

# POVEZANOST OMJERA AKUTNOG I KRONIČNOG OPTEREĆENJA TEMELJENOG NA RAZLIČITIM VARIJABLAMA S POJAVOM NEKONTAKTNIH OZLJEDA U MLADIH NOGOMETAŠA

---

Hranić, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:093387>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-02-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Vedran Hranić**

**POVEZANOST OMJERA AKUTNOG I  
KRONIČNOG OPTEREĆENJA TEMELJENOG NA  
RAZLIČITIM VARIJABLAMA S POJAVOM  
NEKONTAKTNIH OZLJEDA U MLADIH  
NOGOMETAŠA**

diplomski rad

**Mentorica:**

**Doc. dr. sc. Cvita Gregov**

Zagreb, srpanj 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

Doc. dr. sc. Cvita Gregov

Student:

---

Vedran Hrančić

# POVEZANOST OMJERA AKUTNOG I KRONIČNOG OPTEREĆENJA TEMELJENOG NA RAZLIČITIM VARIJABLAMA S POJAVOM NEKONTAKTNIH OZLJEDA U MLADIH NOGOMETAŠA

## Sažetak

Svrha istraživanja bila je utvrditi poveznicu kod objektivnih i subjektivnih parametara bilježenih GPS (eng. *Global Positioning System*) sustavom koji nam daje objektivne kvantitativne parametre na treningu/ utakmici odnosno subjektivnom procjenom opterećenja (ukupna prijeđena udaljenost (UU), udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB), broj akceleracija (AKC), trajanje treninga (TT), ukupno opterećenje (UO), omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO (UU), OAKO (UVB), OAKO (AKC), OAKO (SP), OAKO (UO) u tjednima sa i bez ozljede. Za analizu podataka dobivenih ovim istraživanjem koristio se softverski program z TIBCO Statistica v.13 (TIBCO Statistica Inc, OK, USA). Za sve mjerene parametre izračunata je aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) dok je normalnost distribucije testirana Kolmogorov-Smirnovim postupkom. Za utvrđivanje razlika između istoimenih varijabli objektivnog i subjektivnog trenažnog opterećenja u tjednima bez i sa zabilježenom ozljedom koristio se t-test za zavisne uzorke, razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ . Dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajne razlike između varijabli: ukupna prijeđena udaljenost (UU), broj akceleracija (AKC), kod omjera akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO) kod varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU) i broj akceleracija (AKC) u tjednima sa i bez ozljede. S druge strane, nema statistički značajnih razlika između varijabli trčanje visokim intenzitetom, trajanje treninga, ukupno opterećenje, omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO (UVB), OAKO (SP), OAKO (UO) u tjednima sa i bez ozljede. Preporuka je da se u praksi koristi GPS sustav kao sredstvo kontrole opterećenja, ali ako klub nema mogućnosti, RPE upitnik može također potencijalno ukazati na povećani rizik za ozljeđivanje.

**Ključne riječi:** prevencija, praćenje opterećenja, GPS, RPE, kontrola opterećenja

# **RELATIONSHIP BETWEEN ACUTE AND CHRONIC LOAD RATIO BASED ON DIFFERENT VARIABLES WITH THE OCCURRENCE OF NON-CONTACT INJURIES IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS**

## **Abstract**

The purpose of the research was to determine the link between objective and subjective parameters recorded by the GPS (Global Positioning System) system, which provides us with objective quantitative parameters during training/match, i.e. subjective load assessment (total distance traveled (UU), distance traveled at high speeds (HSD) , number of accelerations (ACC), duration of training (TT), total load (TL), ratio of acute and chronic load (ACWR (TD), ACWR (HSD), ACWR (ACC), ACWR (SD), ACWR (TL) in weeks with and without injury. The software program z TIBCO Statistica v.13 (TIBCO Statistica Inc, OK, USA) was used to analyze the data obtained in this study. For all measured parameters, the arithmetic mean (AS) and standard deviation (SD) were calculated, while the normality of the distribution was tested by the Kolmogorov-Smirn procedure. T-test was used to determine the differences between objective and subjective training load variables of the same name in weeks without and with a recorded injury for dependent samples, the level of statistical significance was set at  $p < 0.05$ . The obtained results indicate statistically significant differences between the variables: total distance traveled (TD), number of accelerations (ACC), in the ratio of acute to chronic load (ACWR) in the variables total distance traveled (TD) and number of accelerations (ACC) in weeks with and without injury. On the other hand, there are no statistically significant differences between the variables high-intensity running, duration of training, total load, ratio of acute to chronic load (ACWR (HSD), ACWR (SD), ACWR (TL) in weeks with and without injury. It is recommended that in practice uses a GPS system as a means of load control, but if the club does not have the option, the RPE questionnaire can also potentially indicate an increased risk for injury.

**Key words:** prevention, monitoring, GPS, RPE, load management

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Uzorak ispitanika.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Uzorak varijabli .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Opis protokola/Prikupljanje podataka.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Opis mjernih instrumenata.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Metode obrade podataka .....</b>	<b>7</b>
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>7</b>
<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>13</b>
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>17</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>18</b>

## 1. UVOD

Nogomet je timski intervalni sport visokog intenziteta s velikim brojem naglih odnosno visoko-impulzivnih akcija (npr. velik broj brzih akceleracija, udaljenost prijeđena u sprintu itd.) Također, danas je nogomet mnogo brži, intenzivniji i kompetitivniji nego prijašnjih godina, sa fizičkim i tehničkim zahtjevima koji se progresivno povećavaju unatrag nekoliko godina (Barnes i sur., 2014). Izazov u modernom nogometu svakako predstavlja veći broj utakmica koji igrači odigraju u sezoni i treninga u tjednu, a vrijeme za oporavak između treninga i utakmica se smanjilo (Marković i Bradić, 2008). Sve to uvelike povećava rizik od pojave ozljeda u suvremenom nogometu. Naime, ozljede predstavljaju jedan od problema sportske pripreme s kojima se svakodnevno susrećemo u sportu. Vrhunski nogometaši imaju u prosjeku 2,0 ozljeda u jednoj sezoni što uzrokuje odsustvo s treninga i natjecanja 37 dana od ukupno 300 dana prosječno u sezoni (Ekstrand i sur., 2011). Veliko radno opterećenje u treningu i utakmici povećavaju rizik od ozljeđivanja u ekipnim sportovima (Gabbett, 2014). Što je ozljeda teža i/ili učestalija, to je veća prijetnja zdravlju sportaša, rezultatu pa i sportskoj karijeri. Kada je u pitanju vrsta ozljeda, nekontaktne ozljede u nogometu relativno su česte te su uvelike posljedica neadekvatne distribucije i progresije trenažnog i natjecateljskog opterećenja. Stoga je upravo opterećenje ključna varijabla koju je potrebno kontrolirati/pratiti kako bi se kvantificirao njen utjecaj na pojavnost ozljeda i time adekvatno doziralo opterećenje. *Monitoring* ili praćenje opterećenja (fiziološkog ili subjektivnog/ percipiranog) služi kao zlatni standard za programiranje optimalne doze individualiziranog opterećenja u treningu kako bi se minimizirale ozljede i kako bi se utjecalo na oporavak fizičkih kapaciteta za sljedeći trening ili natjecanje (Buchheit i Simpson, 2017; Scott i Lovell, 2018). Tijekom zadnjih pola stoljeća vidljiv je postepeni razvoj tehnologije koja se koristi u svrhu praćenja opterećenja. Za vanjsko opterećenje se najčešće koristi sustav kamera koji objektivno može pokazati i vizualizirati gdje se igrač u kojem trenutku kretao, koliko je prešao metara određenom brzinom i sl. Sustav koji se najčešće koristi u te svrhe jest GPS sustav (Catapult, gpxe i sl.) koji nam daje informacije kao što su: ukupna prijeđena udaljenost (UU), trčanje visokim intenzitetom ili trčanje intenzitetom >19,8 km/h (UVB), udaljenost prijeđena u sprintu (>25 km/h) (SP) pa sve do proizvedene metaboličke snage i ukupnog opterećenja igrača (parametri koji se mogu izraziti u apsolutnim i relativnim vrijednostima) (Buchheit i sur., 2015; Hader i sur.,

2016). No unatoč opetovanim tehnološkim napredovanjima još uvijek ne postoji konsenzus za odabir najprimjerenijeg parametra za kvantificiranje kratkoročnog odnosa doza-odgovor i preciznog informiranja o „stresu“ koji je doživljen od strane igrača u vrhunskom nogometu (Akenhead i Nassis, 2016). Odnos *opterećenje-ozljeda* u timskim sportovima tipično kvantificira radno opterećenje u apsolutnim vrijednostima (npr. radno opterećenje postignuto u jednom tjednu vs. ozljeda) (Colby i sur., 2014; Gabbett, 2004; Rogalski i sur., 2013). S druge strane, istraživanja odnosa *opterećenje-izvedba* su uzimala u obzir apsolutno radno opterećenje u 1 tjednu (akutno opterećenje) u odnosu na 4-tjedno kronično radno opterećenje (odnosno 4-tjedno prosječno akutno radno opterećenje (Banister i sur., 1975; Banister i sur., 1975; Banister i Calvert, 1980). Logika iza ove usporedbe opterećenja je određivanje indeksa opterećenja, koji daje indicaciju je li sportaševo nedavno akutno opterećenje veće, manje ili jednako opterećenju koje ju sportaš realizirao kroz prethodni period od 2,3 ili 4 tjedna (obično 4 tjedna) koji nazivamo kroničnim opterećenjem. Ovu metodu nazivamo omjerom akutnog i kroničnog opterećenja, (eng. *Acute to Chronic Workload Ratio; ACWR*). Jedan od načina kontrole progresije opterećenja jest da se koristi omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO) koji nam ukazuje na to nalazimo li se u sigurnoj (eng. Sweet Spot) ili opasnoj zoni progresije trenajnog opterećenja (Gabbett, 2016). Opterećenje u sportu je multifaktorijski pojam, odnosno sastoji se od više pokazatelja. Najčešće se kategorizira kao „vanjsko“ opterećenje (pokazatelji sportaševe izvedbe na treningu ili utakmici; npr. pretrčana udaljenost, podignuto opterećenje, brzina trčanja) i „unutarnje“ opterećenje (subjektivna procjena opterećenja sportaša ili fiziološki parametri). Od 2016. godine velik broj istraživanja nastojao je utvrditi povezanost ozljeda s omjerom akutnog i kroničnog opterećenja temeljenog na subjektivnoj i objektivnoj procjeni nogometaša. Od te godine su počela propitivanja te teze, pa je primjerice Buchheit (2017) u svom radu propitivao je li u praksi vrijedno fokusirati se upravo na te varijable s aspekta monitoringa. Glavni cilj ovog rada je utvrditi povezanost varijabli koje se prate u vrhunskom nogometnom klubu sa incidencijom ozljeda kod mladih nogometaša. Istraživanja vezana za ovu temu vezane za seniorski uzrast u posljednjih 10-ak godina ima pregršt. Hader i suradnici (2019) su u sustavnom pregledu sa meta analizom istraživali mogu li vanjske varijable opterećenja predvidjeti akutni i rezidualni umor nakon nogometne utakmice. Malone i suradnici (2017) su u svojem istraživanju istraživali poveznicu između omjera akutnog i kroničnog opterećenja sa rizikom za ozljeđivanje kod profesionalnih nogometaša seniorskog uzrasta. Značaj ove teme pokazuju istraživanja koja su se fokusirala sustavnim pregledom



literature i meta analizama na ekipne sportove, ne samo na nogomet (Griffin i sur., 2020, Maupin i sur., 2020; McLaren i sur., 2017). Rad koji je značajan u ovom polju te je povećao interes ove tematike je svakako rad Bowen i suradnika (2020) koji je ukazao na to da nagli porast opterećenja u kategoriji omjera akutnog i kroničnog opterećenja kod određenih varijabli povećava stopu ozljeđivanja od 5 do 7 puta u Engleskoj premier ligi. S druge strane, rjeđe su objavljeni radovi koji obrađuju navedenu tematiku, a vezane su za mlađe uzrasne kategorije. Još treba istaknuti i doprinos Hulina i suradnika (2016) koji su istraživali tematiku omjera akutnog i kroničnog opterećenja i rizik za ozljeđivanje u elitnom ragbiju, Colbya i suradnika u polju australskog nogometa te Jaspersa i suradnika (2018) u polju profesionalnog nogometa.

Dosadašnjih istraživanja u kategoriji mladih profesionalnih nogometaša gledajući omjer akutnog i kroničnog opterećenja te poveznice vanjskog (GPS sustav) i unutarnjeg opterećenja (subjektivna procjena opterećenja) kod mladih nogometaša ima generalno manje u odnosu na seniorski uzrast. Maughan, Macfarlane i Swinton (2021) su prikupili podatke 20 profesionalnih mladih nogometaša te su kvantificirali i opisali povezanost između subjektivnih i objektivnih parametara trenažnog opterećenja kod istih. S druge strane, Dios Alvarez i suradnici (2021) su u radu prikazali umjereno do visoku korelaciju između subjektivne procjene opterećenja (RPE) i GPS varijabli te ta spoznaja može biti koristan alat kod procjene unutarnjeg odnosno vanjskog opterećenja ako nam je dostupno samo jedno sredstvo. Ono što su Bowen i suradnici (2017) željeli utvrditi, a to je povezanost radnog opterećenja izraženog kroz razne varijable GPS-a te rizikom od ozljeđivanja u mladih nogometaša, je bila inspiracija i model za ovo istraživanje.

Stoga je glavni cilj ovoga rada bio dodatno ispitati, na uzorku mladih vrhunskih hrvatskih nogometaša, postoji li povezanost između pojavnosti ozljeda i omjera akutnog i kroničnog trenažnog opterećenja izraženog različitim objektivnim pokazateljima.

Naime, Bowen i suradnici su utvrdili kako postoji značajna povezanost između velikog broja akceleracija ( $>9254$ ) akumuliranog kroz 3 tjedna sa ukupnim brojem ozljeda (relativni rizik (RR)= 3,84) te s nekontaktnim ozljedama (RR=5,11). Rizik od nekontaktna ozljede bio je značajno povećan kada su se visoke vrijednosti u varijabli s akutno visokim vrijednostima u varijabli udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB) kombinirao s kronično niskim vrijednostima u varijabli udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB) (RR=2,55), ali ne i s visokim kroničnim UVB-om (RR=0,47). Rizik od kontaktne ozljede bio je najveći kada su omjeri akutnog i kroničnog

opterećenja u varijablama ukupne prijeđene udaljenosti (UU) i akceleracijama (AKC) bili vrlo visoki (1,76 odnosno 1,77) (RR=4,98). Arazi i sur. (2020) su na uzorku od 22 mlada nogometaša (17,1 ± 0,7 godina) istraživali odnos između akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO), temeljen na subjektivnoj percepciji opterećenja sudionika sesije (sRPE), koristeći dva modela [(1) tekući prosjeci (OAKO<sub>RA</sub>); i (2) eksponencijalno ponderirani pomični prosjeci (OAKO<sub>EPPP</sub>) i stopa ozljeda kod mladih muških nogometaša. Rezultati ove studije pokazali su da je OAKO<sub>EPPP</sub> model osjetljiviji od OAKO<sub>RA</sub> za prepoznavanje pojave nekontaktne ozljeda kod nogometaša muškog tima tijekom kratkog razdoblja natjecateljske sezone. Recentan sustavni pregled (Rico-González i sur., 2022) je imao za cilj sažeti glavne dokaze o omjeru akutnog i kroničnog radnog opterećenja i varijacijama monotonije treninga tijekom sezone kod mladih nogometaša. Također, rezultati su pokazali da postoji malo istraživanja koja pokazuju povezanost između viših vrijednosti omjera akutnog i kroničnog radnog opterećenja i/monotonije s rizikom od ozljeda ili sprječavanjem zdravstvenih problema.

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Cilj ovoga eksperimentalnog rada jest utvrditi postoji li povezanost između pojavnosti nekontaktne ozljeda i omjera akutnog i kroničnog trenažnog opterećenja izraženog različitim objektivnim pokazateljima u mladim vrhunskih hrvatskih nogometaša.

Temeljem rezultata dosadašnjih istraživanja postavljene su slijedeće istraživačke hipoteze:

H1: postoji značajna razlika između istoimenih varijabli objektivnog trenažnog opterećenja (ukupna prijeđena udaljenost (UU), udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB), broj akceleracija (AKC), trajanje treninga (TT), omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijablama: OAKO (UU), OAKO (UVB), OAKO (SP), OAKO (AKC) u tjednima bez i sa zabilježenom ozljedom.

(2) postoji značajna razlika između istoimenih varijabli subjektivnog trenažnog opterećenja (ukupnog opterećenja (UO), omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli: ukupno opterećenje (OAKO (UO) u tjednima bez i sa zabilježenom ozljedom.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 1.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika činilo je devetnaest (19) profesionalnih nogometaša mlađeg uzrasta prosječne dobi  $15,2 \pm 0,6$ . Ispitanici su pripadnici Nogometne Škole Dinamo Zagreb te su tada spadali u kategoriju kadeta U16. Kadeti su tada bili članovi 1. nogometne lige Središte Zagreb u sezoni 2021./2022. Ispitanici su u tjednom mikrociklusu imali u prosjeku 5 - 6 treninga sa jednom utakmicom. Prosječni trening u promatranom periodu je trajao  $72 \pm 13,4$  minute. Golmani su isključeni iz istraživanja zbog drukčijih aktivnosti koje provode na treningu i utakmici.

Tablica 1. Deskriptivni parametri ispitanika

Rb.	Varijabla	AS $\pm$ SD
1.	Dob	$15,2 \pm 0,6$
2.	Tjelesna visina	$171,1 \pm 7,3$
3.	Tjelesna masa	$65,3 \pm 5,2$

#### 1.2. Uzorak varijabli

Tablica 2. Popis varijabli korištenih u istraživanju

Rb.	Naziv varijable	Opis varijable	Mjerna jedinica
1.	UU	Ukupna prijeđena udaljenost	m
2.	UVB	Udaljenost prijeđena visokim brzinama (>19,8 km/h)	m
3.	AKC	Broj akceleracija iznad 3 m/s	n (broj ponavljanja)
4.	OAKO UU	Omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli „ukupna prijeđena udaljenost“	Indeks/omjer

5.	OAKO UVB	Omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli „udaljenosti prijeđena visokim brzinama“	Indeks/omjer
6.	OAKO SP	Omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli „sprint“ (brzina >25 km/h)	Indeks/omjer
7.	OAKO AKC	Omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli „akceleracije“	Indeks/omjer
8.	OAKO	Omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli „ukupno opterećenje“	Indeks/omjer
9.	UO	Ukupno opterećenje	Arbitražne jedinice (AJ)
10.	TT	Ukupno trajanje treninga	Minute

### 1.3. Opis protokola/Prikupljanje podataka

Razdoblje uzeto u obzir u istraživanju jest 1. polusezona 2021./2022. godine (period od 19.7.-4.12. 2021. godine) kada su promatrani parametri objektivnih i subjektivnih pokazatelja koji su dokumentirani u bazu podataka Nogometne Škole Dinamo Zagreb. Objektivni parametri (bazirani na GPS *Catapult* sustavu) koji su uzeti u obzir su ukupna prijeđena udaljenost (UU), udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB), udaljenost prijeđena u sprintu (SP) te broj akceleracija (AKC) te omjer akutnog i kroničnog opterećenja kod istih varijabli (OAKO(UU, UVB, SP, AKC)). Igrač posjeduje osobnu GPS jedinicu te ju je dužan nositi svaki trening i utakmicu. Nakon odrađenog treninga i/ ili utakmice, kondicijski trener kategorije obrađuje podatke preuzima ih sa softvera (*Catapult OpenField v.3.7.*) iz koje su eksportirani sirovi podaci u excel obliku. Subjektivni parametri su bili subjektivna procjena opterećenja (SPO) definiran prema Fosteru i sur. (2001) te subjektivna procjena opterećenja treninga (SPOT) što je umnožak RPE ocjene sa ukupnom duljinom treninga izražene u minutama. Podaci su se uzimali 20 min nakon treninga/ utakmice slanjem WhatsApp poruke od strane svakog igrača pojedinačno kondicijskom treneru. Ti podaci su bili uvršteni u zasebnu Excel tablicu gdje su bili i pohranjeni. Podaci objektivnih i subjektivnih parametara su eksportirani u novu Excel tablicu gdje su bili kategorizirani prema tjednima. Na

kraju su podaci prebačeni u program za statističku obradu Statistica (verzija 14.0) gdje je napravljena analiza podataka i gdje su dobiveni rezultati.

#### **1.4. Opis mjernih instrumenata**

U ovom istraživanju korištena su dva mjerna instrumenta.

Prvi mjerni instrument predstavlja sustav za registraciju i kvantifikaciju objektivnih parametara opterećenja postignutih na treningu ili utakmici – GPS (eng. Global P) Catapult System. GPS jedinica je smještena u prsluku na leđima između lopatica. Frekvencija dometa je 10 Hz. Kao što je navedeno, podaci su preuzeti sa specijaliziranog softvera za analizu (Catapult OpenField v.3.7.).

Drugi je mjerni instrument upitnik za procjenu subjektivnog osjećaja opterećenja. Subjektivna se procjena bilježi na skali od 1 do 10 za svakog igrača nakon treninga ili utakmice 20 minuta nakon odrađene aktivnosti (Foster i sur., 2001). Igrač je detaljno upoznat što predstavlja svaka ocjena.

#### **1.5. Metode obrade podataka**

Za analizu podataka dobivenih ovim istraživanjem koristio se softverski program z TIBCO Statistica v.13 (TIBCO Statistica Inc, OK, USA).

Za sve mjerene parametre izračunata je aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija dok je normalnost distribucije testirana Kolmogorov-Smirnovim postupkom.

Za utvrđivanje razlika između istoimenih varijabli objektivnog i subjektivnog trenažnog opterećenja u tjednima bez i sa zabilježenom ozljedom, koristio se t-test za zavisne uzorke. Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ .

### **4. REZULTATI**

Nakon statističke obrade dobiveni su sljedeći rezultati prikazani tablicama (Tablica 3.- Tablica 12.). Uspoređivane su razlike između varijabli (ukupna prijeđena udaljenost (UU), udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB), broj akceleracija(AKC), trajanje treninga (TT), ukupno

opterećenje (UO), omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO (UU), OAKO (UVB), OAKO (AKC), OAKO (SP), OAKO (UO)) u tjednima sa i bez ozljede.

Tablica 3. Rezultati t-testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t*	df	p*
UU prosječno SA (m)	17691,86*	2485,134*						
UU prosječno BEZ (m)	22642,56*	3769,835*	13*	4950,70*	4401,236*	<b>4,05568*</b>	12*	<b>0,001594*</b>

*Legenda: UU prosječno SA – prosječna vrijednost varijable UU u tjednima s ozljedom; UU prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable UU u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 4. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
UVB prosječno SA (m)	731,3231	115,5871						
UVB prosječno BEZ (m)	854,0872	241,6395	13	-122,764	257,2525	-1,72061	12	0,110978

*Legenda: UVB prosječno SA– prosječna vrijednost varijable UVB u tjednima s ozljedom; UVB prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable UVB u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 5. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli broj akceleracija (AKC) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t*	df	p*
AKC prosječno SA (m)	226,7077*	39,93007*						
AKC prosječno BEZ (m)	260,8154*	42,14811*	13*	-34,107*	50,44786*	<b>-2,4377*</b>	12*	<b>0,031289*</b>

*Legenda: AKC prosječno SA – prosječna vrijednost varijable AKC u tjednima s ozljedom; AKC prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable AKC u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 6. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli trajanje treninga (TT) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
TT prosječno SA (m)	306,7231	42,13024						
TT prosječno BEZ (m)	310,7795	31,65718	13	-4,05641	27,60278	-0,529860	12	0,605874

*Legenda: TT prosječno SA – prosječna vrijednost varijable TT u tjednima s ozljedom; TT prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable TT u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 7. Rezultati t-testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli ukupno opterećenje (UO) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
UO prosječno SA (m)	1737,123	388,1366						
UO prosječno BEZ (m)	1777,974	201,3365	13	-40,8513	292,5291	-0,503510	12	0,623721

*Legenda: UO prosječno SA– prosječna vrijednost varijable UO u tjednima s ozljedom; UO prosječno BEZ- prosječna vrijednost varijable UO u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 8. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO(UU)) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t*	df	p*
OAKO(UU) prosječno SA (m)	1,449692*	0,054570*						
OAKO(UU) prosječno BEZ (m)	1,263077*	0,079572*	13*	0,186615*	0,067021*	<b>10,03941*</b>	12*	<b>0,000000*</b>

*Legenda: OAKO(UU) prosječno SA– prosječna vrijednost varijable OAKO(UU) u tjednima s ozljedom; OAKO(UU) prosječno BEZ prosječna vrijednost varijable OAKO(UU) u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*



Tablica 9. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO(UVB)) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
OAKO(UVB) prosječno SA (m)	1,448308	0,146506						
OAKO(UVB) prosječno BEZ (m)	1,490000	0,130735	13	-0,041692	0,101563	-1,48011	12	0,164615

*Legenda: OAKO(UVB) prosječno SA – prosječna vrijednost varijable OAKO(UVB) u tjednima s ozljedom; OAKO(UVB) prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable OAKO(UVB) u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 10. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO(AKC)) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t*	df	p*
OAKO(AKC) prosječno SA (m)	1,449692*	0,054570*						
OAKO(AKC) prosječno BEZ (m)	1,263077*	0,079572*	13*	0,186615*	0,067021*	<b>10,03941*</b>	12*	<b>0,000000*</b>

*Legenda: OAKO(AKC) prosječno SA – prosječna vrijednost varijable OAKO(AKC) u tjednima s ozljedom; OAKO(AKC) prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable OAKO(AKC) u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 11. Rezultati t-testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO (SP)) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
OAKO (SP) prosječno SA (m)	1,448308	0,146506						
OAKO (SP) prosječno BEZ (m)	1,490000	0,130735	13	-0,041692	0,101563	-1,48011	12	0,164615

*Legenda: OAKO (SP) prosječno SA – prosječna vrijednost varijable OAKO (SP) u tjednima s ozljedom; OAKO (SP) prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable OAKO (SP) u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Tablica 12. Rezultati t testa za zavisne uzorke između prosječnih vrijednosti u tjednima sa i bez ozljede u varijabli omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO (UO)) (razina statističke značajnosti  $p < 0,05$ )

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	SD	t	df	p
OAKO(UO) prosječno SA (m)	0,892462	0,235906						
OAKO(UO) prosječno BEZ (m)	0,936462	0,099794	13	-0,044000	0,199556	-0,794986	12	0,442062

*Legenda: OAKO (UO) prosječno SA– prosječna vrijednost varijable OAKO (UO) u tjednima s ozljedom; OAKO (UO) prosječno BEZ - prosječna vrijednost varijable OAKO (UO) u tjednima bez ozljede AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, df – stupnjevi slobode, t – t vrijednost, p – razina statističke značajnosti.*

Dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajne razlike između varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU), broj akceleracija (AKC), omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijabli ukupna prijeđena udaljenost i broju akceleracija (OAKO (UU) i OAKO (AKC)) u tjednima sa i bez ozljede. S druge strane, nema statistički značajnih razlika između varijabli udaljenost prijeđena visokim intenzitetom (UVB), ukupno trajanje treninga (TT), ukupno opterećenje (UO), omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijablama: udaljenost prijeđena trčanjem visokim brzinama, udaljenosti provedene u sprintu te ukupnim opterećenjem (OAKO (UVB)), OAKO (SP), OAKO (UO) u tjednima s i bez ozljede.

## 5. RASPRAVA

U istraživanju Bowen i sur. (2017) promatrana je bila povezanost opterećenja gledajući ga kroz razne varijable GPS-a te rizikom za ozljeđivanjem kod mladih nogometaša. Subjekti su bili 32 mlada nogometaša ( $17,3 \pm 0,9$  godina) koji su bili praćeni kroz 2 sezone. Rezultati su pokazali značajnu povezanost između velikog broja akceleracija ( $>9254$ ) akumuliranog kroz 3 tjedna sa ukupnim brojem ozljeda (relativni rizik (RR)= 3,84) te sa nekontaktnim ozljedama (RR=5,11). Rizik od nekontaktno ozljede bio je značajno povećan kada su se visoke vrijednosti u varijabli s akutno visokim vrijednostima u varijabli udaljenost prijeđena visokim brzinama (UVB) kombinirao s kronično niskim vrijednostima u varijabli trčanje visokim brzinama (UVB) (RR=2,55), ali ne i s visokim kroničnim UVB-om (RR=0,47). Rizik od kontaktne ozljede bio je najveći kada su omjeri akutnog i kroničnog opterećenja ukupne prijeđene udaljenosti i broja akceleracija (OAKO (UU) i OAKO (AKC)) bili vrlo visoki (1,76 odnosno 1,77) (RR=4,98). Iako su podaci istraživanja Bowen i sur. (2017) uzeti u periodu od dvije sezone, za razliku od naših podataka (jedna polusezona), dobiveni rezultati su veoma slični našima. Veliki broj akceleracija akumuliranog kroz tri tjedna bio je povezan s najvećim značajnim ukupnim (relativni rizik (RR)=3,84) i rizikom od beskontaktnih ozljeda (RR=5,11) te je rizik od kontaktne ozljede veći ako su više vrijednosti OAKO UU i OAKO AKC implicira na povećani rizik od ozljeđivanja ako gledamo te dvije varijable. Razlika u istraživanjima se također ogleda da je u ovom istraživanju broj akceleracija uzet u trenutnom tjednu ozljede te da su uzete u obzir i kontaktne i nekontaktno ozljede zajedno.

Tri godine kasnije, Bowen i sur. (2020) ispituju odnos između opterećenja izvedenih putem GPS-a i ozljeda u nogometaša engleske Premier lige ( $n=33$ , godine:  $25,4 \pm 3,1$  godina) tijekom tri sezone. Podaci o opterećenju i ozljedama prikupljeni su tijekom tri uzastopne sezone. Kumulativna (1-tjedna, 2-tjedna, 3-tjedna i 4-tjedna) opterećenja uz omjere akutno kronično opterećenje (OAKO) (akutno opterećenje (1-tjedno radno opterećenje)) podijeljeno s kroničnim opterećenjem (prethodni 4-tjedni prosjek akutno radno opterećenje) klasificirani su u diskretne raspone pomoću z-rezultata. Zatim je izračunat relativni rizik (RR) za svaki raspon između ozlijeđenih i neozlijeđenih igrača korištenjem specifičnih GPS varijabli: ukupna udaljenost, udaljenost niskog intenziteta, udaljenost prijeđena trčanjem visokim brzinama, udaljenost prijeđena u sprinta, ubrzanja i usporavanja. Najveći rizik od beskontaktnih ozljeda bio je kada je kronična izloženost usporavanju bila niska ( $<1731$ ), a OAKO  $>2,0$  ( $RR=6,7$ ). Rizik od beskontaktnih ozljeda također je bio 5-6 puta kod većeg broja akceleracija i veće udaljenosti niskog intenziteta kada su kronična radna opterećenja kategorizirana kao niska i omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO) je bio  $>2,0$  ( $RR=5,4-6,6$ ), u usporedbi s OAKO-ovima zabilježenima ranije. Kada su uključena sva kronična opterećenja, OAKO  $>2,0$  bio je povezan sa značajnim, ali manjim rizikom od ozljeda za iste vrijednosti, plus ukupna udaljenost ( $RR=3,7-3,9$ ). Iako se u ovom istraživanju nije koristila akumulacija opterećenja u tjednima prije ozljede te se radi o igračima seniorskog uzrasta, indikativno je da varijabla akceleracije imaju veze sa ozljeđivanjem nogometaša.

Arazi i sur. (2020) su istraživali odnos između omjera akutnog i kroničnog radnog opterećenja (OAKO), na temelju ocjene percipiranog napora (sRPE) sudionika sesije, koristeći dva modela [(1) tekući prosjek (OAKO<sub>RA</sub>); i (2) eksponencijalno ponderirani pomični prosjeci (OAKO<sub>EWMA</sub>)] i stopa ozljeda u mladim muških nogometnih igrača u dobi od  $17,1 \pm 0,7$  godina tijekom natjecateljskog mezociklusa. Dvadeset i dva igrača bila su uključena u ovo istraživanje i izvodili su četiri treninga tjedno s 2 dana oporavka i 1 danom utakmice tjedno. Tijekom svakog treninga i svake tjedne utakmice, bilježeni su vrijeme treninga SPOt. Stopa ozljeda bilježena je za svakog nogometaša tijekom razdoblja od 4 tjedna (tj. 28 dana) korištenjem dnevnog upitnika. Rezultati su pokazali da je tijekom istraživanja broj beskontaktnih ozljeda bio značajno veći nego kod kontaktnih ozljeda (2,5 naspram 0,5,  $p = 0,01$ ). Osim toga, otkrivene su male do srednje korelacije između OAKO-a i pojave beskontaktnih ozljeda (OAKO<sub>RA</sub>,  $r = 0,31$ ,  $p = 0,05$ ;

OAKO<sub>EWMA</sub>,  $r = 0,53$ ,  $p = 0,03$ ). Rezultati dobiveni u našem istraživanju ukazuju na potrebu distinkcije na nekontaktne i kontaktne ozljede zbog preciznijeg uvida u povezanost željenih varijabli. Naime, naši rezultati ukazuju da nema statistički značajne razlike kod OAKO (UO) u tjednu sa bez ozljede i u tjednu sa ozljedama (ali uključujući nekontaktne i kontaktne ozljede).

Jaspers i sur. (2017) su u svojem sustavnog pregledu literature imali za cilj utvrditi stanje znanja s obzirom na odnos između pokazatelja opterećenja treninga i rezultata treninga u smislu kondicijske pripremljenosti, ozljeda i bolesti. Percipirani mišićni napor može ukazivati na negativne promjene u kondicijskoj pripremljenosti. Dodatno, pokazalo se da trening visokog intenziteta može uključivati veći rizik od ozljeda. Detaljni vanjski pokazatelji opterećenja, koji koriste elektroničke performanse i sustave praćenja, relativno su neispitani. Osim toga, većina istraživanja bila je usmjerena na odnos između pokazatelja opterećenja tijekom treninga i promjena u kondicijskoj pripremljenosti, a manje na ozljede. Razlog isticanja navedenog rada u raspravu leži u kvalitetnoj obradi informacija vezane uz tematiku ovog rada. Kao što je navedeno, percipirani mišićni napor (na RPE skali) može ukazivati na negativne promjene u fizičkoj kondiciji što posljedično može povećati rizik za ozljeđivanjem. Ako gledamo omjer akutnog i kroničnog opterećenja, naši podaci ukazuju da nema statistički značajne razlike ako stavljamo u korelaciju RPE i pojavnost ozljeđivanja.

Sustavni pregled literature na temu povezanosti omjera akutnog i kroničnog opterećenja sa rizikom od ozljeđivanja napravljen je recentno od strane Maupin i sur. (2020). S obzirom na veliku varijabilnost, čini se da korištenje omjer akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO) za vanjska (npr. ukupna udaljenost) i unutarnja (npr. RPE) opterećenja može biti povezana s rizikom od ozljeda. Izračunavanje OAKO-a pomoću eksponencijalno ponderiranih pomičnih prosjeka potencijalno može rezultirati osjetljivijom mjerom. Također se čini da postoji trend prema omjerima od 0,80–1,30 koji pokazuju najmanji rizik od ozljeda. Po uzoru na navedeni rad i njemu slične, ovo istraživanje je išlo u tom smjeru kako bi ukazalo na potencijalne rizike od ozljeda pomoću, između ostaloga, izračunavanje OAKO-a.

Griffin i sur. (2020) su u nedavnom sustavnom pregledu literature osim povezanosti omjera akutnog i kroničnog opterećenja sa rizikom od ozljeđivanja dodali i sugestije za praktičnu primjenu

i timskim sportovima. Nalazi ovog pregleda podupiru povezanost između omjera akutnog i kroničnog opterećenja (OAKO-a) i nekontaktnih ozljeda i njegove upotrebe kao vrijednog alata za praćenje opterećenja tijekom treninga kao dijela većeg višestranog sustava praćenja koji uključuje druge dokazane metode. Nadovezujući se na prethodno navedeno istraživanje, ukazana je važnost novog trenda praćenja opterećenja radi moguće prevencije ozljeda pomoću omjera akutnog i kroničnog opterećenja.

Doprinos u ragbiju, kada govorimo o tematici kontrole opterećenja i potencijalnog predviđanja pojavnosti ozljede pomoću omjera akutnog i kroničnog opterećenja, dali su Hulin i sur. (2016) svojim istraživanjem. Podaci su prikupljeni od pedeset tri elitna igrača ragbija ( $23,4 \pm 3,5$  godina) tijekom dvije sezone ragbi lige. U usporedbi sa svim drugim omjerima, vrlo visok omjer akutno- kroničnog opterećenja ( $\geq 2,11$ ) pokazao je najveći rizik od ozljede u tekućem tjednu (16,7% rizik od ozljede) i sljedećem tjednu (11,8% rizik od ozljede). Visoko kronično radno opterećenje ( $>16\ 095$  m) u kombinaciji s vrlo visokim 2-tjednim prosječnim omjerom akutno-kronično opterećenje ( $\geq 1,54$ ) povezano je s najvećim rizikom od ozljeda (28,6% rizika od ozljeda). Razmatranje akutnih i kroničnih radnih opterećenja u izolaciji (tj. ne kao omjeri) nije dosljedno predvidjelo rizik od ozljeda. Zaključak istraživanja, kako navode autori, je da u usporedbi s igračima s niskim kroničnim radnim opterećenjem, igrači s visokim kroničnim radnim opterećenjem otporniji su na ozljede s umjereno-niskim do umjereno-visokim (0,85–1,35) omjerima akutnog sa kroničnim opterećenjem u varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU) i manje su otporni na ozljede kada su podvrgnuti 'skokovi' u akutnom radnom opterećenju, to jest, vrlo visoki omjeri akutnog i kroničnog opterećenja  $\sim 1,5$ . Ovaj rad sugerira da akutno i kronično opterećenje u varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU) gledano zasebno, ne predviđa rizik dosljedno što u ovom istraživanju nije slučaj. Naime, naši rezultati ukazuju da kod akutnog opterećenja (dakle gledajući u tom tjednu) ima statistički značajne razlike u varijablama ukupne prijeđene udaljenosti (UU) i broju akceleracija (AKC) u tjednima sa i bez ozljede.

Colby i sur. (2014) istraživali su odnos između mjera ukupnog fizičkog opterećenja (GPS sustav) i rizika od ozljeda kod četrdeset i šest elitnih australskih nogometaša ( $25,1 \pm 3,4$  godine) tijekom sezone. Tijekom predsezone, 3-tjedne ukupne udaljenosti (OR = 5,489,  $p = 0,008$ ) i 3-tjedne udaljenost prijeđena u sprintu (OR = 3,667,  $p = 0,074$ ) bile su najindikativnije za veći rizik

od ozljeda. Tijekom sezone, 3-tjedna produkcija sile ( $OR = 2,530$ ,  $p = 0,031$ ) i 4-tjedna relativna promjena brzine ( $OR = 2,244$ ,  $p = 0,035$ ) bile su povezane s većim rizikom od ozljeda. Iako u ovom istraživanju nije napravljena distinkcija perioda u sezoni (pripremni, natjecateljski, tranzicijski/ završni period), indikativno je da je velika količina ukupne prijeđene udaljenosti u periodu od 3 tjedna rezultirala većim rizikom za pojavu ozljede. Paralelno s tim istraživanjem, naši rezultati ukazuju da postoji statistički značajna razlika kod varijable ukupne prijeđene udaljenosti (UU) u tjednu sa ozljedama i bez.

## 6. ZAKLJUČAK

Da bi se mladi nogometaš razvijao u svim aspektima svoje sportske karijere, jedna od najbitnih stavki je veći broj sati provedenih na terenu. Iz toga proizlazi da je prevencija ozljeda i praćenje opterećenja u vrhunskom nogometnom klubu kao što je GNK Dinamo Zagreb imperativ. Veći klubovi koji imaju na raspolaganju GPS sustav kao alat za praćenje opterećenja imaju široku lepezu korisnih informacija.

Rezultati u radu su pokazali statistički značajne razlike između varijabli ukupna prijeđena udaljenost (UU), broj akceleracija (AKC), omjer akutnog i kroničnog opterećenja u varijablama ukupna prijeđena udaljenost i broj akceleracija (OAKO (UU) te OAKO (AKC)) u tjednima sa i bez ozljede. Povećani parametri u tim varijablama bi mogli igrati važnu ulogu kod pojavnosti nek kontaktnih i kontaktnih ozljeda kod mladih vrhunskih nogometaša.

U današnje vrijeme, praćenje opterećenja GPS-om i/ili subjektivna procjena opterećenja je zlatni standard u praćenju opterećenja vrhunskog nogometaša. Preporuka je da se u praksi koristi GPS sustav kao sredstvo kontrole opterećenja, ali ako klub nema mogućnosti, tada nam SPO mogu dati korisne informacije o stanju igračevog opterećenja i potencijalno ukazati na povećani rizik za ozljeđivanje.

## 7. LITERATURA

1. Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 587-593.
2. Arazi, H., Asadi, A., Khalkhali, F., Boullosa, D., Hackney, A. C., Granacher, U., & Zouhal, H. (2020). Association between the acute to chronic workload ratio and injury occurrence in young male team soccer players: a preliminary study. *Frontiers in Physiology*, 11, 608.
3. Banister E, Calvert T. Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci* 1980;5:170–6.
4. Banister, E. W., Good, P., Holman, G., & Hamilton, C. L. (1986). Modeling the training response in athletes. *Sport and elite performers*, 3, 7-23.
5. Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, 7(3), 57-61.
6. Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*, 35(13), 1095-1100.
7. Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute: chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British journal of sports medicine*, 51(5), 452-459.
8. Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., Bruce-Low, S., & Li, F. X. (2020). Spikes in acute: chronic workload ratio (ACWR) associated with a 5–7 times greater injury rate in English Premier League football players: a comprehensive 3-year study. *British journal of sports medicine*, 54(12), 731-738.
9. Buchheit, M. (2017). Applying the acute: chronic workload ratio in elite football: worth the effort?. *British Journal of Sports Medicine*, 51(18), 1325-1327.
10. Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-tracking technology: half-full or half-empty glass. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S2-35.
11. Buchheit, M., Manouvrier, C., Cassirame, J., & Morin, J. B. (2015). Monitoring locomotor load in soccer: is metabolic power, powerful?. *International journal of sports medicine*, 36(14), 1149-1155.



12. Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., & Gabbett, T. J. (2014). Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2244-2252.
13. de Dios-Álvarez, V., Suárez-Iglesias, D., Bouzas-Rico, S., Alkain, P., González-Conde, A., & Ayan-Perez, C. (2021). Relationships between RPE-derived internal training load parameters and GPS-based external training load variables in elite young soccer players. *Research in Sports Medicine*, 1-16.
14. Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British journal of sports medicine*, 45(7), 553-558.
15. Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
16. Gabbett, T. J. (2004). Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *Journal of sports sciences*, 22(5), 409-417.
17. Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British journal of sports medicine*, 50(5), 273-280.
18. Griffin, A., Kenny, I. C., Comyns, T. M., & Lyons, M. (2020). The association between the acute: chronic workload ratio and injury and its application in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 50(3), 561-580.
19. Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Palazzi, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2016). Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: not all is what it seems. *PloS one*, 11(3), e0149839.
20. Hader, K., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Kilduff, L. P., Girard, O., & Silva, J. R. (2019). Monitoring the athlete match response: Can external load variables predict post-match acute and residual fatigue in soccer? A systematic review with meta-analysis. *Sports medicine-open*, 5(1), 1-19.
21. Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). The acute: chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *British journal of sports medicine*, 50(4), 231-236.

22. Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G., Helsen, W. F., & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of science and medicine in sport*, 21(6), 579-585.
23. Malone, S., Owen, A., Newton, M., Mendes, B., Collins, K. D., & Gabbett, T. J. (2017). The acute: chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *Journal of science and medicine in sport*, 20(6), 561-565.
24. Marković, G., & Bradić, A. (2008). Nogomet: Integralni kondicijski trening. TVZ, Udruga Tjelesno vježbanje i zdravlje.
25. Maughan, P. C., MacFarlane, N. G., & Swinton, P. A. (2021). Relationship between subjective and external training load variables in youth soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 16(8), 1127-1133.
26. Maupin, D., Schram, B., Canetti, E., & Orr, R. (2020). The relationship between acute: chronic workload ratios and injury risk in sports: a systematic review. *Open access journal of sports medicine*, 11, 51.
27. McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports medicine*, 48(3), 641-658.
28. Rico-González, M., Oliveira, R., González Fernández, F. T., & Clemente, F. M. (2022). Acute: chronic workload ratio and training monotony variations over the season in youth soccer players: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17479541221104589.
29. Rogalski, B., Dawson, B., Heasman, J., & Gabbett, T. J. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of science and medicine in sport*, 16(6), 499-503.
30. Scott, D., & Lovell, R. (2018). Individualisation of speed thresholds does not enhance the dose-response determination in football training. *Journal of Sports Sciences*, 36(13), 1523-1532.
31. Stares, J., Dawson, B., Peeling, P., Heasman, J., Rogalski, B., Drew, M., Colby, M., Dupont, G. & Lester, L. (2018). Identifying high risk loading conditions for in-season

injury in elite Australian football players. *Journal of science and medicine in sport*, 21(1), 46-51.

32. Coyne, J. O., Nimphius, S., Newton, R. U., & Haff, G. G. (2019). Does mathematical coupling matter to the acute to chronic workload ratio? A case study from elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1447-1454.

Zouhal, H., Boulosa, D., Ramirez-Campillo, R., Ali, A., & Granacher, U. (2021). Acute: Chronic Workload Ratio: Is There Scientific Evidence?. *Frontiers in Physiology*, 552.