

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Domagoj Pavić

**AKUTNI UČINCI IZOINERCIJSKOG TRENINGA
NA IZVEDBU SPRINTA I ANALIZA POJAVE
EKSCENTRIČNOG PREOPTEREĆENJA KOD
VRHUNSKIH MLADIH KOŠARKAŠA**

Zagreb, 2025.

Ovaj rad izrađen je pri Zavodu za kineziologiju sporta Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Cvite Gregov i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2024/25.

Popis kratica korištenih u radu

PAP – postaktivacijska potencijacija

PAPE – postaktivacijsko poboljšanje izvedbe

%EO – ekscentrično preopterećenje

powerEcc – vršna ekscentrična snaga

powerCon – vršna koncentrična snaga

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJEVI I HIPOTEZE	5
3. METODE ISTRAŽIVANJA	6
3.1. Uzorak ispitanika.....	6
3.2. Eksperimentalni nacrt.....	7
3.3 Opis protokola istraživanja.....	8
3.4. Metode obrade podataka.....	11
4. REZULTATI	12
5. RASPRAVA.....	15
6. ZAKLJUČAK.....	18
7. ZAHVALE	19
8. POPIS LITERATURE.....	20
9. SAŽETAK.....	23
10. SUMMARY	24

1. UVOD

U timskim sportovima poput košarke, unatoč stalnoj izmjeni aktivnosti niskog, srednjeg i visokog intenziteta, uspješnost u ključnim situacijama ponajviše ovisi o izvođenju visoko intenzivnih kretnji (Stojanović i sur., 2018). Iz tog razloga autori naglašavaju važnost usmjeravanja treninga košarkaša ka razvoju eksplozivnih kretnji poput sprinteva, skokova, akceleracija, deceleracija te naglih promjena smjera kretanja. Sprint se dokazano može razvijati treningom jakosti, pliometrijskim treningom kao i sprintanjem s otporom (Bolger i sur., 2015; Prieske i sur., 2018; Zhou i sur., 2024). Napredak je u eksplozivnoj jakosti tipa sprinta, pored već spomenutih trenažnih metodologija koje dovode do kroničnih adaptacija, moguće ostvariti i akutnim učincima pojedinih programa treninga. Akutni napredak u takvim i sličnim aktivnostima nerijetko se u ranijim znanstvenim radovima pripisivao fenomenu postaktivacijske potencijacije (*engl.* postactivation potentiation; PAP) (Tillin i Bishop, 2009). No budući da se PAP izvorno odnosi na povećanje sile mišićnog trzaja izazvane električnom kontrakcijom, izražena je potreba za uvođenjem novog termina „postaktivacijskog poboljšanja izvedbe“ (*engl.* postactivation performance enhancement; PAPE) koji bi se isključivo odnosio na poboljšanje voljne mišićne kontrakcije (Cuenca-Fernández i sur., 2017). Također važno je napomenuti da veličina učinka te vremenski okvir u kojem se potencijacija pojavljuje, ovisi o tome je li se mišićna izvedba procjenjivala putem električno izazvanih ili voljnih kontrakcija. Napredak u sili električno izazvanog mišićnog trzaja najizraženiji je tijekom prve minute nakon aktivacijske vježbe, a ostvareni napredak iznosi i preko 20% (Cuenca-Fernández i sur., 2017). Nasuprot tome, napredak se u voljno izazivanim mišićnim kontrakcijama ostvaruje kasnije (od 6 do 10 minuta), a ostvareni napredak iznosi oko 5% (Cuenca-Fernández i sur., 2017). Jasno je da je PAPE fenomen ključno područje interesa u ovome radu, s obzirom da se sprint temelji na eksplozivnim i voljnim mišićnim kontrakcijama. Točna fiziološka pozadina navedenog fenomena nije poznata, no može se dijelom objasniti porastom mišićne temperature te intracelularnim nakupljanjem tekućine po izvođenju aktivacijske vježbe (Blazevich i Babault, 2019). U svakom slučaju, akutno poboljšanje u izvođenju eksplozivnih aktivnosti zabilježeno po izvođenju različito oblikovanih trenažnih podražaja. Pri oblikovanju takvog trenažnog podražaja važno je voditi računa o trenažnim varijablama, odnosno o intenzitetu, volumenu te periodu odmora nakon aktivacijske vježbe (Garbisu-Hualde i Santos-Concejero, 2021). Također neki autori navode da bi aktivacijska vježba trebala biti biomehanički

slična eksplozivnoj aktivnosti kojom se ispituje potencijacija (Dello Iacono i sur., 2018). Određivanje spomenutih trenažnih varijabli u velikoj mjeri ovisi i o vrsti kontraktilne aktivnosti tijekom izvođenja aktivacijske vježbe. Prema Tillinu i Bishopu (2009), svaka vrsta mišićne kontrakcije može doprinijeti akutnom poboljšanju izvedbe, no najčešće proučavane ostaju izometričke te dinamičke kontrakcije koje kombiniraju ekscentričnu i koncentričnu fazu (npr. izvedba vježbe čučanj sa šipkom na leđima). U posljednje vrijeme podosta se pažnje pridodalo izoinercijskom treningu, kao obliku treninga u kojemu dolazi do pojave ekscentričnog preopterećenja i naglašene ekscentrične kontrakcije (Beato i sur., 2021). S obzirom na temu ovog rada, akutni učinak izoinercijskog treninga kao i određivanje trenažnih varijabli za provođenje istog detaljnije će se razmotriti u narednim odlomcima.

Izoinercijski trening provodi se na izoinercijskom ergometru, a stekao je veliku popularnost unazad nekoliko godina. Isti je uređaj osmišljen i predstavljen 90-ih godina prošlog stoljeća kao oblik treninga s opterećenjem koji bi se mogao koristiti u svemiru te na taj način utjecati na očuvanje mišićne mase te jakosti astronauta (Berg i Tesch, 1994). Otpor je pri izoinercijskom treningu neovisan o gravitaciji, a stvara se na temelju inercije zamašnjaka. Trening na izoinercijskom uređaju započinje koncentričnom mišićnom akcijom, uslijed koje osoba povlačenjem užeta pokreće rotaciju zamašnjaka. Po završetku koncentrične faze pokreta, zahvaljujući inerciji zamašnjaka i stvorenoj kinetičkoj energiji dolazi do namotavanja užeta u suprotnu stranu te tako započinje ekscentrična mišićna akcija. Što je zamašnjak veće mase i/ili većeg promjera, to je veća sila potrebna kako bi mu se promijenilo stanje gibanja, odnosno kako bi ga se pokrenulo ili zaustavilo. Iz tog razloga svaki zamašnjak koji se koristi u svrhu izoinercijskog treninga na sebi ima napisan moment inercije (I) koji predstavlja razinu intenziteta, a računa se prema sljedećoj formuli:

$$I = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

gdje m predstavlja masu zamašnjaka, a r udaljenost mase od osi rotacije.

Nekolicina znanstvenih radova ispitala je akutni učinak izoinercijskog treninga na izvedbu sprinta, a zabilježeni su rezultati proturječni. Dok su neka istraživanja ukazivala na pozitivan učinak (Fu i sur., 2023; Qi i sur., 2025; Sanudo i sur., 2020), druga nisu (Beato i sur., 2019; Loturco i sur., 2024). Razlike u rezultatima pokušat ćemo objasniti na temelju metodoloških razlika u postavljanju navedenih istraživanja. Iako pojedini autori naglašavaju da biomehanička sličnost između aktivacijske vježbe i naknadne eksplozivne aktivnosti može imati važnu ulogu u izazivanju

PAPE učinka (Dello Iacono i sur., 2018), u ovim istraživanjima taj čimbenik nije mogao biti odlučujući, budući da su sva istraživanja kao aktivacijsku vježbu koristila polučučanj na izoinercijskom uređaju. Važno je napomenuti da dužina dionice sprinta nije bila jednaka u svim istraživanjima. Beato i suradnici (2019) smatraju da je dužina dionice od 5 metara kojom su oni ispitali PAPE učinak prekratka, te predlažu odabir dužih dionica (≥ 10 m) kako bi se povećala pouzdanost eksperimentalnih rezultata. Volumen treninga, promatran kroz broj radnih serija, mogao bi djelomično objasniti rezultate koje su dobili Loturco i suradnici (2024). U njihovom istraživanju provedena je samo jedna radna serija, dok Beato i suradnici (2020) preporučuju izvođenje dvije do tri serije. U preostalim istraživanjima koja su ostvarila značajan učinak, ispitanici su provodili dvije do četiri serije na izoinercijskom uređaju. Qi i suradnici (2025) uspoređivali su učinke jedne, dvije i tri serije na izvedbu sprinta od 30 metara, te iako su već nakon jedne serije uočili značajan učinak, veći napredak ostvaren je nakon dvije i tri serije. Beato i suradnici (2020) također navode da je moguće koristiti različite razine intenziteta za ostvarivanje napretka ($0,03\text{--}0,11\text{ kg}\cdot\text{m}^2$), no ipak u promatranim istraživanjima, najveći učinci na izvedbu sprinta ostvarivali su se korištenjem srednjih razina inercije ($0,035\text{--}0,057\text{ kg}\cdot\text{m}^2$). Uzorak ispitanika varirao je od rekreativno aktivnih do profesionalnih sportaša, a vrijeme oporavka nakon aktivacijske vježbe u kojem se ostvarivao najveći učinak iznosilo je od 4 do 9 minuta.

Izoinercijski trening svoju je popularnost stekao na temelju činjenice da je za vrijeme klasičnog treninga s opterećenjem (npr. čučanj sa olimpijskom šipkom na leđima), ekscentrična faza pokreta podopterećena. Opće je poznato da je ekscentričnom kontrakcijom moguće stvoriti veću silu u usporedbi s maksimalnom koncentričnom kontrakcijom, te je iz istog razloga proizašla potreba osmišljavanja novih trenažnih metoda koje bi optimalno opteretile ekscentričnu fazu pokreta. U literaturi se metode usmjerene na naglašenu ekscentričnu kontrakciju često nazivaju treningom ekscentričnog preopterećenja. Najranije i ujedno najčešće korištene metode za izazivanje ekscentričnog preopterećenja bile su manipulacije opterećenjem tijekom ekscentrične i koncentrične faze klasičnih vježbi i skokova (Maroto-Izquierdo i sur., 2020). Unatoč dokazanoj učinkovitosti u postizanju akutnog napretka u eksplozivnim zadacima (Hughes i sur., 2016), navedene metode zbog svoje nepraktičnosti nisu bile široko korištene, osobito u timskim sportovima sa velikim brojem sportaša. U novije vrijeme kao učinkovita i praktična metoda postizanja ekscentričnog preopterećenja pojavio se izoinercijski trening. Maroto-Izquierdo i suradnici (2020) navode da izoinercijski trening zahvaljujući inerciji zamašnjaka, omogućuje da

se energija proizvedena u koncentričnoj fazi prenese u ekscentričnu, pri čemu zaustavljanje rotacije zamašnjaka u smanjenom opsegu pokreta tijekom ekscentrične faze dovodi do preopterećenja. Martinez-Hernandez (2023) također ističe da je potrebno koristiti posebne tehnike izvođenja kako bi se ostvarilo veće opterećenje za vrijeme ekscentrične u odnosu na koncentričnu fazu pokreta. Unatoč tome, pojedina istraživanja podrazumijevaju stvaranje ekscentričnog preopterećenja izoinercijskim treningom, iako nisu primijenjene posebne tehnike niti je ispitano ostvaruje li se uistinu takav učinak (Beato i sur., 2019; De Keijzer i sur., 2020; Sun i sur., 2024; Xie i sur., 2022). Stoga je, uz ispitivanje mogućnosti postizanja akutnog napretka u sprintu izoinercijskim treningom, sekundarni cilj ovoga rada utvrditi dolazi li tijekom takvog treninga do pojave ekscentričnog preopterećenja.

2. CILJEVI I HIPOTEZE

Primarni cilj ovog rada je ispitati može li izvođenje polučučnja na izoinercijskom uređaju dovesti do akutnog poboljšanja izvedbe sprinta kod vrhunskih mladih košarkaša, i to kroz smanjenje vremena potrebnog za prelazak dionica od 5, 10 i 20 metara, šest minuta nakon završetka eksperimentalnog protokola.

Sekundarni cilj je utvrditi pojavljuje li se tijekom izoinercijskog treninga ekscentrično preopterećenje, na temelju odnosa vršne ekscentrične i koncentrične snage, pri čemu se analiza provodi za ponavljanja svih serija zajedno te za svaku od tri izvedene serije zasebno.

Iz toga proizlaze sljedeće hipoteze:

H1: Izoinercijski trening značajno će utjecati na smanjenje vremena sprinta na dionicama od 5, 10 i 20 metara.

H2: Provođenje izoinercijskog treninga bez posebnih uputa i/ili tehničkih prilagodbi neće rezultirati značajnim ekscentričnim preopterećenjem niti u pojedinačnim serijama (1., 2. i 3.) niti kada se sva ponavljanja tijekom treninga promatraju zajedno.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Uzorak ispitanika

U istraživanje je uključeno 15 zdravih sudionika. Uvjeti za uključivanje sudionika bili su odsutnost bolesti i trenutnih ozljeda mišićno-koštanog sustava. Dokaz da se radi o vrhunskim sportašima predstavlja činjenica da čak sedam košarkaša prema klasifikaciji McKaya i suradnika (2022) pripada četvrtom rangu, dok preostalih osam košarkaša pripada trećem rangu. Četvrti rang opisuje elitne sportaše koji predstavljaju svoju zemlju na međunarodnim natjecanjima, dok treći rang opisuje visoko trenirane sportaše koji se natječu na nacionalnoj razini. U ispitivanje akutnog učinka izoinercijskog treninga na izvedbu sprinta uključeno je svih 15 ispitanika, dok je zbog tehničkog gubitka podataka jednog ispitanika, analiza pojave ekscentričnog preopterećenja provedena na 14 ispitanika. Prije početka istraživanja, ispitanici i njihovi roditelji detaljno su upoznati s ciljevima i protokolom istraživanja, uključujući potencijalne rizike. Naglašeno im je pravo da u bilo kojem trenutku mogu povući dijete iz istraživanja bez ikakvih posljedica. Dobrovoljna suglasnost potvrđena je potpisivanjem obrasca za sudjelovanje. Cjelokupan istraživački proces odobren je od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (broj odobrenja: 77/2025). U Tablici 1. prikazani su antropološki podaci svih ispitanika u vidu tjelesne visine, tjelesne mase, indeksa tjelesne mase i dobi. Izračun indeksa tjelesne mase (ITM) izveden je po formuli: $ITM = \text{tjelesna masa} / \text{tjelesna visina}^2$.

Tablica 1. Antropološke karakteristike ispitanika

Broj ispitanika (n)	15
Dob (godine)	$17,0 \pm 1,0$
Tjelesna visina (cm)	$193,1 \pm 7,3$
Tjelesna masa (kg)	$83,6 \pm 8,2$
Indeks tjelesne mase (kg/m ²)	$22,4 \pm 1,7$

3.2. Eksperimentalni nacrt

U sklopu istraživačkog postupka ispitanici su se u periodu od 3 tjedna trebali pojaviti 5 puta. Prva tri susreta bila su namijenjena upoznavanju s korištenjem izoinercijskog ergometra te utvrđivanju osnovnih antropometrijskih mjera. Ovakav pristup slijedi preporuke iz literature (Beato i sur., 2020), koje naglašavaju važnost tri do četiri uvodne sesije zbog specifičnog osjećaja opterećenja na navedenom uređaju. Nakon uvodnog dijela, sportaši su metodom slučajnog odabira raspoređeni u dvije grupe, pri čemu je jedna započinjali eksperimentalnim, a druga kontrolnim protokolom. Eksperimentalni protokol uključivao je uobičajeno, standardizirano zagrijavanje nakon čega su ispitanici izvodili vježbu polučučnja na izoinercijskom uređaju. U kontrolnom protokolu sudionici su radili isključivo zagrijavanje bez dodatnih vježbi. Po završetku svakog od protokola ispitanici su po isteku šeste minute izvodili sprint na dionici od 20 metara. Osim vremena prolaska na 20 metara, mjerila su se i izolirana vremena prolaska na 5 i 10 metara. Tijekom trajanja istraživanja sportašima je naglašeno da ne provode dodatne treninge pored svojih uobičajenih klupskih obveza, kako bi se smanjio rizik od prekomjernog fizičkog opterećenja i time osiguralo da rezultati testiranja odražavaju stvarne učinke planiranog postupka. Minimalan vremenski period između dva protokola iznosio je 72 sata.

3.3 Opis protokola istraživanja

Antropometrijska obilježja ispitanika prikupljena su prilikom trećeg dolaska. Visina tijela mjerena je bez obuće, u stojećem položaju uz pomoć centimetarske mjerne skale ucrtane na zidu. Masa tijela mjerena je pomoću mehaničke balans vage s kliznim utegom (Detecto DTC-437, Detecto Scale Company, Webb City, SAD).

Protokol zagrijavanja je u oba protokola bio jednak i sastojao se od pet minuta laganog trčanja, vježbi mobilnosti, dinamičkog istezanja te imitacije polučučnja na izoinercijskom uređaju. Ispitanicima je naglašeno da prilikom uvodnog trčanja tempo održavaju dovoljno niskim kako bi tijekom aktivnosti mogli normalno razgovarati, što odgovara pozitivnoj zoni takozvanog „*Talk testa*“ (Bok i sur., 2022). Protokol zagrijavanja prikazan je u Tablici 2.

Tablica 2. Protokol zagrijavanja

Vježba	Broj ponavljanja
1. U velikom iskoraku spuštanje lakta prema podu ispred prednje noge, zatim otvaranje rukom prema gore	5 ponavljanja po strani
2. U poziciji jednonožnog kleka, guranje koljena preko prstiju	5 ponavljanja po strani
3. U poziciji kleka, opružanje i savijanje prednje noge uz stalni pretklon trupa	5 ponavljanja po strani
4. Izdržaj u poziciji dubokog čučnja	30 sekundi
5. Iz pozicije dubokog čučnja, postavljanje ruku na pod i podizanje kukova prema gore opružajući koljena, zatim dolje do povratka u duboki čučanj	5 ponavljanja
6. Imitacija izvođenja čučnja na izoinercijskom uređaju (odmah po završetku koncentrične faze, početno savijanje koljena i kratka zadržka prije izvođenja ekscentrične faze)	5 ponavljanja

Sprint na dionicama od 5, 10 i 20 metara izvodio se po isteku šeste minute nakon oba protokola. Vrijeme sprinta mjereno je pomoću telemetrijskog sustava fotočelija Witty Gate (Microgate, Bolzano, Italija). Prvi par fotočelija postavljen je na startnu liniju, dok su preostala tri para postavljene na udaljenosti od 5, 10 i 20 metara (Slika 1). Sve fotočelije bile su postavljene na visini od jednog metra iznad tla. Ispitanici su test započinjali iz pozicije visokog atletskog starta, pri čemu je prednja noga bila udaljena 30 cm od prvog para fotočelija. Prema preporukama u literaturi, startali su na verbalnu uputu „kreni“ (Beato i sur., 2019), a postignuto vrijeme im je predstavljeno tek po završetku cjelokupnog testiranja. Kako bi se osigurao maksimalan angažman, ispitanici su za vrijeme izvođenja testa dodatno motivirani verbalnim poticajima.



Slika 1. Prikaz Witty Gate fotočelija postavljenih na startnu liniju te na udaljenosti od 5, 10 i 20 metara

Intervencija. Eksperimentalni protokol provodio se izvođenjem polučučnja na izoinercijskom uređaju kBox4 Pro (Exxentric, AB, Stockholm, Švedska) (Slika 2). Ispitanici su u skladu s preporukama u literaturi (Beato i sur., 2020), izvodili 3 serije po 6 maksimalnih ponavljanja, s dvije minute pasivnog odmora između serija. Za sve ispitanike korišten je zamašnjak s izračunatim momentom inercije od $0,025\text{kg}\cdot\text{m}^2$, dok je inercija samog uređaja procijenjena na otprilike $0,0011\text{kg}\cdot\text{m}^2$. Ispitanicima je objašnjeno da ekscentričnu fazu pokreta trebaju izvoditi što je brže moguće, a ekscentričnu fazu pokreta kontrolirati sve dok kut u koljenu ne dosegne približno 90° . Svako ponavljanje promatrano je od strane ispitivača, koji je davao povratne informacije o izvedbi i snažno motivirao ispitanike da ga izvedu s maksimalnim intenzitetom. Također pomoću kMeter II sustava (Exxentric, AB, Stockholm, Švedska), bilježena je vršna koncentrična i ekscentrična snaga svakog izvedenog ponavljanja. Navedeni sustav koristi bežični Bluetooth prijenos podataka i Exxentric aplikaciju (verzija 3.17.2, Exxentric AB, Stockholm, Švedska) za pametne telefone kako bi, na temelju izmjerene brzine i kuta rotacije zamašnjaka, računao i bilježio ključne parametre treninga.



Slika 2. Početni položaj ispitanika na izoinercijskom uređaju

3.4. Metode obrade podataka

Za početni unos podataka korišten je program za tablične proračune i analizu podataka Excel (Microsoft 365, 2025). Daljnja obrada i analiza podataka provedena je pomoću programa Statistica, verzija 14.1.0.8. (StatSoft, Inc., Tulsa, SAD). Za sve analizirane varijable utvrđeni su osnovni deskriptivni pokazatelji (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija). T-test za zavisne uzorke korišten je za procjenu razlika između eksperimentalnog i kontrolnog protokola u ostvarenom vremenu sprinta na dionicama od 5, 10 i 20 metara. Pritom je kao preduvjet provođenja analize, Shapiro-Wilk testom utvrđena normalnost distribucije razlika između oba protokola.

Ekscentrično preopterećenje (%EO) računalo se za svako izvedeno ponavljanje na temelju postotnog porasta vršne ekscentrične (powerEcc) u odnosu na vršnu koncentričnu snagu (powerCon), prema sljedećoj formuli:

$$\%EO = \frac{\text{powerEcc} - \text{powerCon}}{\text{powerCon}} \cdot 100$$

Nakon što je Shapiro-Wilkovim testom provjerena normalnost distribucije prosječnih vrijednosti %EO po serijama, za utvrđivanje statističke značajnosti ekscentričnog preopterećenja proveden je t-test za jedan uzorak. Razina ekscentričnog preopterećenja na pojedinačnoj razini prikazana je deskriptivno, izračunom aritmetičke sredine svih izvedenih ponavljanja. Statistička značajnost za sve provedene analize postavljena je na $p < 0,05$.

4. REZULTATI

U Tablici 3 prikazani su osnovni deskriptivni parametri ostvarenih vremena sprinta na dionicama od 5, 10 i 20 metara, izmjerenih šest minuta nakon završetka eksperimentalnog i kontrolnog protokola. Aritmetička sredina, standardna devijacija te normalnost distribucije razlika između eksperimentalnog i kontrolnog protokola prikazani su u Tablici 4. Budući da je normalnost distribucije razlika potvrđena, za procjenu njihove statističke značajnosti primijenjen je t-test za zavisne uzorke (Tablica 5), kojim nije utvrđena značajna razlika između protokola.

Tablica 3. Deskriptivni pokazatelji vremena sprinta na raznim dionicama po završetku kontrolnog i eksperimentalnog protokola

Varijabla	AS (s)	SD (s)	Min (s)	Max (s)
KON 5m	1,24	0,09	1,07	1,37
KON 10 m	2,01	0,09	1,84	2,16
KON 20 m	3,37	0,15	3,11	3,61
PAPE 5 m	1,24	0,10	1,07	1,43
PAPE 10 m	2,02	0,11	1,85	2,21
PAPE 20 m	3,38	0,14	3,16	3,62

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; Min = minimalna vrijednost; Max = maksimalna vrijednost; PAPE = vrijeme sprinta nakon eksperimentalnog protokola (5, 10 i 20 m); KON = vrijeme sprinta nakon kontrolnog protokola (5, 10 i 20 m)

Tablica 4. Razlike u vremenu sprinta na raznim dionicama između eksperimentalnog i kontrolnog protokola te normalnost distribucije tih razlika

Varijabla	AS (s)	SD (s)	p
d1 (PAPE 5 m – KON 5 m)	0,00	0,09	0,592
d2 (PAPE 10 m – KON 10 m)	0,01	0,10	0,165
d3 (PAPE 20 m – KON 20 m)	0,01	0,11	0,221

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; p = vrijednost iz Shapiro-Wilk testa za procjenu normalnosti distribucije; d1 = razlika u vremenu sprinta između eksperimentalnog (PAPE) i kontrolnog (KON) protokola na dionici od 5 m; d2 = razlika u vremenu sprinta između eksperimentalnog (PAPE) i kontrolnog (KON) protokola na dionici od 10 m; d3 = razlika u vremenu sprinta između eksperimentalnog (PAPE) i kontrolnog (KON) protokola na dionici od 20 m

Tablica 5. Rezultati t-testa za zavisne uzorke pri utvrđivanju razlika u vremenu sprinta između eksperimentalnog (PAPE) i kontrolnog (KON) protokola na dionicama od 5, 10 i 20 m

Dionica	KON (AS ± SD)	PAPE (AS ± SD)	t	p
5 metara	1,24 ± 0,09	1,24 ± 0,10	0,00	1,000
10 metara	2,01 ± 0,09	2,02 ± 0,11	0,54	0,598
20 metara	3,37 ± 0,15	3,38 ± 0,14	0,43	0,671

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; t = razlika između promatranih uvjeta; p = razina statističke značajnosti

Za svakog ispitanika izračunate su aritmetičke sredine ekscentričnog preopterećenja po serijama, kao i aritmetička sredina svih ponavljanja tijekom cijelog treninga. Osnovni deskriptivni parametri tih vrijednosti, kao i rezultati provjere normalnosti distribucije, prikazani su u Tablici 6. Statistička značajnost ostvarenog ekscentričnog preopterećenja ispitivala se u odnosu na referentnu vrijednost od 0 %, koja označava jednakost između vršne koncentrične i ekscentrične snage, odnosno izostanak ekscentričnog preopterećenja. U analizi su korištene prethodno izračunate srednje vrijednosti po ispitaniku, a primijenjen je t-test za jedan uzorak (Tablica 7). Pritom nije utvrđena statistički značajna razlika ni za jednu od analiziranih vrijednosti. Vrijednosti ostvarenog ekscentričnog preopterećenja na pojedinačnoj razini prikazane su deskriptivno (Slika 3), na temelju aritmetičke sredine svih izvedenih ponavljanja po ispitaniku. Kao prag praktične značajnosti postavljeno je $\%EO \geq 10\%$, pri čemu se vrijednosti iznad toga smatraju relevantnim pokazateljem da je preopterećenje ostvareno u dovoljnoj mjeri. Navedeni prag prelazi samo 6 ispitanika.

Tablica 6. Deskriptivni pokazatelji prosječnih vrijednosti ekscentričnog preopterećenja (%EO) po serijama te normalnost distribucije tih vrijednosti

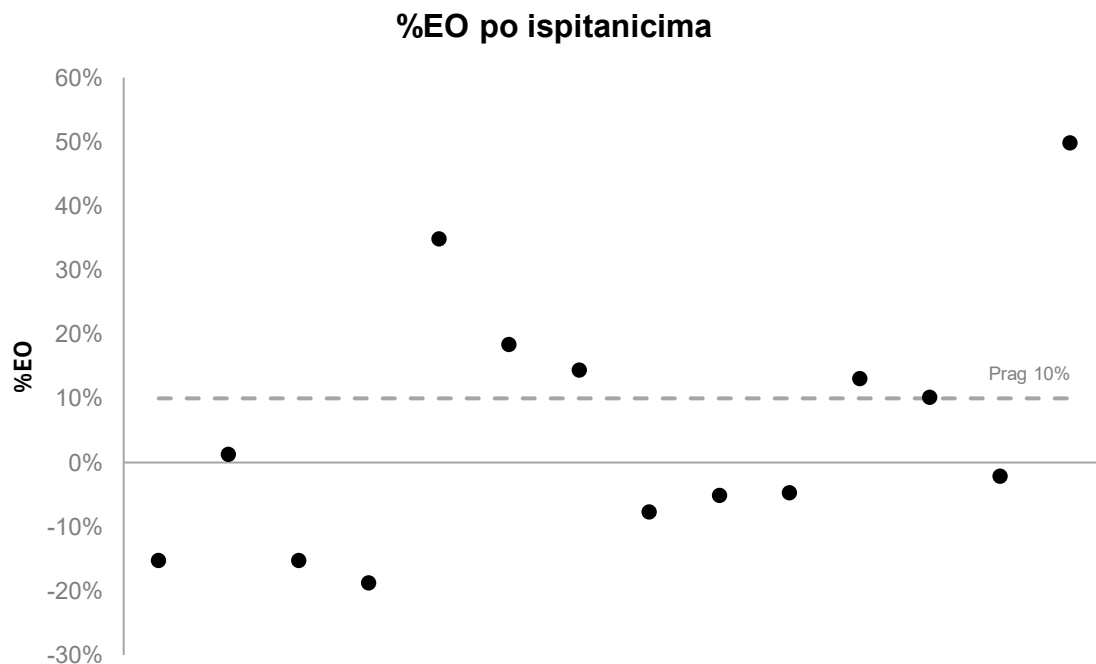
Varijabla	AS (%)	SD (%)	Min (%)	Max (%)	p
%EO 1. serija	6,20	23,15	-22,49	52,56	0,097
%EO 2. serija	5,36	18,54	-17,26	46,58	0,301
%EO 3. serija	4,04	20,57	-27,95	53,83	0,520
%EO ukupno	5,20	19,75	-18,79	49,82	0,227

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; Min = minimalna vrijednost; Max = maksimalna vrijednost; p = vrijednost iz Shapiro-Wilk testa za procjenu normalnosti distribucije; %EO 1. serija = prosječna vrijednost ekscentričnog preopterećenja ostvarena u prvoj seriji; %EO 2. serija = prosječna vrijednost ekscentričnog preopterećenja ostvarena u drugoj seriji; %EO 3. serija = prosječna vrijednost ekscentričnog preopterećenja ostvarena u trećoj seriji; %EO ukupno = prosječna vrijednost ekscentričnog preopterećenja ostvarena tijekom cijelog treninga (sva ponavljanja)

Tablica 7. Rezultati *t*-testa za jedan uzorak pri utvrđivanju statističke značajnosti ostvarenog ekscentričnog preopterećenja (%EO)

Varijabla	%EO (AS ± SD)	Referentna vrijednost (%)	t	p
1. serija	6,20 ± 23,15	0	1,00	0,335
2. serija	5,36 ± 18,54	0	1,08	0,299
3. serija	4,04 ± 20,57	0	0,73	0,475
Ukupno	5,20 ± 19,75	0	0,98	0,343

Legenda: AS = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; t = razlika između promatranih uvjeta; p = razina statističke značajnosti



Slika 3. Individualne vrijednosti ekscentričnog preopterećenja (%EO) po ispitanicima s pragom praktične značajnosti od 10%. Napomena: svaka crna točkica predstavlja jednog ispitanika.

5. RASPRAVA

Primarni cilj ovog rada bio je ispitati može li izvođenje vježbe polučućnja na izoinercijskom ergometru dovesti do akutnog poboljšanja u izvedbi sprinta na dionicama od 5, 10 i 20 metara. Uzorak ispitanika činili su vrhunski mladi košarkaši, a učinak izoinercijskog treninga ispitivao se šest minuta nakon trenažne intervencije. Sekundarni cilj bio je utvrditi dolazi li prilikom tako izvedenog treninga do pojave ekscentričnog preopterećenja tijekom pojedinačnih serija, kao i kada se ponavljanja svih serija promatraju zajedno.

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem ne potvrđuju prvu hipotezu, odnosno pretpostavku da će izoinercijski trening dovesti do poboljšanja u izvedbi sprinta na 5, 10 i 20 metara. Analizom ostvarivanja ekscentričnog preopterećenja utvrđeno je da se ono ne pojavljuje niti u pojedinačnim serijama niti pri njihovu zajedničkom promatranju. Time je potvrđena druga hipoteza, odnosno pretpostavka da izvođenje vježbe polučućnja na izoinercijskom uređaju, bez dodatnih uputa i/ili prilagodbe u tehnici izvođenja, ne dovodi do stvaranja značajnog ekscentričnog preopterećenja.

Vrijeme sprinta nakon eksperimentalnog u odnosu na kontrolni protokol gotovo se ne razlikuje, s istim prosječno ostvarenim vremenom na udaljenosti od 5 metara te sa razlikom od samo 0,01 (s) između dva protokola na udaljenostima od 10 i 20 metara. Navedeno nije u skladu s istraživanjem Qi i suradnika (2025), koji su izvedeći tri serije po šest maksimalnih ponavljanja, zabilježili značajno poboljšanje vremena sprinta na 30 metara po isteku 4, 8 i 12 minuta. Ipak važno je napomenuti da su autori u svom radu individualizirali intenzitet treninga prema inerciji na kojoj ispitanici ostvaruju najveću prosječnu vršnu snagu. Tako određeni intenzitet u prosjeku je iznosio $0,035 \pm 0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, što je ipak nešto veća inercija u odnosu na onu korištenu u ovom istraživanju ($0,025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$). Fu i suradnici (2023) u svojem su radu po isteku 4 minute od intervencije također zabilježili napredak u vremenu sprinta ostvarenom na 30 metara. Navedeni su napredak ostvarili koristeći srednju razinu inercije ($0,057 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$), dok pri korištenju niske i visoke inercije nisu ostvarili značajan učinak. S obzirom da je u oba istraživanja korištena srednja razina inercije, izostanak akutnog napretka u ovom istraživanju mogao bi se djelomično objasniti korištenjem niske razine inercije. Sanudo i suradnici (2020) izvijestili su o značajnom napretku u vremenu sprinta na 10 metara kada je eksperimentalni protokol uključivao izoinercijski trening, dok tradicionalan trening opterećenja sa slobodnim utezima nije uzrokovao poboljšanjem. Intenzitet je određen na temelju brzine šipke izmjerene na 90% od jednog maksimalnog ponavljanja čućnja sa šipkom na leđima, što također daje naslutiti da je korištena inercija

odgovarala srednjoj prema visokoj razini. Iako su autori u tom radu ostvarili napredak, eksperimentalni protokol na izoinercijskom uređaju sastojao se od izvođenja samo jedne serije po četiri maksimalnih ponavljanja, što nije u skladu sa preporučenim volumenom od tri serije (Beato i sur., 2020). Za razliku od prethodno navedenog istraživanja, Loturco i suradnici (2024) nisu ostvarili značajan napredak u vremenu sprinta na 30 metara izvođenjem samo jedne serije po šest ponavljanja, a korišteni intenzitet odgovarao je srednjoj razini inercije. Kada je analiziran utjecaj izoinercijskog treninga samo na dionici od 5 metara (Beato i sur., 2019), odsustvo akutnog napretka autori su pripisali prekratkoj dionici, što je prema njihovom mišljenju moglo narušiti pouzdanost dobivenih rezultata. Period odmora od šest minuta nakon završetka intervencije, korišten u ovom istraživanju, trebao bi biti dostatan u skladu s postojećim preporukama (Beato i sur., 2020). Također pozitivni učinci u gore navedenim istraživanjima bilježili su se od 4. sve do 12. minute. Drugi ograničavajući faktor ovog istraživanja mogao bi predstavljati uzorak ispitanika. Pri tome razina natjecanja na kojoj se sportaši natječu ne bi trebala imati veliku ulogu, s obzirom da se uzorak ispitanika u istraživanjima koja su bilježila pozitivan učinak, kretao od rekreativno aktivnih do profesionalnih sportaša. S druge strane razina trenažnog iskustva u treningu s otporom te dob ispitanika mogla bi biti značajna. U svim gore navedenim istraživanjima kriterij uključivanja predstavljalo je najmanje trogodišnje iskustvo u treningu s otporom, dok ispitanici ovog istraživanja, ponajprije zbog svoje dobi, nisu mogli steći toliku razinu trenažnog iskustva. Također niti jedno od spomenutih istraživanja nije provedeno na adolescentima, već je najmanja dob ispitanika iznosila 20 godina. Coutinho i suradnici (2022) smatraju da su upravo nedostatak iskustva u treningu s otporom te mlađa dob ispitanika ($16,2 \pm 0,6$ godina) u njihovom istraživanju uzrok izostanka pozitivnog akutnog učinka izoinercijskog treninga. Predlažu duže periode odmora (>15 min), kako bi se smanjio utjecaj umora i time omogućila pojava PAPE učinka kod mladih sportaša. Osim toga, ne treba zaboraviti ni na biomehaničku različitost aktivacijske vježbe polučućnja na izoinercijskom uređaju i sprinta, koja bi mogla igrati određenu ulogu u izazivanju i veličini učinka PAPE-a (Dello Iacono i sur., 2018).

U svakom slučaju potrebno je provesti dodatna istraživanja na različitim populacijama adolescenata, kako bi se utvrdila mogućnost izazivanja akutnog poboljšanja u izvedbi sprinta. S obzirom na pretpostavke promatranih istraživanja, čini se da bi produljenje vremena oporavaka nakon aktivacijske vježbe moglo povećati vjerojatnost pojave PAPE učinka. Također s obzirom na potencijalnu važnost biomehaničke sličnosti pokreta između aktivacijske vježbe i naknadnog

eksplozivnog zadatka, buduća istraživanja mogla bi ispitati kako različiti oblici vježbi na izoinercijskom uređaju, poput unilateralnih vježbi, utječu na izvedbu sprinta.

Promatrajući postotak ostvarenog ekscentričnog preopterećenja za vrijeme provedenog izoinercijskog treninga, ono je u prvoj seriji iznosilo 6,20%, u drugoj 5,36%, u trećoj 4,04% te promatrajući ponavljanja svih serija zajedno 5,20%. Iako određena razina ekscentričnog preopterećenja postoji, ono nije statistički značajno niti za jednu promatranu varijablu. Minimalne i maksimalne vrijednosti, zajedno sa standardnom devijacijom, ukazuju na široku raspršenost rezultata, pri čemu su neki ispitanici ostvarili izraženo ekscentrično podopterećenje ($\%EO = -27,95\%$). Time rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da nije ispravno na grupnoj razini podrazumijevati stvaranje ekscentričnog preopterećenja samom provedbom izoinercijskog treninga. Martinez-Hernandez (2023) navodi da je potrebno koristiti posebne tehnike izvođenja vježbi kako bi se povećalo opterećenje u ekscentričnoj fazi pokreta. U svom radu nabrojao je nekoliko metoda koje zahtijevaju visoku razinu uvježbanosti, te time i znatno više od tri dolazaka, koliko se prema preporukama smatra dovoljnim za upoznavanje s radom i treningom na izoinercijskom uređaju. Muñoz-López i suradnici (2021) u svojoj su meta-analizi naveli da ponekad ni izvođenje posebnih trenažnih metoda ne osigurava stvaranje ekscentričnog preopterećenja, te da bi za zaključivanje o istom trebalo koristiti metode mjerenja i praćenja u stvarnom vremenu. Promatrajući individualne vrijednosti ekscentričnog preopterećenja na temelju aritmetičke sredine svih izvedenih ponavljanja (Slika 3), može se primijetiti da neki ispitanici ipak ostvaruju preopterećenje. Ukupno sedam ispitanika ostvaruje određenu razinu preopterećenja, dok samo njih šest prelazi postavljeni prag praktične značajnosti od 10%. Navedeno je dijelom posljedica individualnih razlika u tehnici izvođenja vježbe. Iako su neki ispitanici ostvarili izraženo preopterećenje, ono nije bilo dosljedno prisutno kod svih sudionika niti se očitovalo na razini grupe.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da izvođenje čučnja na izoinercijskom uređaju samo po sebi nije dovoljno za dosljedno postizanje ekscentričnog preopterećenja. Iako se u literaturi izoinercijski trening ponekad naziva treningom ekscentričnog preopterećenja, sama verbalna uputa da se trening izvodi maksimalnim angažmanom nije dovoljna. Stoga se preporučuje korištenje posebnih tehnika izvođenja kako bi se povećalo opterećenje u ekscentričnoj fazi pokreta, uz praćenje mehaničkih parametara izlaza snage u stvarnom vremenu.

6. ZAKLJUČAK

Izoinercijski trening izvođenjem vježbe polučučnja nije doveo do akutnog poboljšanja izvedbe sprinta na dionicama 5, 10 i 20 metara. Unatoč očekivanim poboljšanjima u izvedbi sportaša, razlike u vremenu sprinta između eksperimentalnog i kontrolnog protokola gotovo da i ne postoje. Izostanak akutnog napretka mogao bi se djelomično objasniti korištenjem niske razine inercije, biomehaničkom različitosti između aktivacijske vježbe i sprinta, razinom iskustva u treningu s otporom te starosnom dobi ispitanika. Potrebna su daljnja istraživanja na različitim populacijama adolescenata kako bi se utvrdilo može li izoinercijski trening izazvati akutno poboljšanje izvedbe sprinta upravo u toj dobnoj skupini. Pri tome bi, zbog moguće veće osjetljivosti mladih sportaša na umor, bilo opravdano ispitati učinke duljih intervala odmora nakon aktivacijskih vježbi. Također, s obzirom na potencijalnu važnost, korisno bi bilo istražiti učinke uključivanja biomehanički sličnijih aktivacijskih vježbi na izoinercijskom uređaju. Izoinercijski trening također nije doveo do značajne pojave ekscentričnog preopterećenja tijekom pojedinačnih serija niti pri analizi svih ponavljanja zajedno. Iako su neki ispitanici ostvarili izraženo preopterećenje, ono nije bilo dosljedno prisutno kod svih sudionika niti je bilo značajno na razini grupe. Time rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da nije ispravno podrazumijevati stvaranje ekscentričnog preopterećenja samom provedbom izoinercijskog treninga. Preporučuje se korištenje posebnih tehnika izvođenja kako bi se povećalo opterećenje u ekscentričnoj fazi pokreta, uz praćenje mehaničkih parametara izlaza snage u stvarnom vremenu.

7. ZAHVALE

Prije svega hvala svim ispitanicima koji su sudjelovali u istraživanju te Košarkaškom klubu Cedevita Junior. Veliko hvala mojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Cviti Gregov. Hvala Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te izv. prof. dr. sc. Danielu Boku na posuđenoj opremi. Na kraju se želim zahvaliti obitelji, prijatelju Borni te prijatelju i kolegi Davidu.

8. POPIS LITERATURE

- Beato, M., Bigby, A. E. J., De Keijzer, K. L., Nakamura, F. Y., Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2019). Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. *PLoS ONE*, *14*(9), e0222466.
- Beato, M., McErlain-Naylor, S. A., Halperin, I., & Iacono, A. Dello. (2020). Current evidence and practical applications of flywheel eccentric overload exercises as postactivation potentiation protocols: A brief review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(2), 154–161.
- Beato, M., Stiff, A., & Coratella, G. (2021). Effects of Postactivation Potentiation After an Eccentric Overload Bout on Countermovement Jump and Lower-Limb Muscle Strength. *Journal of strength and conditioning research*, *35*(7), 1825–1832.
- Berg, H. E., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, space, and environmental medicine*, *65*(8), 752–756.
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in physiology*, *10*, 1359.
- Bok, D., Rakovac, M., & Foster, C. (2022). An Examination and Critique of Subjective Methods to Determine Exercise Intensity: The Talk Test, Feeling Scale, and Rating of Perceived Exertion. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *52*(9), 2085–2109.
- Bolger, R., Lyons, M., Harrison, A. J., & Kenny, I. C. (2015). Sprinting performance and resistance-based training interventions: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research*, *29*(4), 1146–1156.
- Coutinho, D., Abade, E., Gonçalves, B., Santos, S., Schöllhorn, W., & Sampaio, J. (2022). Acute effects from the half-squat performed using a repetition versus differential approach in youth soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1), 23.
- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., & Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: A pilot study. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *42*(10), 1122–1125.

- De Keijzer, K. L., McErlain-Naylor, S. A., Iacono, A. Dello, & Beato, M. (2020). Effect of volume on eccentric overload-induced postactivation potentiation of jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(7), 976–981.
- Dello Iacono, A., Padulo, J., & Seitz, L. D. (2018). Loaded hip thrust-based PAP protocol effects on acceleration and sprint performance of handball players: Original Investigation. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1269–1276.
- Fu, K., Chen, L., Poon, E. T. C., Wang, R., Li, Q., Liu, H., & Ho, I. M. K. (2023). Post-activation performance enhancement of flywheel training on lower limb explosive power performance. *Frontiers in Physiology*, 14, 1217045.
- Garbisu-Hualde, A., & Santos-Concejero, J. (2021). Post-Activation Potentiation in Strength Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of Human Kinetics*, 78(1), 141–150.
- Hughes, J. D., Massiah, R. G., & Clarke, R. D. (2016). The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(12), 3450–3455.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Zabalo, S., Mercer, V. P., Moura, T. B. M. A., Freitas, T. T., & Boulosa, D. (2024). No Post-Activation Performance Enhancement Following a Single Set of Plyometric or Flywheel Exercises in National Team Rugby Players. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(21), 9786.
- Maroto-Izquierdo, S., Bautista, I. J., & Rivera, F. M. (2020). Post-activation performance enhancement (PAPE) after a single bout of high-intensity flywheel resistance training. *Biology of Sport*, 37(4), 343–350.
- Martínez-Hernández, D. (2024). Flywheel eccentric training: How to effectively generate eccentric overload. *Strength & Conditioning Journal*, 46(2), 234–250.
- McKay, A. K. A., Stellingwerff, T., Smith, E. S., Martin, D. T., Mujika, I., Goosey-Tolfrey, V. L., Sheppard, J., & Burke, L. M. (2022). Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(2), 317–331.

- Muñoz-López, A., Fonseca, F. S., Ramírez-Campillo, R., Gantois, P., Nuñez, F. J., & Nakamura, F. Y. (2021). The use of real-time monitoring during flywheel resistance training programmes: how can we measure eccentric overload? A systematic review and meta-analysis. *Biology of sport*, 38(4), 639–652.
- Prieske, O., Krüger, T., Aehle, M., Bauer, E., & Granacher, U. (2018). Effects of Resisted Sprint Training and Traditional Power Training on Sprint, Jump, and Balance Performance in Healthy Young Adults: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in physiology*, 9, 156.
- Qi, H., Hao, M., Qu, B., Zhao, L., & Han, W. (2025). Acute effects of optimal power load flywheel half-squat training on lower limb explosive power under different load volumes. *PeerJ*, 13(4), 19321.
- Sañudo, B., de Hoyo, M., Haff, G. G., & Muñoz-López, A. (2020). Article influence of strength level on the acute post-activation performance enhancement following flywheel and free weight resistance training. *Sensors (Switzerland)*, 20(24), 1–11.
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkemans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(1), 111–135.
- Sun, S., Yu, Y., Niu, Y., Ren, M., Wang, J., & Zhang, M. (2024). Post-activation performance enhancement of flywheel and traditional squats on vertical jump under individualized recovery time. *Frontiers in physiology*, 15, 1443899.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(2), 147–166.
- Xie, H., Zhang, W., Chen, X., He, J., Lu, J., Gao, Y., Li, D., Li, G., Ji, H., & Sun, J. (2022). Flywheel eccentric overload exercises versus barbell half squats for basketball players: Which is better for induction of post-activation performance enhancement?. *PloS one*, 17(11), e0277432.
- Zhou, J. Y., Wang, X., Hao, L., Ran, X. W., & Wei, W. (2024). Meta-analysis of the effect of plyometric training on the athletic performance of youth basketball players. *Frontiers in physiology*, 15, 1427291.

9. SAŽETAK

Domagoj Pavić

AKUTNI UČINCI IZOINERCIJSKOG TRENINGA NA IZVEDBU SPRINTA I ANALIZA POJAVE EKSCENTRIČNOG PREOPTEREĆENJA KOD VRHUNSKIH MLADIH KOŠARKAŠA

Postaktivacijsko poboljšanje izvedbe (PAPE) opisuje akutno poboljšanje voljne mišićne izvedbe nakon prethodne aktivacijske vježbe. Izoinercijski trening često se povezuje s pojavom PAPE učinka zbog naglašene ekscentrične kontrakcije, no akutni učinci takvog oblika treninga nisu dovoljno istraženi kod mladih sportaša. Cilj ovog rada bio je ispitati utječe li izvođenje polučučnja na izoinercijskom uređaju na izvedbu sprinta kod vrhunskih mladih košarkaša te utvrditi pojavljuje li se pritom ekscentrično preopterećenje. Uzorak ispitanika činilo je 15 mladih i zdravih košarkaša ($17,0 \pm 1,0$ godina; $193,1 \pm 7,3$ cm; $83,6 \pm 8,2$ kg) koji se natječu na nacionalnoj te međunarodnoj razini. Ispitanici su nasumično raspoređeni u eksperimentalni i kontrolni protokol, a svaki je obuhvaćao standardizirano zagrijavanje. Eksperimentalni protokol uključivao je 3 serije po 6 maksimalnih ponavljanja na zamašnjaku inercije $0,025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, dok je kontrolni protokol obuhvaćao samo standardizirano zagrijavanje. Sprint izvedba mjerena je na 5, 10 i 20 metara šest minuta nakon intervencije, a tijekom vježbi bilježene su vrijednosti vršne koncentrične i ekscentrične snage. Rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku u vremenu sprinta niti na jednoj promatranoj dionici ($p > 0,05$). Također nije utvrđeno značajno ekscentrično preopterećenje, niti u pojedinačnim serijama, niti kada su ponavljanja svih serija promatrana zajedno ($p > 0,05$). Ovi rezultati upućuju na to da izoinercijski trening, u primijenjenim uvjetima, ne dovodi do akutnog poboljšanja izvedbe sprinta kod vrhunskih mladih košarkaša. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdio njegov potencijalni učinak na populaciji mladih sportaša. Nadalje, izvođenje izoinercijskog treninga samo po sebi ne podrazumijeva stvaranje ekscentričnog preopterećenja. Za njegovo postizanje potrebno je primijeniti posebne tehnike izvođenja uz praćenje mehaničkih parametara u stvarnom vremenu.

Ključne riječi: PAPE, izoinercijski trening, sprint, ekscentrično preopterećenje

10. SUMMARY

Domagoj Pavić

ACUTE EFFECTS OF ISOINERTIAL TRAINING ON SPRINT PERFORMANCE AND ANALYSIS OF ECCENTRIC OVERLOAD IN ELITE YOUNG BASKETBALL PLAYERS

Post-activation performance enhancement (PAPE) describes an acute improvement in voluntary muscle performance following a prior activation exercise. Isoinertial training is often associated with the occurrence of the PAPE effect due to emphasized eccentric contraction, although the acute effects of this training modality remain insufficiently studied in young athletes.. The aim of this study was to examine whether performing half-squats on an isoinertial device affects sprint performance in elite young basketball players and to determine whether eccentric overload occurs during the exercise. The sample consisted of 15 healthy young basketball players (17.0 ± 1.0 years; 193.1 ± 7.3 cm; 83.6 ± 8.2 kg) competing at national and international levels. Participants were randomly assigned to an experimental or control protocol, each including a standardized warm-up. The experimental protocol consisted of 3 sets of 6 maximal repetitions on an inertia flywheel of $0.025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, while the control protocol involved only the standardized warm-up. Sprint performance was measured at 5, 10, and 20 meters, six minutes after the intervention, and peak concentric and eccentric power values were recorded during the exercises. Results showed no statistically significant differences in sprint times at any measured distance ($p > 0.05$). No significant eccentric overload was observed, neither in individual sets nor when repetitions of all sets were considered together ($p > 0.05$). These findings suggest that isoinertial training, under the applied conditions, does not lead to acute improvements in sprint performance in elite young basketball players. Further research is needed to determine its potential effects in the population of young athletes. Moreover, performing isoinertial training alone does not inherently induce eccentric overload. To achieve this, it is needed to apply specific execution techniques and track mechanical parameters in real time.

Keywords: PAPE, isoinertial training, sprint, eccentric overload