponovitvama in triminutni odmor med serijami. Ob manjšem številu serij so uporabne tudi serije s prekinitvami s po štirimi ponovitvami in triminutnim odmorom med serijami. Na podlagi naših rezultatov sklepamo, da so s tehničnega vidika izvedbe pri 80 % 1 RM določene razlike v primerjavi z maksimalnimi poskusi, ki so bližje 100 % 1 RM. Menimo, da bi bilo treba te razlike v prihodnosti natančneje preučiti. Ugotavljamo, da je za korektno analizo tehničnih parametrov dvigov ključno upoštevati posameznikove antropometrijske značilnosti. Nazadnje izpostavljamo, da bi bilo za natančnejšo analizo optimalno uporabiti sicer zahtevnejšo in kompleksnejšo tridimenzionalno (3D) kinematično analizo.

Ključne besede: olimpijsko dviganje uteži, poteg, moč, trening olimpijskih dvigalcev, serije s prekinitvami.



Fotografija ki se nanaša na vsebino članka - Lastni arhiv

The effect of the rest period between repetitions and series on the chosen parameters during snatch training - case study

Abstract

Previous research shows that cluster sets are potentially applicable training methods if an individual wants to perform a higher volume of technically sound Olympic lifts. In addition to that cluster sets should enable weightlifters to execute repetitions within the given set while lowering maximal power output and velocity losses.

This case study of a successful and well-experienced Slovenian weightlifter assessed how four different training protocols affect the technical parameters of snatch. To do that, we have looked at previous research and created a comparable individualized snatch technical model. Since the subject performed lifts with 80% 1RM, we have also checked the differences between the parameters of these lifts and already established frameworks of maximum lifts closer to 100% 1RM.

We found that the presented protocols have different effects on the snatch technical execution. The second protocol with cluster sets and a 3-minute break between series with two repetitions proved to be the most suitable for maintaining optimal technical snatch performance. The fourth protocol, which also included cluster sets and a 3-minute rest between sets of four repetitions, was also shown to be effective if performed with fewer sets. Based on our results, we conclude that differences are present at 80% 1RM compared to maximal attempts from a technical snatch point of view and should be studied more closely in the future. We believe that for a correct analysis of the technical parameters of lifts, it is crucial to interpret only those concerning the individual's anthropometric characteristics. Finally, we found that complex 3D kinematic analysis is superior for precise and detailed analysis.

Keywords: Olympic weightlifting, snatch, power, training of Olympic weightlifters, cluster sets.

Seznam kratic in oznak

PR1	– prva meritev oziroma merilni protokol
PR2	– druga meritev oziroma merilni protokol
PR3	– tretja meritev oziroma merilni protokol
PR4	– četrta meritev oziroma merilni protokol
Pon1 _{pov}	– povprečje prvih ponovitev v seriji
Pon2 _{pov}	– povprečje drugih ponovitev v seriji
Pon3 _{pov}	– povprečje tretjih ponovitev v seriji
Pon4 _{pov}	– povprečje četrth ponovitev v seriji
Pon5 _{pov}	– povprečje vseh ponovitev
Prot _{1/2}	– prva polovica ponovitev v protokolu
Prot _{2/2}	– druga polovica ponovitev v protokolu
ID _{pote}	– model »idealnega potega«
v_{z_max}	– maksimalna dosežena vertikalna hitrost droga
P_{max}	– maksimalna dosežena izhodna moč
z_{max}	– maksimalna dosežena višina trajektorije poti droga
z_s	– višina sprejema droga
z_d	– razdalja med z_{max} in z_s
x_1	– vodoravni odmik do konca faz vlečenja
x_2	– vodoravni odmik med točko x_1 ter najbolj anteriorno točko po koncu drugega vlečenja
x_{loop}	– vodoravni odmik med najbolj anteriorno točko po koncu vlečenja in točko z_s
x_{net}	– vodoravni odmik med izhodiščem trajektorije in točko z_s
a_{z_max}	– maksimalni doseženi vertikalni pospešek droga
z smer	– navpična smer
x smer	– vodoravna smer, anteriorno oz. posteriorno
y smer	– vodoravna smer, levo oz. desno

■ Uvod

Poteg je ena izmed dveh tekmovalnih disciplin v olimpijskem dviganju uteži, pri kateri dvigalec olimpijsko ročko in breme na njej z neprekinjenim gibom dvigne od tal do položaja nad glavo. Na tekmovalnem dvigalcu izvedejo tri posamezne potege, pri čemer šteje le uspešen poskus z največjo težo. Večje premagano breme je posledično glavni cilj trenažnega procesa v olimpijskem dviganju uteži. Ker gre za šport moči, imajo ključno vlogo za uspešno izvedbo dvigov njihova tehnična izvedba ter posameznikove hitra in največja moč, gibljivost in stabilnost (Kono, 2001).

Poteg je tehnično in z vidika absolutne intenzivnosti zahtevna naloga, ki je posledično močno podvržena utrujenosti (Sheppard in Triplett, 2016) in narekuje specifično prilagoditev trenažnih protokolov. Everett (2016) in Zatsiorsky (1992) kot najprimernejši obseg za trening tekmovalnih olimpijskih dvigov opisujeta 1–3 ponovitve v seriji, pri čemer Zatsiorsky ugotavlja, da največji del treninga tekmovalnih dvigov profesionalnih dvigalcev predstavljajo seri-

je s po dvema ponovitvama. Z vidika najpogostejše uporabljene absolutne intenzivnosti avtorji navajajo dvige pri 70–90 % 1 RM. Bompia in Buzzichelli (2014) navajata, da so dvigi v trenažnem procesu najpogostejše izvedeni z bremen, ki predstavljajo 70–80 % 1 RM, medtem ko Zatsiorsky (1992) navaja, da so 35 % treninga sovjetskih profesionalnih olimpijskih dvigalcev uteži predstavljali dvigi intenzivnosti 80–90 % 1 RM. Ključen podatek, ki ima prav tako pomemben vpliv na intenzivnost treninga, je količina odmora med posameznimi serijami in tudi ponovitvami. Ammar idr. (2018) so ugotovili, da je 3-minutni odmor med maksimalnima serijama z eno ponovitvijo naloga in sunka učinkovitejši z vidika ohranjanja pravilne tehnične izvedbe in generiranja izhodne moči kot 2-minutni odmor. Optimalno vzdrževanje izhodne moči, ko govorimo o večjem številu serij določene vaje, dosežemo z odmori v trajanju 3–5 minut med serijami (de Salles idr., 2009).

Ponovitve v posameznih serijah so teoretično lahko izvedene kontinuirano ali pa prav tako z določenim vmesnim odmorom v trajanju 5–45 sekund (Haff idr., 2008), kar imenujemo serije s prekinitvami (angl. Cluster sets) oziroma ločene ponovitve. Konfiguracije serij s prekinitvami, kjer je trajanje odmora med ponovitvami 5–15 sekund, sicer težje prenesemo v tekmovalno olimpijsko dviganje uteži, saj trening celotnih dvigov načeloma vključuje le izvedbo koncentričnega dela. To v praksi pomeni, da dvigalec po fazi vstajanja iz počepa drog izpusti in pusti, da prosto pade, še posebno če govorimo o dvigih višjih intenzivnosti. Tako od trenutka, ko dvigalec drog izpusti, do naslednje ponovitve v seriji navadno preteče 5–10 sekund. Ta časovni interval lahko štejemo za pričakovan in normalen v okviru treninga olimpijskih dvigalcev uteži. S tem namenom smo v našem delu kot serije s prekinitvami opredelili serije z odmori med ponovitvami v trajanju 15 sekund ali več. Rezultati raziskav tovrstne konfiguracije serij sicer kažejo, da z odmorom med ponovitvami, daljšim od 15 sekund, dosežemo boljšo regeneracijo in posledično kakovostnejšo izvedbo (García-Ramos idr., 2015). Ta dva dejavnika sta izjemnega pomena za trenažni proces olimpijskih dvigalcev uteži, sploh ko ti izvajajo več ponovitev ob večjem številu serij. Na podlagi tega sklepamo, da serije s prekinitvami omogočajo izvedbo večjega števila kakovostnejših dvigov v posamezni seriji in morda tudi volumna dvigov v krajšem časovnem obdobju.

Da bi lahko ustrezno ocenili učinkovitost in predvsem vpliv različnih trenažnih procesov, je pomembno upoštevati, da dvigalčeva telesna višina, telesna masa in druge antropometrijske značilnosti ključno vplivajo na interpretacijo posameznih parametrov tehnične izvedbe dvigov in na to, kako lahko te opredelimo v sklopu »optimalne izvedbe«. Cunanan idr. (2020) ugotavljajo, da so tudi na vrhunski ravni razlike v načinu izvedbe potega, zlasti z vidika sagitalne krivulje droga. Po drugi strani Joffe in Tarrant (2020) ugotavljata, da največja mišična moč predstavlja kar 41,7 % variance za doseganje boljših rezultatov pri vrhunskih tekmovalkah. To le potrjuje, da je za analizo tehnike potega treba upoštevati širok spekter dejavnikov. Predhodne raziskave so izvedbo olimpijskih dvigov in specifično potegov preučevale na razmeroma podobne načine. Pogosto so uporabili analize navpičnih in vodoravnih odmikov trajektorije poti droga v sagitalni ravnini, navpične hitrosti in pospeška olimpijske ročke ter prek teh izračunali vrednosti maksimalne izhodne moči (Gourgoulis idr., 2000; Korkmaz in Harbili, 2015; Cunanan idr., 2020; Stone idr. 1998; Sandau idr. 2016; Liu idr., 2018). Uporabljena frekvenca zajema podatkov s sinhroniziranimi kamerami pri teh raziskavah je bila 50–60 Hz, digitalizacija točk je bila izvedena prek namenske programske opreme, podatki pa so bili navadno nadalje obdelani z uporabo filtriranja. Dejstvo je, da ima 3D-analiza pomembne prednosti pred 2D-analizo poti olimpijskega droga v sagitalni ravnini. To na primer v svojem delu iz leta 2000 poudarjajo že Gourgoulis idr. Sandau idr. (2019) omenjajo tudi nevarnost napačne interpretacije ob opazovanju le ene strani olimpijskega droga, saj je drog lahko rotiran tako v navpični kot tudi vodoravni smeri.

S to raziskavo smo želeli preveriti, kakšen vpliv imajo različne konfiguracije serij s prekinitvami na tehnično izvedbo potegov. Zanimale so nas morebitne razlike med parametri v primerjavi s serijami s tradicionalnim odmorom ter tudi v primerjavi z v preteklosti že ugotovljenimi vrednostmi parametrov potegov v tekmovalnih pogojih.

■ Metode

Preizkušane

V naši raziskavi smo preučevali dviganje najboljšega slovenskega tekmovalca v olimpijskem dviganju uteži v kategoriji do 96 kilogramov, starega 28 let. Z olimpijskim

dviganjem uteži se je na dan prvih meritev resneje ukvarjal nekaj manj kot 9 let. Pred prvo meritvijo je bila njegova telesna masa 97,4 kg, telesna višina pa 174,5 cm. Na dan prvih meritev je bil njegov najboljši skupni rezultat na uradnem tekmovanju 297 kg, najboljši poteg pa 137 kg. Trenutni 1 RM, izmerjen na zadnjem tekmovanju, je znašal 130 kg.

Pripomočki

Za zajem podatkov smo uporabili 3D-kamero Optitrack V120 Trio, pozicionirano 2,5–2,75 m za dvigalcem. Kamero smo primerno namestili z uporabo stojala Velbon Videomate 538. Na vsako stran droga smo na posebej pripravljen nastavek pritrdili okrogel marker s premerom 1 cm, kot je ponazorjeno na Sliki 1. Pridobljene podatke smo obdelali s programsko opremo Motive 2.3.1 (NaturalPoint, Inc., USA) in programsko opremo Matlab (MathWorks, USA).



Slika 1. Pozicija markerja na nastavku na obeh straneh droga

Za dodaten lateralni posnetek posameznih dvigov smo uporabili videokamero pametnega telefona Apple Iphone 13 mini v načinu ločljivosti videa 4K in 60 sličic na sekundo. Dvigalca smo snemali z desne strani in razdalje 6 metrov. Višina kamere je bila poravnana z višino markerja ob tem, ko je dvigalec zavzel vzravnani stoječ položaj s širino prijema za poteg.

Postopek

Pred prvo meritvijo smo izvedli antropometrijske meritve, zabeležili pretekle dosežke dvigalca ter določili 80 % 1 RM na podlagi rezultata na zadnji uradni tek-

mi pred meritvami. Za zmanjšanje vpliva utrujenosti smo meritve izvedli na prvem treningu v tednu, v našem primeru v ponedeljek, pri čemer je od zadnjega treninga dvigalca preteklo vsaj 36 ur. Vse meritve so bile izvedene v 4 tednih.

Ogrevalni protokol se je začel z možnostjo lastne predpriprave oziroma ogrevanja v trajanju 10–15 minut. Sledil je okvirni ogrevalni protokol za izvajanje potegov, predstavljen v Tabeli 1. Cilj tega je bilo na enak način znotraj največ 8 serij primerno pripraviti dvigalca na izvajanje potegov intenzivnosti 80 % od 1 RM.

Po končanem ogrevanju in zadnji seriji v okviru tega smo merjencu zagotovili 4–5 minut odmora. Za tem smo izvedli enega izmed trenažnih protokolov po vrstnem redu, opisanem v Tabeli 2.

Da bi primerno ocenili vpliv različnih vadbenih konfiguracij, smo se odločili za analizo naslednjih spremenljivk, ki so že bile uporabljene v prejšnjih raziskavah (Slika 2):

1. dosežena maksimalna navpična hitrost droga ($v_{z_{max}}$) in maksimalna izhodna moč (P_{max}),
2. največja dosežena višina trajektorije poti droga (z_{max}), višina sprejema (z_s) in z_{st} , ki predstavlja razliko med z_{max} in z_s ,

3. vodoravni odmik do konca faze drugega vlečenja (x_c), med točko x_i ter najbolj anteriorno točko po koncu drugega vlečenja (x_2), med najbolj anteriorno točko po koncu drugega vlečenja in točko z_s (x_{loop}), med izhodiščem trajektorije ter točko z_s (x_{net}).

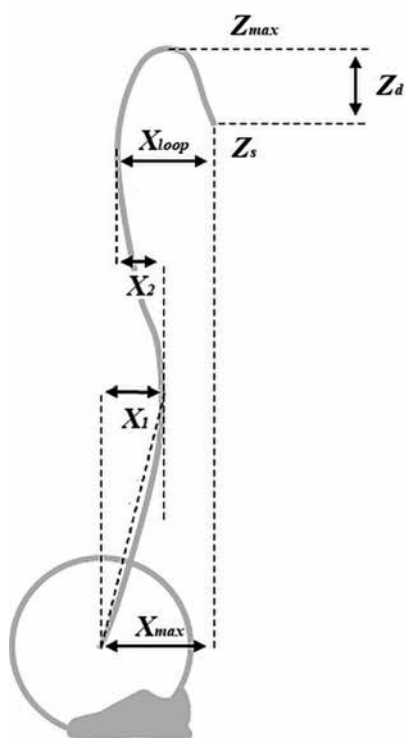
Uporabljena 3D-kamera je sledila markerjema na koncih droga. Prek tega smo pridobili ločene podatke za desno in levo stran droga. Da bi analizo izvedli natančno in se izognili razlikam med levo in desno stranjo, smo izračunali njuno aritmetično sredino – to pomeni, da smo izračunali vrednosti spremenljivk za gibanje sredine droga. Zaradi individualnih antropometrijskih in tudi tehničnih karakteristik dvigalca smo oblikovali tako imenovani idealni poteg (IDpoteg). V ta namen smo analizirali 1., 3. in 5. dvig pri prvih treh vadbenih protokolih ter 1. in 5. dvig pri četrtem vadbenem protokolu. Razlog za to je bila pričakovana manjša utrujenost dvigalca ter posledično večja tehnična pravilnost in konstantnost potegov. Po natančnem pregledu videoposnetkov smo izločili dvige, pri katerih je merjenec med fazo vstajanja za uspešen zaključek dviga kompenziral s premikom stopal. To je bil razlog, da je bilo v model IDpoteg izmed 11 možnih zajetih le 7 potegov.

Tabela 1
Ogrevalni protokol pred meritvami

Zaporedna oznaka serij	Ponovitve	Serije	Odmor med ponovitvami	Breme	Odmor med serijami
S1	poljubno	1		poljubno/drog	1–2 minuti
S2-3	2	1–2	tradicionalni, 5–10 sekund	40–50 % od 1 RM	2 minuti
S4	2	1	tradicionalni, 5–10 sekund	55 % od 1 RM	2–3 minute
S5-6	2	1–2	tradicionalni, 5–10 sekund	60 % od 1 RM	2–3 minute
S7	2	1	tradicionalni, 5–10 sekund	70 % od 1 RM	2–3 minute
S8	2	1	podaljšani, 30–35 sekund	75 % od 1 RM	3–5 minut

Tabela 2
Štirje preverjeni trenažni protokoli

Vadbeni protokol	Število serij	Število ponovitev	Intenzivnost dvigov	Odmor med ponovitvami	Odmor med serijami
PR1	8	2	80 % 1 RM	tradicionalni, 5–10 sekund	3 minute
PR2	8	2	80 % 1 RM	podaljšani, 30–35 sekund	3 minute
PR3	8	2	80 % 1 RM	podaljšani, 30–35 sekund	1,5 minute
PR4	4	4	80 % 1 RM	podaljšani, 30–35 sekund	3 minute



Slika 2. Navpični in vodoravni odmiki na trajektoriji droga

Opomba. Povzeto po "Survey of Barbell Trajectory and Kinematics of the Snatch Lift from the 2015 World and 2017 Pan-American Weightlifting Championships", avtorji A. J. Cunanan, W. G. Hornsby, M. A. South, K. P. Ushakova, S. Sato, K. Mizuguchi, K. C. Pierce in M. H. Stone, 2020, Sports, 8(9):118, str. 6.

Za primerjavo med protokoli smo izračunali povprečne vrednosti navedenih spremenjivk, tako vseh potegov skupaj (PonS_{pov}) kot tudi potegov znotraj posameznih protokolov (PonS1_{pov}, PonS2_{pov}, PonS3_{pov}, PonS4_{pov}). Izračunali smo povprečja prvih (Pon1_{pov}), drugih (Pon2_{pov}), tretjih (Pon3_{pov}) in četrth (Pon4_{pov}) ponovitev znotraj posameznih protokolov ter tudi skupno. Poleg skupnih povprečij smo izračunali tudi povprečja prve (Prot_{1/2}) in druge (Prot_{2/2}) polovice dvigov pri vseh protokoli s ciljem ugotoviti, kateri protokoli omogočajo čim boljše vzdrževanje optimalnih parametrov izvedbe. Za analizo smo izračunali relativne spremembe med omenjenimi povprečnimi vrednostmi, tako glede na predhodne dvige kot tudi glede na model idealnega dviga (IDpoteq).

Rezultati

Povprečna največja navpična hitrost ($v_{z,max}$) je znašala 2,31 m/s. Največja navpična hi-

trost $v_{z,max}$ dvigov, pri katerih štejemo, da dvigalec ni bil utrujen (IDpoteq), je bila celo večja, 2,35 m/s. Poleg tega smo izmerili tudi največji navpični pospešek ($a_{z,max}$), ki je pri našem dvigalcu v povprečju znašal 12,62 m/s². Na vzorcu izvedenih 64 dvigov smo izmerili povprečno največjo izhodno moč (P_{max}) velikosti 4401,6 W, medtem ko je bila znotraj zajetega vzorca IDpoteq P_{max} še večja, 4477,3 W. Pri študiji primera smo po zgledu nekaterih prejšnjih raziskav (Gourgoulis idr., 2000; Korkmaz in Harbili, 2015; Liu idr. 2018; Cunanan idr., 2020) analizirali 4 vodoravne in 3 navpične odmike na trajektorije droga od faze začetnega položaja do faze sprejema. Tabela 3 prikazuje povprečno izmerjene vrednosti odmikov za našega dvigalca.

V skladu s predhodnimi ugotovitvami je merjenec pri manjši utrujenosti (IDpoteq) na trajektoriji praviloma dosegel višjo točko z_{max} višja je bila tudi točka sprejema z_s . Po drugi strani pa se je zmanjšala razdalja med tema točkama, z_d . Z vidika horizontalnih odmikov so bili pri IDpoteq relativno občutno večji tako x_1 , x_{loop} kot tudi x_{net} . Rotacijo oziroma naklon droga smo izmerili tako v horizontalni ravnini (xy) kot tudi čelni (yz) ravnini, in sicer v štirih že omenjenih točkah, x_1 , x_2 , z_{max} in z_s . V povprečju je bil največji obseg rotacije (0,1°) izmerjen v horizontalni (xy) ravnini v točki sprejema (z_s). Z vidika analize povprečja vseh dvigov (PonS_{pov}) so bile vrednosti horizontalne rotacije droga (v ravnini xy) v vseh točkah višje kot vertikalne (v ravnini yz).

Povprečni $v_{z,max}$ in P_{max} drugih ponovitev sta bili manjši kot povprečni $v_{z,max}$ in P_{max} prvih ponovitev. Izjema je bil le drugi protokol, pri katerem je bila povprečna P_{max} drugih ponovitev relativno za 0,4 % višja kot P_{max} prvih ponovitev. Drugi najmanjši relativni upad povprečja P_{max} drugih ponovitev (Pon2_{pov}) v primerjavi s prvimi ponovitvami (Pon1_{pov}) smo izmerili pri četrtem

protokolu (−0,8 %). Medtem je bil omenjeni upad večji pri prvem (−4,4 %) in tretjem protokolu (−4,6 %). Pri analizi relativnih povprečnih sprememb P_{max} drugih ponovitev (Pon2) v primerjavi s prvimi ponovitvami (Pon1) v seriji znotraj prve (Prot_{1/2}) in druge polovice (Prot_{2/2}) protokolov smo ugotovili, da je bila le pri drugem protokolu (PR2) omenjena sprememba v Prot_{2/2} pozitivna (+6,6 %). Pri četrtem protokolu (PR4) je bila omenjena sprememba relativno najmanjša (−2,3 %), najmanjša pa znotraj prvega protokola (−7,4 %). Povprečne vrednosti $v_{z,max}$ in P_{max} dodatnih ponovitev (Pon3_{pov} in Pon4_{pov}) četrtega protokola relativno glede na povprečje prvih ponovitev v seriji niso bile bistveno slabše od povprečja drugih ponovitev pri prvem (PR1) in tretjem protokolu (PR3). Povprečno izmerjena $v_{z,max}$ drugih ponovitev je bila glede na prve ponovitve znotraj PR1 nižja za −2,8 %, znotraj PR3 pa za −1,5 %. Po drugi strani je bila povprečna $v_{z,max}$ četrth ponovitev znotraj PR4 za 2,3 % nižja od povprečja prvih ponovitev. Podobno je veljalo tudi za P_{max} pri čemer je relativna sprememba povprečja od prve do zadnje ponovitve v seriji pri PR1 znašala −4,4 %, pri PR3 in PR4 pa −4,6 %. Tretje ponovitve so se pri PR4 izkazale za celo povprečno najslabše izmed vseh, saj je povprečna $v_{z,max}$ glede na prve ponovitve upadla za −5,3 %, P_{max} pa za −5,4 %. V primerjavi z IDpoteq smo relativno največje spremembe povprečja P_{max} izmerili pri drugih ponovitvah PR1 (−4 %) in tretjih ponovitvah PR4 (−3,6 %). Po drugi strani je povprečna P_{max} prvih ponovitev znotraj PR1, PR3 in PR4 celo presegla povprečno P_{max} izmerjeno prek modela IDpoteq. Največjo razliko med povprečji P_{max} posameznih ponovitev znotraj prve (Prot_{1/2}) in druge polovice (Prot_{2/2}) protokolov smo ugotovili pri PR1, kjer se je upad povprečne P_{max} drugih ponovitev v primerjavi s prvimi ponovitvami v relativnem smislu povečal za 6,2 %.

Tabela 3
Razlike med povprečjem vseh dvigov in IDpoteq

Oznaka odmika	Povprečno izmerjena vrednost (cm)	Vrednost pri IDpoteq (cm)	Razlika (%)
Z_{max}	124,84	125,06	+0,2
Z_s	101,00	103,05	+2
Z_d	23,85	22,01	−8,3
x_1	−6,70	−7,3	−7,1
x_2	13,06	13	−0,9
x_{loop}	11,86	13,2	+10,2
x_{net}	−5,54	−7,5	+26,1

Zmanjšanje povprečno dosežene maksimalne višine (z_{max}) trajektorije poti droga smo v primerjavi s prvimi ponovitvami izmerili pri drugih, tretjih in četrth ponovitvah pri vseh protokolih, razen PR2. Razlike glede na povprečja prvih ponovitev so bile precej majhne, največja je bila izmerjena pri povprečju tretjih ponovitev PR4 (-1,4 % oziroma -1,6 cm). Pri višini sprejema (z_s) smo izmerili nekoliko večje relativne razlike, sploh glede na ID $poteg$. Vse povprečne vrednosti z_s posameznih ponovitev protokolov so bile manjše kot pri ID $poteg$, pri čemer je bila največja relativna sprememba ponovno pri povprečju tretjih ponovitev PR4 (-3,9 %). Razlike med povprečji z_s prvih in drugih ponovitev so bile izjemno majhne, pri PR2 (+0,1 %), PR4 (+0,2 %) in PR1 (+0,3 %). Z vidika razlike med omenjenima navpičnima odmikoma (z_d) povprečja prav vseh protokolov in posameznih ponovitev znotraj teh presegajo z_d izmerjen pri ID $poteg$. Najizrazitejše povečanje z_d glede na ID $poteg$ je bilo izmerjeno pri povprečju drugih ponovitev PR2 (+10,1 %), relativno največje povečanje povprečne z_d drugih glede na prve ponovitve v seriji pa je bilo ugotovljeno pri PR3 (+3,6 %). Ko smo primerjali prve tri protokole, kjer sta bili pri posamezni seriji izvedeni le 2 ponovitvi, je bila sprememba povprečja z_d ponovitev znotraj Prot $_{2/2}$ glede na Prot $_{1/2}$ relativno najmanjša pri PR2 (+2,2 %), večja pa pri PR1 (+5,7 %) in PR3 (+7,9 %). Pri PR4 se je povprečje z_d ponovitev znotraj Prot $_{2/2}$ glede na Prot $_{1/2}$ relativno celo zmanjšalo (-3,7 %). Treba je poudariti, da smo ugotovili visoko negativno korelacijo med z_s in z_d (-0,766; $p = 0,01$, $N = 63$), kar pomeni, da dvigalec potege, pri katerih je z_s višji, načeloma izvede z manjšim z_d , kar je zaželeno.

V povezavi z vodoravnimi odmiki na trajektoriji droga izpostavljamo, da je dvigalec pri 29,7 % potegov za uspešen dvig v fazi vstajanja iz počepa prestopil v smeri naprej. Pri dvigih brez prestopa smo v povprečju izmerili 21,6 % absolutno manjši x_{net} . Relativno najbližje vrednosti povprečja x_{net} v primerjavi z ID $poteg$ je dvigalec dosegel pri PR2. Povprečen x_{net} prvih ponovitev je bil pri tem protokolu v absolutnem smislu celo 0,5 cm oziroma 6,4 % večji, drugih ponovitev pa 1,1 cm oziroma 15,6 % manjši v primerjavi z izmerjenim x_{net} ID $poteg$. Relativna razlika med povprečjem prvih in drugih ponovitev PR2 je bila sicer precej visoka, 20,7 %. Absolutno najmanjši povprečni x_{net} je bil izmerjen pri prvih ponovitvah PR3 (3,6 cm). S tem se ujema tudi ugotovitev, da je prav pri PR3 dvigalec

lec največkrat (kar 7-krat) v fazi vstajanja iz počepa prestopil naprej. Medtem ko je PR2 omogočil najmanjšo relativno spremembo povprečnega x_{net} potegov znotraj Prot $_{2/2}$ glede na Prot $_{1/2}$ (-3,2 %), je največjo relativno spremembo (-36,4 %) povzročil prav PR3. Najnižja povprečna vrednost x_s je bila izmerjena pri prvih ponovitvah PR2 (12,6 cm), sledile so prve ponovitve PR4 (12,9 cm) in druge ponovitve PR1 (12,9 cm). Medtem smo pri ID $poteg$ izmerili povprečen x_s velikosti 12,9 cm, vrednost, ki so jo v največji meri presegla povprečja prvih ponovitev PR1 (13,6 cm), drugih ponovitev PR1 (13,3 cm) in prvih ponovitev PR3 (13,3 cm). Z vidika relativnih sprememb potegov znotraj Prot $_{2/2}$ glede na Prot $_{1/2}$ se je le pri PR2 povprečni x_s zmanjšal (-2,3 %), v največji meri pa se je povprečni x_s povečal pri PR1 (+3,1 %). Dvigalec je pri modelu ID $poteg$ dosegel povprečno najvišjo absolutno vrednost x_{loop} (13,2 cm). Najmanjši povprečni x_{loop} smo izmerili pri prvih ponovitvah PR3 (10,5 cm). Izmerjeno povprečje x_{loop} je sicer praviloma pri drugih ponovitvah zrastle, vendar relativno najmanj pri PR2 (1,1 %). Relativno najmanjša razlika povprečnega x_{loop} med Prot $_{1/2}$ in Prot $_{2/2}$ je bila znova izmerjena pri PR2, (-5,6 %). Glede absolutnih vrednosti je dvigalec najvišji povprečni x_{loop} dosegel pri PR2 (12,3 cm) in PR4 (11,9 cm). Pri PR3 je bila ta vrednost najnižja (10,6 cm), kar se ujema s slabšo tehnično izvedbo, ki je rezultirala v omenjenem večjem številu prestopov naprej v fazi vstajanja iz počepa. Vrednost x_i ID $poteg$ je preseglo le povprečje prvih ponovitev PR2 (-8,1 cm) in PR4 (-7,6 cm). Najnižja vrednost povprečja x_i je bila izmerjena pri drugih ponovitvah PR1 (-5,8 cm), ta je bila relativno za kar 20,7 % nižja od izmerjenega povprečja pri ID $poteg$. Pri PR4 je bila, zanimivo, izmerjena precej visoka vrednost povprečnega x_i vseh ponovitev (-7,1 cm), ta je bila nižja le od povprečja PR2 (-7,2 cm). Izmerjen povprečni x_i tretjih in četrth ponovitev (-6,7 cm) v serijah PR4 je presegal celo povprečni x_i drugih ponovitev PR2 in PR3.

Razprava

Naša raziskava kaže, da so z vidika ohranjanja »optimalne« tehnične izvedbe potegov serije s prekinitvami, v kombinaciji s 3-minutnim odmorom med njimi, bolj optimalne kot tradicionalne serije. Prav tako omenjena konfiguracija serij s prekinitvami omogoča relativno kakovostnejšo izvedbo večjega števila potegov pri posamezni seriji. Po drugi strani kaže, da ima krajšanje

odmora med serijami, tudi če te vključujejo podaljšan odmor med ponovitvami, negativen vpliv na tehnično izvedbo potegov. Ugotavljamo še, da gre pri analizi »optimalne« tehnične izvedbe olimpijskih dvigov za kompleksen proces, pri katerem je poleg načina zbiranja podatkov ključen tudi postopek obdelave omenjenih podatkov.

Izmerjene povprečne vrednosti $v_{z_{max}}$ potrjujejo, da manjša relativna obremenitev omogoča izvedbo potegov z višjo $v_{z_{max}}$ (Fleming in Brooks 2020). Raziskave, ki so preučevale hitrost potegov z bremenom bližje posameznikovega 1 RM, namreč pri tem navajajo doseganje $v_{z_{max}}$ okoli 1,8 m/s (Isaka idr., 1996) ali celo manj: 1,74 ± 0,10 m/s (Liu idr., 2018), 1,67 ± 0,10 m/s (Gourgoulis idr., 2000), 1,67 ± 0,07 m/s (Harbili idr., 2017). V zadnjih letih je analiza dosežene največje vertikalne hitrosti postala zanimiva tudi zaradi vse bolj dostopne tehnologije za njeno meritev. Kljub temu pa morajo biti tako dvigalci kot trenerji pri interpretaciji previdni, saj višja dosežena $v_{z_{max}}$ ni nujno dobrodošla.

Poleg $v_{z_{max}}$ smo izmerili tudi maksimalni vertikalni pospešek ($a_{z_{max}}$). Pridobljene vrednosti tega (12,62 m/s²) so bile precej višje od nekaterih že objavljenih rezultatov (Liu idr., 2018; Granell idr., 2006; Rossi idr., 2007). To lahko pripisujemo frekvenci zajema podatkov (120 Hz s primerjavi s 50–60 Hz) in uporabljenemu filtriranju (v našem primeru Butterworthov filter 3. reda in pragovno frekvenco 10 Hz), kar je pomembno upoštevati, če se pospešek uporablja za izračun maksimalne izhodne moči (P_{max}). Zato so bile povprečne izračunane vrednosti P_{max} (4401,6 W) višje od ugotovljenih v nekaterih že objavljenih delih (Flores idr., 2017; Hadi idr., 2012; Gourgoulis idr., 2000). Trdimo lahko, da sta tako $v_{z_{max}}$ kot P_{max} povezani z dvigalčevimi telesnimi značilnostmi (Fleming in Brooks 2020) in intenzivnostjo dvigov (Flores idr., 2017), zato je njune vrednosti treba interpretirati temu primerno. Za obe verjetno obstaja določen optimalni razpon, ki prispeva k optimizaciji drugih tehničnih parametrov potegov.

Na vzorcu dvigalcev, ki so izvajali potege na tekmovanju blizu 100 % 1 RM, je bila povprečno izmerjena z_{max} v raziskavi Gourgoulis idr. (2000) na primer 121 cm, Hadi idr. (2012) pa so v svoji raziskavi pri 100 % 1 RM izmerili povprečen z_{max} 118 cm, pri 80 % 1 RM pa 129 cm. Doseganje višje z_{max} na trajektoriji ID $poteg$ je gotovo povezano s tem, da dvigalec pri manjši utrujenosti razvije višjo P_{max} in $v_{z_{max}}$. Poleg večje z_{max} je

bila pri IDpoteq večja tudi z_s . Posledično se je, kot je to načeloma zaželeno, zmanjšala razdalja med tema točkama (z_d), kar Nagao idr. (2019) opisujejo kot indikator učinkovite tehnične izvedbe potega. Zanimivo je povprečna z_d naše raziskave v relativnem smislu predstavljala 19,1 % od z_{max} , kar je precej več od relativne vrednosti (11,3 %), o kateri so poročali Gourgoulis idr. (2000). Po drugi strani je bila relativna vrednost z_{max} glede na telesno višino dvigalcev bistveno bližje (71,8 % proti 70,7 %), kar le potrjuje tezo, da je upoštevanje dvigalčeve antropometrije ključno. Povprečje vodoravnih odmkov pri IDpoteq glede na povprečje vseh dvigov kaže, da je razvoj večje P_{max} povezan s poudarjenim posteriornim nagibom telesa ob koncu drugega vlečenja ter posledičnim večjim premikom posteriorno (x_{net}). S tem sta povezana tudi večja vodoravna odmika x_1 in x_{loop} . x_1 predstavlja sposobnost aktivnega vleka droga k sebi do faze drugega vlečenja. Načeloma želimo, da je x_1 večji ob predpostavki, da je x_2 manjši, kar pomeni, da vodoravna komponenta do konca drugega vlečenja ni rezultirala v kompenzaciji z odbojem droga v anteriorni smeri znotraj faze podsedanja. Pri x_{loop} smo ugotovili, da je bila povprečna velikost precej manjša (10,8 cm, $n = 19$) pri dvigih, pri katerih je merjenec v fazi vstajanja iz počepa prestopil v smeri naprej, kot pri dvigih brez prestopa (12,3 cm, $n = 43$). Le pri enem poskusu je dvigalec prestopil v smeri nazaj, v tem primeru pa je bila velikost x_{loop} precej večja (15,7 cm, $n = 1$). Glede na ugotovitve preteklih raziskav (Garhammer, 1985; Liu idr., 2018), ki kot normativ omenjajo x_{net} velikosti od -10 do -20 centimetrov, je sicer izmerjeni x_{net} -7,50 cm pri našem IDpoteq precej manjši. To pripisujemo strategiji izvedbe potega, za katero glede na ugotovitve Cunanana idr. (2020) ne moremo trditi, da dejansko negativno vpliva na končni rezultat. Izmerjen povprečen x_{net} vseh potegov je bil sicer relativno za 26,1 % manjši kot pri IDpoteq. To nakazuje, da je večji x_{net} , seveda znotraj določenih okvirov, bolj ugoden ne glede na strategijo izvedbe potega in oblike njegove trajektorije.

Dejavniki, ki ga gotovo moramo omeniti, je tudi intenzivnost dvigov. Ta je bila nižja (80 % od 1 RM) od nekaterih predhodnih meritev, ki so bile izvedene na tekmovanju in posledično dvigih bližje 1 RM. Naše ugotovitve nakazujejo, da morebiti dvigalci ob utrujenosti ter tudi pri potegih absolutno nižjih intenzivnosti dvigajo z manjšimi horizontalnimi odmiki in večjimi navpičnimi odmiki z_d .

Dejstvo, da je bila v povprečju največja amplituda rotacije izmerjena v točki sprejema, pripisujemo zahtevni stabilizaciji droga nad glavo in minimalnim korekcijam, ki so ob tem potrebne. Kljub temu, da je naš merjenec potega izvajal z minimalnimi rotacijami, verjamemo, da sta analiza rotacij ter sledenje obema stranema droga nujno potrebna za celostno obravnavo in ocenjevanje tehnične izvedbe posameznih dvigov.

Spremembe povprečne P_{max} drugih v primerjavi s prvimi ponovitvami v serijah morebiti kažejo, da so serije s prekinitvami učinkovitejše za ohranjanje tako P_{max} (Haff idr., 2008) kot tudi $v_{z,max}$. To potrjujejo tudi relativno najmanjše spremembe povprečne P_{max} drugih (Pon2_{po}) glede na prve ponovitve (Pon1_{po}) v seriji pri PR2 in PR4. V prvi polovici protokola (Prot_{1/2}) je povprečna P_{max} četrth ponovitev PR4 v relativnem smislu glede na povprečje prvih ponovitev upadla za 3,1 %. Zanimivo je bil pri PR3 omenjeni relativni upad povprečne P_{max} drugih glede na prve ponovitve večji in je znašal 5,9 %. To je morebiti posledica krajšega odmora med serijami v PR3, kar se ujema s trditvijo de Salles idr. (2009), da optimalno vzdrževanje mišične moči dosežemo z odmori v trajanju 3–5 minut. Ammar idr. (2018) so pri izvedbi dveh ponovitev naloga in sunka ugotovili, da krajši, 2-minutni odmor med serijami negativno vpliva na produkcijo P_{max} in tudi $v_{z,max}$ droga. Omenjeni upad povprečne $v_{z,max}$ droga pri drugih ponovitvah znotraj PR3 sicer ni bil ugotovljen, saj je bil relativno najvišji povprečni upad znotraj serij s po dvema ponovitvama ugotovljen pri PR1. Absolutno najvišji upad povprečne $v_{z,max}$ smo sicer izmerili pri tretjih ponovitvah PR4 tako v Prot_{1/2} kot Prot_{2/2}. Predpostavljamo, da je poleg absolutnih vrednosti P_{max} in $v_{z,max}$ pri primerjavi večjega števila dvigov posameznega dvigalca nujno upoštevati tudi absolutno odstopanje teh glede na prejšnje ponovitve ter IDpoteq. Te ugotovitve je nato treba povezati z vodoravnimi in navpičnimi odmiki.

Ugotovljene razlike med prvo in drugo ponovitvijo so z vidika povprečij z_{max} in z_s nasploh relativno majhne, najmanjše so bile pri PR2. Posledično je bilo pri PR2 najmanjše tudi nihanje z_d , sploh ob primerjavi povprečij druge (Prot_{2/2}) in prve polovice (Prot_{1/2}) potegov. Tudi relativna sprememba povprečja z_d drugih glede na prve ponovitve v seriji je bila najmanjša znotraj PR2 (2,6 %).

Kot kažejo ugotovitve nekaterih prejšnjih raziskav (Garhammer, 1985; Liu idr., 2018), je treba vodoravne odmike primerjati v okviru določenih referenčnih vrednosti in individualnih značilnosti posameznikove tehnične izvedbe. Treba bi bilo izvesti raziskave, ki bi posamezne predstavljene vodoravne odmike povezale s podrobnejšimi antropometrijskimi značilnostmi posameznika, kot je to že bilo izvedeno pri navpičnih odmikih. Čeprav naj bi bili iz fizikalnih razlogov vodoravni odmiki optimalno čim manjši (Buitrago in Jianping, 2018; Korkmaz in Harbili, 2015), so torej, kot kaže, do določene mere celo zaželeni in predstavljajo pomemben podatek o optimalni tehnični izvedbi olimpijskih dvigov. Dejstvo, da je dvigalec pri dvigih s prestopom naprej v povprečju dosegel za 21,6 % manjši x_{net} , kaže na pomen velikosti tega. Prav tako v tej smeri kaže absolutno večji x_{net} pri IDpoteq (-7,6 cm) kot pri povprečju vseh dvigov skupno (-5,5 cm). Dejstvo, da so bile absolutno najvišje povprečne vrednosti x_{net} , x_{loop} in x_1 izmerjene pri potegih pri PR2, verjetno potrjuje tezo, da so bili potegi generalno najkakovostnejše izvedeni pri tem protokolu. Tudi daleč najmanjše relativno zmanjšanje povprečja x_{net} potegov (-3,2 %) v Prot_{2/2} glede na Prot_{1/2} smo ugotovili pri PR2. Opisana relativna razlika med povprečjem x_{net} obeh polovic protokolov je bila sicer pri PR1 (-18,3 %), PR3 (-36,4 %) in PR4 (-33,6 %) precej večja. Eden izmed razlogov za relativno visoko zmanjšanje x_{net} in x_{loop} v Prot_{2/2} glede na Prot_{1/2} pri PR3 in PR4 bi morda lahko bilo večje izvedeno število potegov v krajšem časovnem obdobju. Nazadnje so povprečne vrednosti x_1 pri tretjih in četrth ponovitvah v serijah PR4 presegale celo povprečni x_1 drugih ponovitev PR2 in PR3. Ob tem so bile nižje tudi povprečne vrednosti x_2 omenjenih ponovitev, medtem ko je bil povprečen x_{loop} manjši od tistega pri drugih ponovitvah PR1.

■ Zaključek

Na podlagi rezultatov naše študije primerja ugotavljamo, da sta ključna uporaba primerne tehnologije in način zajema podatkov. Treba je poznati tudi dvigalčeve telesne značilnosti in v povezavi s tem oblikovati model »idealnega potega«, pri tem pa se je treba zavedati, da se okvir »optimalne« tehnične izvedbe lahko spreminja. Nazadnje je pomembna interpretacija podatkov, pri čemer ugotavljamo, da je za analizo treninga olimpijskih dvigov morda konstantnost določenih parametrov celo

pomembnejša od njihovih absolutnih vrednosti. Rezultati naše raziskave kažejo, da so serije s podaljšanim odmorom med ponovitvami in primerno dolgim odmorom med serijami uporabne za implementacijo pri treningu olimpijskega dviganja uteži. Z vidika ohranjanja optimalne tehnične izvedbe potegov rezultati kažejo, da je najprimernejši drugi protokol (PR2), saj je ta pri bremenu 80 % 1 RM omogočil izvedbo največjega števila kakovostnih ponovitev in serij. Ob uporabi četrtega protokola (PR4), ki je časovno precej bolj racionalen, je za preučevano intenzivnost dvigov smiselno zmanjšati število skupno izvedenih ponovitev oziroma izvesti manj serij. Tretji vadbeni protokol (PR3) je z vidika olimpijskega dviganja manj ugoden, pri čemer je verjetno glavna težava prekratek, 1,5-minutni odmor med serijami.

Zaključki na podlagi študije primera imajo seveda omejeno vrednost, še posebej zato, ker smo uporabljali le osnovne statistične metode. Prepričani smo, da bi bilo v prihodnosti nujno vključiti večje število dvigalcev, pri čemer je ključno podrobneje raziskati vpliv dvigalčeve antropometrije na tehnično izvedbo potegov. Prav tako pomembna se zdi način analiziranja in oblikovanje okvirov tehnične izvedbe pri trenažnih intenzivnostih dvigov, ki so pogosto manjše od 90 % 1 RM. Z vidika preučevanja optimizacije trenažnih protokolov bi bilo smiselno raziskave izvesti v krajšem časovnem obdobju s čim manjšim številom nenadzorovanih trenažnih enot in predvsem manjšim številom analiziranih protokolov.

Literatura

1. Ammar, A., Riemann, B. L., Abdelkarim, O., Driss, T. in Hökelmann, A. (2018). Effect of 2- vs. 3-Minute Interrepetition Rest Period on Maximal Clean Technique and Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 1–9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002785>
2. Bompá, T. in Buzzichelli, C. (2014). Periodization training for sports. Stanningley: Human Kinetics Europe.
3. Buitrago, M. in Jianping, M. (2018). Chinese Weightlifting. USA: Ma Strength.
4. Cunanan, A., Hornsby, G., South, M., Ushakova, K., Mizuguchi, S., Sato, K., Pierce, K., Stone, M. (2020). Survey of Barbell Trajectory and Kinematics of the Snatch Lift from the 2015 World and 2017 Pan-American Weightlifting Championships. *Sports*, 8(9), 118. <http://dx.doi.org/10.3390/sports8090118>
5. de Salles, B. F., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J., Lemos, A. in Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 765–777. <https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>
6. Everett, G. (2016). Olympic Weightlifting: A Complete Guide for Athletes and Coaches. Fallbrook: Catalyst Athletics, LLC.
7. Fleming, W. in Brooks, T. (2020). Velocity-Based Training for Weightlifting. Bloomington: 1Kilo Publishers.
8. García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G. G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J. in Feriche, B. (2015). Effect of Different Interrepetition Rest Periods on Barbell Velocity Loss During the Ballistic Bench Press Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2388–2396. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891>
9. Garhammer, J. (1985). Biomechanical Profiles of Olympic Weightlifters. *International journal of sports biomechanics*, 1, 122–130. Pridobljeno s https://homeweb.csulb.edu/~atlastwl/BioProfilesOWL_USB1985.pdf
10. Gourgoulis, V., Aggelousis, N., Mavromatis, G. in Garas, A. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. *Journal of sports sciences*, 18(8), 643–652. <https://doi.org/10.1080/026404100500082332>
11. Granell, J. C., Poletaev, P., Cuesta, A., Pablos, C. in Deval, V. (2006). Kinematical Analysis of the Snatch in Elite Male Junior Weightlifters of Different Weight Categories. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 843–850. <https://doi.org/10.1519/R-55551.1>
12. Hadi, G., Akkus, H. in Harbili, E. (2012). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch technique for lifting different barbell weights. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1569–1575. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318231abe9>
13. Haff, G. G., Burgess, S. J. in Stone, M. H. (2008). Cluster Training: Theoretical and Practical Applications for the Strength and Conditioning Professional. *UKSCA Strenght and Conditioning Journal*, 12, 12–16. Pridobljeno s https://www.researchgate.net/publication/239731102_Cluster_training_theoretical_and_practical_applications_for_the_strength_and_conditioning_professional
14. Harbili, E., Harbili, S. in Alptekin, A. (2017). Kinematics of the snatch in elite male weightlifters. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 8(3), 72–77. Pridobljeno s https://www.researchgate.net/publication/343722064_Kinematics_of_the_snatch_in_elite_male_weightlifters
15. Joffe, S. A. in Tallent, J. (2020). Neuromuscular predictors of competition performance in advanced international female weightlifters: a cross-sectional and longitudinal analysis. *J Sports Sci*, 38(9), 985–993. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1737396>
16. Kono, T. (2001). Weightlifting, olympic style. Hawaii: Hawaii Kono Company.
17. Korkmaz, S. in Harbili, E. (2015). Biomechanical analysis of the snatch technique in junior elite female weightlifters. *Journal of Sport Sciences*, 34(11), 1088–1093. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2015.1088661>
18. Liu, G., Fekete, G., Yang, H., Ma, J., Dong, S., Mei, Q., in Gu, Y. (2018). Comparative 3-dimensional kinematic analysis of snatch technique between top-elite and sub-elite male weightlifters in 69-kg category. *Heliyon*, 4(7), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00658>
19. Nagao, H., Kubo, Y., Tsuno, T., Kurosaka, S. in Muto, M. (2019). A Biomechanical Comparison of Successful and Unsuccessful Snatch Attempts among Elite Male Weightlifters. *Sports*, 7(6), 151. <https://doi.org/10.3390/sports7060151>
20. Rossi, S., Buford, T., Smith, D., Kennel, R., Haff, E. in Haff, G. (2007). Bilateral Comparison of Barbell Kinetics and Kinematics During a Weightlifting Competition. *International journal of sports physiology and performance*. 2(2), 150–158. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2.2.150>
21. Sandau, I., Lippmann, J. in Seidel, I. (2016). Snatch technique of male international weightlifters: A long-term analysis. *EWF Scientific Magazine*, 2(5), 6–15. Pridobljeno s https://www.researchgate.net/publication/309212512_Snatch_technique_of_male_international_weightlifters_A_long-term_analysis
22. Sandau, I., Jentsch, H. in Bunk, M. (2019). Re-analyzer HD - A real-time barbell tracking software for weightlifting. *The official journal of the European Weightlifting Federation*, 13, 14–23. Pridobljeno s https://www.researchgate.net/publication/335855981_Re-analyzer_HD_-_A_real-time_barbell_tracking_software_for_weightlifting
23. Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Williams F., Johnson, R. L. in Pierce, K. C. (1998). Analysis of Bar Paths During the Snatch in Elite Male Weightlifters. *Strength and Conditioning Journal*, 20, 30–38. [https://doi.org/10.1519/1073-6840\(1998\)020<0030:A0BPDT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1073-6840(1998)020<0030:A0BPDT>2.3.CO;2)
24. Sheppard, J. in Triplett, N. (2016). Program Design for Resistance Training. V National Strength and Conditioning Association (ur.), Essentials of Strength Training and Conditioning (str. 439–469). Champaign: Human Kinetics United States.
25. Zatsiorsky, V. M. (1992). Intensity of Strength Training Facts and Theory: Russian and Eastern European Approach. *National Strength and Conditioning Association Journal* 14(5), 46–57. Pridobljeno s https://journals.lww.com/nsca-scj/Citation/1992/10000/International_Perspective__Intensity_of_Strength.11.aspx

Janez Konjar
konjar15@gmail.com