

# Pouzdanost i valjanost mobilne aplikacije za mjerenje vremena sprinta

---

**Paravac, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:265:953311>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Ivan Paravac

**POUZDANOST I VALJANOST MOBILNE APLIKACIJE ZA  
MJERENJE VREMENA SPRINTA**

ZAVRŠNI RAD

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Ivan Paravac

**POUZDANOST I VALJANOST MOBILNE APLIKACIJE ZA  
MJERENJE VREMENA SPRINTA**

ZAVRŠNI RAD

JMBAG: 0267045378

e- mail: iparavac@kifos.hr

Mentor: izv. prof. dr. sc. Danijela Kuna

Osijek, 2023.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Kinesiology Osijek  
University undergraduate study of Kinesiology

Ivan Paravac

**RELIABILITY AND VALIDITY OF A MOBILE APP FOR  
MEASURING SPRINT TIMES**

Undergraduate thesis

Osijek, 2023.

## IZJAVA

### O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni \_\_\_\_\_ (navesti vrstu rada: završni / diplomski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju „Narodne novine“ broj 123/03., 198/03., 105/04., 174/04., 2/07.-Odluka USRH, 46/07., 63/11., 94/13., 139/13., 101/14.-Odluka USRH, 60/15.-Odluka USRH i 131/17.).
3. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studenta/studentice:** Ivan Paravac

**JMBAG:** 0267045378

**Službeni e-mail:** iparavac@kifos.hr

**Naziv studija:** Preddiplomski studij kineziologije

**Naslov rada:** Pouzdanost i valjanost mobilne aplikacije za mjerenje vremena sprinta

**Mentorica završnog rada:** izv. prof. dr. sc. Danijela Kuna

U Osijeku 4. 9. 2023. godine

Potpis Ivan Paravac

## **Pouzdanost i valjanost mobilne aplikacije za mjerenje vremena sprinta**

### **SAŽETAK**

Ovaj rad istražuje pouzdanost i valjanost mobilne aplikacije dizajnirane za mjerenje vremena sprinta u atletskim nastupima. U eri obilježenoj tehnološkim napretkom, integracija mobilnih aplikacija za procjenu sportskih performansi dobila je značajnu pozornost. Ova studija ima za cilj kritički procijeniti pouzdanost i valjanost mobilne aplikacije „Photo Finish“ u kvantificiranju vremena sprinta i istražiti njezin potencijal kao pouzdanog alata za trenere i sportaše. Testiranjem pouzdanosti i valjanosti aplikacije u odnosu na fotoćelije pokazane su visoke, gotovo savršene vrijednosti za pouzdanost (ICC = 0,997) i valjanost mjerenja ( $r = 0,997$ ,  $p < 0,001$ ).

**Ključne riječi:** Pouzdanost, valjanost, mobilna aplikacija za mjerenje vremena sprinta

## **Reliability and validity of a mobile app for measuring sprint times**

### **ABSTRACT**

This undergraduate thesis investigates the reliability and validity of a mobile application designed for the measurement of sprint times in athletic performances. In an era marked by technological advancements, the integration of mobile apps for sports performance assessment has gained substantial attention. This study aims to critically evaluate the reliability and validity of the mobile app "Photo Finish" in quantifying sprint times and explore its potential as a reliable tool for coaches and athletes. Testing the reliability and validity of the application in relation to photocells showed high, almost perfect values for reliability (ICC = 0.997) and measurement validity ( $r = 0.997$ ,  $p < 0.001$ ).

**Keywords:** reliability, validity, mobile app for measuring sprint times

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. IZAZOVI I POTREBE PROFESIONALNOG SPORTA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. SPORTSKA DIJAGNOSTIKA .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1. Praćenje izvedbe sportaša .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. Dijagnoza ozljeda i prevencija .....</b>	<b>3</b>
<b>3.3. Analiza biomarkera.....</b>	<b>4</b>
<b>3.4. Individualizirane strategije .....</b>	<b>4</b>
<b>3.5. Budućnost dijagnostike u sportu .....</b>	<b>4</b>
<b>4. MJERENJE VREMENA SPINTA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. Usporedba različitih uređaja za mjerenje vremena sprinta .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. Rasprostranjenost potrebe za mjerenjem vremena sprinta.....</b>	<b>6</b>
<b>5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MJERENJE VREMENA SPINTA MOBILNOM APLIKACIJOM .....</b>	<b>6</b>
<b>6. KORISNIČKO ISKUSTVO I DIZAJN SUČELJA .....</b>	<b>7</b>
<b>7. METODE RADA .....</b>	<b>10</b>
<b>7.1. Uzorak ispitanika .....</b>	<b>10</b>
<b>7.2. Protokol mjerenja .....</b>	<b>10</b>
<b>7.3. Mjerni instrumenti.....</b>	<b>10</b>
<b>7.4. Metode obrade podataka .....</b>	<b>11</b>
<b>8. REZULTATI.....</b>	<b>12</b>
<b>9. RASPRAVA .....</b>	<b>14</b>
<b>10. NEDOSTACI I PREPORUKE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>14</b>
<b>11. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>15</b>
<b>12. LITERATURA.....</b>	<b>17</b>

## 1. UVOD

Tjelesna aktivnost odnosi se na aktivnost koja je dio nečijeg svakodnevnog života koja uključuje tjelesne pokrete i korištenje skeletnih mišića (Bherer i ostali, 2013) koja rezultira potrošnjom energije. Tjelesno vježbanje potkategorija je tjelesne aktivnosti koja je planirana, strukturirana i ima za cilj poboljšanje specifičnih tjelesnih vještina ili tjelesne spremnosti (Bherer i ostali, 2013). Tjelesna aktivnost koja se održava tijekom života povezana je s nižom incidencijom i prevalencijom kroničnih bolesti poput raka, dijabetesa te kardiovaskularnih i koronarnih bolesti srca (Leeper i ostali, 2013). Suits (2007) tvrdi da su sve sportske aktivnosti usmjerene ka cilju koji se pridržava pravila. Isto tako, Guttmann (2004) navodi da su sportovi organizirani i vođeni pravilima te prema Jenny i suradnicima (2017) moraju uključivati sustav natjecanja.

Razvoj znanosti u 21. stoljeću utjecao je na unaprjeđenje kvalitete trenažnog procesa (Windt i ostali, 2020). U profesionalnom sportu, za razliku od amaterskog, sudionici dobivaju naknadu za svoj rezultat, stoga je to sportska dijagnostika shvaća veoma ozbiljno te postaje sve veći trend u svijetu sporta. Treneri i ostali sportski djelatnici pomoću sportske dijagnostike pokušavaju optimizirati razvoj sportaša te ih specifično pripremiti za zahtjeve njihove sportske aktivnosti (Li i ostali, 2016). Brzina je sposobnost koja je važna u mnogim ekipnim i pojedinačnim sportovima (Beato i ostali, 2018) te je kao takva jedna od sastavnih područja interesa sportske dijagnostike. Precizni uređaji za mjerenje maksimalne brzine kretanja su najčešće financijski nedostupni manjim sportskim klubovima stoga treneri često posežu za manje preciznim alternativama (Čoh, 2015). Jedna od takvih alternativa je „*Photo Finish*“ aplikacija za android uređaje. Ova aplikacija omogućuje mjerenje vremena pomoću tehnologije za prepoznavanje položaja trupa prilikom prolaska pored mobilnog uređaja. Pojedini autori su u svojim radovima koristili „*Photo Finish*“ aplikaciju kao alternativu za mjerenje maksimalne brzine trčanja (Bilbija, 2022; Turiman i ostali, 2023).

Iako autori ove aplikacije svjedoče o njezinoj pouzdanosti u ovome trenutku ne postoji niti jedno istraživanje koje bi potvrdilo ovu tezu. Svrha ovog rada je ispitati pouzdanost i valjanost „*Photo Finish*“ mobilne aplikacije koja predstavlja jeftinu i pristupačniju alternativu profesionalnim uređajima za mjerenje vremena sprinta.



## 2. IZAZOVI I POTREBE PROFESIONALNOG SPORTA

Profesionalni sport je zahtjevan pothvat koji od sportaša zahtijeva ne samo iznimne fizičke vještine, već i snažnu psihološku otpornost. Sportaši se tijekom svoje karijere suočavaju s raznim psihološkim izazovima, u rasponu od tjeskobe zbog izvedbe do upravljanja uspjehom i suočavanja s neuspjehom. Ovo poglavlje istražuje zamršenost ovih izazova i raspravlja o strategijama koje mogu pomoći sportašima da održe svoju mentalnu dobrobit i poboljšaju svoju izvedbu.

Jedan od najraširenijih psiholoških izazova u profesionalnom sportu je anksioznost zbog izvedbe. Sportaši često doživljavaju intenzivan pritisak da daju svoje najbolje rezultate, bilo na treningu ili tijekom natjecanja (Smith, 2012). Taj pritisak može dovesti do povišene razine anksioznosti, što može negativno utjecati na izvedbu (Jones & Hardy, 1990). Za sportaše je ključno razviti učinkovite strategije suočavanja kako bi upravljali ovom anksioznošću i optimizirali svoju izvedbu (Beilock, 2010).

Potruga za izvrsnošću u profesionalnom sportu ponekad može dovesti do izgaranja i pretreniranosti. Sportaši koji se previše opterećuju i zanemaruju odmor i oporavak mogu doživjeti fizičku i psihičku iscrpljenost (Raedeke & Smith, 2001). Prepoznavanje znakova sagorijevanja i provedba strategija kao što su pravilno upravljanje radnim opterećenjem i promicanje ravnoteže između poslovnog i privatnog života može pomoći u sprječavanju ovih štetnih ishoda.

U području profesionalnog sporta, bauk ozljeda nazire se kao značajan i stalni rizik s kojim se sportaši moraju boriti. Težnja za vrhunskom izvedbom često gura pojedince do granica njihovih fizičkih sposobnosti, povećavajući ranjivost na niz ozljeda, od akutnih trauma poput prijeloma i uganuća do kroničnih stanja prekomjerne upotrebe (Cacchio i ostali, 2011). Zahtjev za brzinom, snagom i agilnošću, zajedno s intenzivnim režimima treninga i čestim natjecanjima, izlaže sportaše mogućnosti iznenadnih neuspjeha koji mogu poremetiti njihove karijere i težnje (Soligard i ostali, 2015). Dok je napredak u sportskoj medicini i strategijama prevencije ozljeda ublažio neke od ovih rizika, inherentna priroda natjecanja na visokoj razini znači da sportaši moraju pronaći delikatnu ravnotežu između tjeranja svojih tijela da budu savršeni i zaštite od potencijalne štete (Engebretsen i ostali, 2013).

### **3. SPORTSKA DIJAGNOSTIKA**

Sportska dijagnostika ključna je za suvremenu sportsku medicinu jer pomaže u izbjegavanju ozljeda, poboljšanju performansi i općem zdravlju sportaša. U ovom se poglavlju ispituje važnost sportske dijagnostike u racionalizaciji rasporeda treninga sportaša, praćenju njihovog zdravlja i smanjenju opasnosti od ozljeda. Raspravlja se o korištenju različitih dijagnostičkih metoda i tehnologija u sportu, kao što su nosivi senzori (Li i ostali, 2016) slikovni modaliteti (Nofsinger i Konin, 2009) i analiza biomarkera (Fernández-Lázaro i ostali, 2022; Nunes & Macedo, 2013; Teale i ostali, 2009).

#### **3.1. Praćenje izvedbe sportaša**

Ključna komponenta sportske dijagnostike je praćenje performansi sportaša, što omogućuje trenerima i sportskim znanstvenicima da prilagode programe treninga kako bi zadovoljili zahtjeve određenih sportaša. U ovom području, nosivi senzori postali su ključni instrumenti (Li i ostali, 2016). Informacije u stvarnom vremenu o fiziološkoj reakciji sportaša, obrascima kretanja i potrošnji energije tijekom treninga pružaju se putem monitora otkucaja srca (Jiménez Morgan & Molina Mora, 2017; Mosley & Laborde, 2022; Vitale i ostali, 2019), GPS uređaja za praćenje (Aughey, 2011), fotoćelija (Bastida Castillo i ostali, 2017; Haugen i Buchheit, 2016) i mnogih drugih uređaja. Takve tehnologije podupiru prevenciju pretreniranosti i nude empirijski temelj za promjene treninga utemeljene na dokazima.

#### **3.2. Dijagnoza ozljeda i prevencija**

Dijagnostika krije tajnu kontinuiranog nastojanja da se smanji broj ozljeda i promovira dugovječnost sportaša. Napredne slikovne metode, poput kompjutorizirane tomografije (CT; Hirschmann i ostali, 2011; Nie i ostali, 2021) i magnetske rezonancije (MRI; Rubin, 2017; Tuite & Kijowski, 2006; Zhao, 2022) daju detaljan uvid u mišićno-koštani sustav, omogućujući preciznu identifikaciju ozljeda. Treba napomenuti da sustavi za analizu pokreta, kao što su snimanje pokreta i analiza hoda, djeluju kao dodatni alati otkrivajući biomehanička odstupanja koja povećavaju rizik od ozljeda (Chaudhari & Andriacchi, 2006; Jaworski i ostali, 2023). Kombinacija ovih dijagnostičkih tehnika daje praktičarima pristup širokom rasponu alata za prevenciju ozljeda.

### **3.3. Analiza biomarkera**

Osim očitog, analiza biomarkera postala je moćan alat za prepoznavanje neprimijećenih fizioloških znakova (Teale i ostali, 2009). Razine kreatin kinaze, C-reaktivnog proteina i kortizola biomarkeri su temeljeni na krvi koji imaju potencijal identificirati ozljede mišića, upale i stres (Brancaccio i ostali, 2007; Cayres i ostali, 2018; Vacher i ostali, 2019). Fiziološki status sportaša može se bolje razumjeti ugradnjom praćenja biomarkera u dijagnostički okvir (Teale i ostali, 2009), koji također djeluje kao sustav ranog upozorenja za sprječavanje bilo kakvog pada performansi i zdravlja (Lee i ostali, 2017).

### **3.4. Individualizirane strategije**

Metode treninga i oporavka revolucionarizirane su spojem prilagođene medicine i sportske dijagnostike (Lindsay i Costello, 2017). Jedan takav primjer je genetsko testiranje, koje otkriva urođenu sklonost sportaša specifičnim ozljedama i reaktivnost na podražaje treninga (Williams i ostali, 2016). S tim genetskim znanjem na raspolaganju, treneri mogu prilagoditi režime treninga kako bi odgovarali genetskom profilu svakog sportaša, što rezultira prilagođenom taktikom koja maksimizira dobitke u izvedbi, a istovremeno štiti od rizika od ozljeda (Davids & Baker, 2007; Pompeo, 2011).

### **3.5. Budućnost dijagnostike u sportu**

Briljantnost razvoja tehnologije i širenja istraživanja baca svjetlo na put sportske dijagnostike. Pretvaranjem složenih obrazaca podataka u korisne uvide, umjetna inteligencija i strojno učenje pripremljeni su za podršku prediktivnim modelima za procjenu rizika od ozljeda (Claudino i ostali, 2019; B. Li & Xu, 2021; Van Eetvelde i ostali, 2021). Razvoj prijenosne, neinvazivne dijagnostičke opreme također nudi mogućnost praćenja u stvarnom vremenu, demokratizirajući pristup sportskoj dijagnostici na svim razinama sportskog angažmana (Harrison i ostali, 2013; Mao i ostali, 2020).

## **4. MJERENJE VREMENA SPRINTA**

Maksimalna brzina je temeljna komponenta atletske izvedbe, osobito u sportovima koji uključuju eksplozivne radnje kao što je sprint. Precizno mjerenje vremena tijekom sprinta ključno je za razumijevanje sportaševih sposobnosti, praćenje napretka i optimiziranje režima treninga (Hetzler i ostali, 2008; Watt i ostali, 2002). Različite tehnologije i metode razvijene su za precizno bilježenje podataka o brzini, prilagođene različitim sportovima i scenarijima. Koriste se mnogi uređaji poput elektroničkih kamera (kao na atletskim natjecanjima – SEIKO sustav; Graubner i Nixdorf, 2009). Pristupačniji uređaji poput fotoćelija, koriste se češće u svijetu sporta (Bastida Castillo i ostali, 2017; Simperingham i ostali, 2016), dok se sve češće traže jeftiniji načini za dobiti isti rezultat te se rješenja nalaze u mobilnim aplikacijama koje igraju istu ulogu kao već navedeni uređaji (Balsalobre-Fernández i ostali, 2019; Stanton i ostali, 2016), no predstavljaju problem pouzdanosti i valjanosti.

### **4.1. Usporedba različitih uređaja za mjerenje vremena sprinta**

Glavna problematika kod mjerenja vremena sprinta jest pristupačnost i mogućnost nabave određenih uređaja. Ovo potpoglavlje je informativno te mu je cilj pokazati kako nije potrebno imati velike resurse da bi se radila dijagnostika trenažnog procesa. Naime, cijena kamera te sustava za elektroničko mjerenje vremena koji se koriste na atletskim natjecanjima, u moto sportovima, plivačkim natjecanjima iznosi oko 10000\$ (VS Athletics, 10.02.2023.) te zahtjeva polaganje tečaja za licencu kako bi se moglo rukovati opremom. Zatim, fotoćelije, jedan od uređaja, imaju širu primjenu jer su dostupniji, no i dalje manji klubovi nisu u mogućnosti nabaviti ovu opremu. Ovaj uređaj se može naći za cijenu koja varira ovisno o kvaliteti, srednja cijena oko 1500 eura (VS Athletics, 11.6.2023.). Nadalje, od opreme se još koriste i pištolji s radarom. Oni su praktični za koristiti jer su lako prenosivi, no cijena iznosi oko 200 eura (busnhnell.com, n.d.). Ovaj rad će predstaviti mobilnu aplikaciju za Android operacijske sustave „*Photo Finish*“ te potaknuti na korištenje jeftinih i pristupačnih metoda za praćenje statusa sportaša. Cijena ove aplikacije je 5\$ mjesečno ili 100 eura jednokratno što je znatno dostupnije malim klubovima i trenerima. Dalje u radu će biti opisano istraživanje pouzdanosti i valjanosti iste aplikacije.

## 4.2. Rasprostranjenost potrebe za mjerenjem vremena sprinta

Sprint je sastavni dio većine sportova te u velikoj mjeri utječe na uspjeh, stoga je bitno voditi evidenciju napretka sportaša testirajući sposobnost maksimalnog sprinta. Testiranja sprinta odvijala su se u mnogim sportovima kao što su nogomet (Abrantes i ostali, 2004; Brechue i ostali, 2010), košarka (Alemdaroğlu, 2012; Shalfawi i ostali, 2011), atletika (Dietze-Hermosa i ostali, 2021; Moran i ostali, 2018), odbojka (Johnson i ostali, 2010), rukomet (Chaouachi i ostali, 2009), američki nogomet (Mayhew i ostali, 2010) i mnogi drugi. Bitno je naći pristupačan i priuštiv način za mjerenje ovog trenažnog parametra kako bi se mogao osigurati pravilan razvoj i napredak svakog sportaša neovisno o sportu kojim se bavi.

## 5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MJERENJE VREMENA SPINTA MOBILNOM APLIKACIJOM

U istraživanju (Romero-Franco i ostali, 2017) testirane su valjanost i pouzdanost aplikacije za iOS uređaje „*MySprint*“. Svaka izvedba (sprint 40m) uhvaćena je aplikacijom, fotoćelijama te radarskim pištoljem pri čemu su fotoćelije i radarski pištolj gledani kao pouzdani alati. Dobiveni su rezultati gotovo savršene korelacije ( $r = 0.989-0.999$ ) te interklasni koeficijent korelacije ( $ICC = 1.0$ ). Što govori da je aplikacija „*MySprint*“ visoko pouzdana i valjana alternativa alatima za mjerenje vremena sprinta.

U istraživanju (Stanton i ostali, 2016) testirane su valjanost i pouzdanost smartphone aplikacije „*SpeedClock*“. Svaka izvedba (sprint 10m) uhvaćena je aplikacijom, fotoćelijama pri čemu su fotoćelije kao pouzdani alati. Dobiveni su rezultati koji ne pokazuju statistički značajnu razliku između dobivenih vremena aplikacije i fotoćelija ( $t = 1.83$ ,  $p < 0,07$ ) te interklasni koeficijent korelacije ( $ICC = 0,93$ ,  $p < 0,00$ ). Što govori da je aplikacija „*SpeedClock*“ visoko pouzdana i valjana alternativa alatima za mjerenje vremena sprinta.

U istraživanju (Escobar-Alvarez i ostali, 2020) testirane su valjanost i pouzdanost iOS aplikacije „*Lap Tracker Auto-timer*“. Svaka izvedba (test agilnosti 4x10m) uhvaćena je aplikacijom, fotoćelijama pri čemu su fotoćelije kao pouzdani alati. Dobiveni su rezultati gotovo savršene korelacije ( $r = 0.92$ ) te interklasni koeficijent korelacije ( $ICC = 0,93$ ). Što govori da je aplikacija „*Lap Tracker Auto-timer*“ visoko pouzdana i valjana alternativa alatima za mjerenje vremena sprinta.

Ovi nalazi ukazuju na napredak tehnologije i njenog sve većeg utjecaja na sportsku analitiku. Mobilne aplikacije za mjerenje vremena sprinta ne samo da pružaju brzu i praktičnu alternativu tradicionalnim metodama, već se također pokazale kao visoko precizne i pouzdane. To ima značajne implikacije za sportsku praksu, omogućavajući trenere, sportaše i istraživače da brzo i precizno prate performanse i napredak, optimiziraju treninge te donose informirane odluke temeljene na objektivnim podacima.

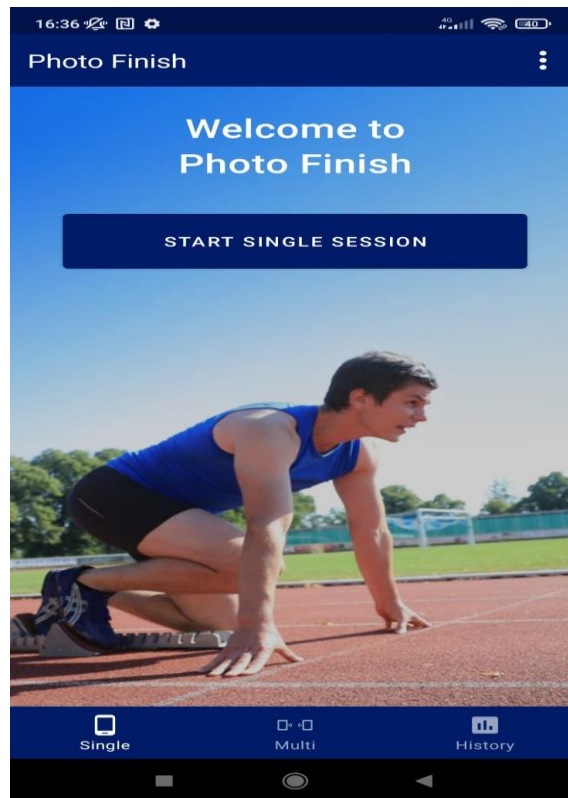
## **6. KORISNIČKO ISKUSTVO I DIZAJN SUČELJA**

Aplikacija je jednostavno dizajnirana te iz tog razloga ne zahtjeva veliku potrošnju vremena na postavljanje samih kamera. Kao što je prikazano na slici 1, početno sučelje (Single) nudi nekoliko opcija. „*Start single session*“ je opcija za koju je potreban jedan mobilni uređaj te je ona besplatna. Ova funkcija zahtjeva postavljanje jednog uređaja te je funkcija tog uređaja brojanje krugova. Aplikacija računa ukupno vrijeme te svakim prolaskom kroz sredinu kamere uzima se vrijeme od početka odbrojavanja ili od prošlog prolaza. Na slici 2, prikazano je drugo korisničko sučelje (Multi) koje nudi opcije „*Host*“ i „*Join*“. Opciju „*Host*“ mogu koristiti samo korisnici s pretplatom te s tom opcijom uređaj koji je „*Host*“ postaje glavni uređaj na kojem se zapisuju sva mjerenja. Opcijom „*Join*“ se uređaji spajaju na glavni uređaj te tako aplikacija omogućuju mjerenje više dijelova iste dionice.

Aplikacija ima mogućnost snimanja tzv. „letećih“ dionica pri kojima se uzima zalet prije mjerene dionice dok jedan uređaj bilježi početak dionice, a drugi bilježi kraj dionice. Nadalje, ima i mogućnost mjerenja dionice iz startnih blokova pri kojoj prvi uređaj zadaje startne zapovijedi, a drugi snima prolaz kroz ciljnu liniju.

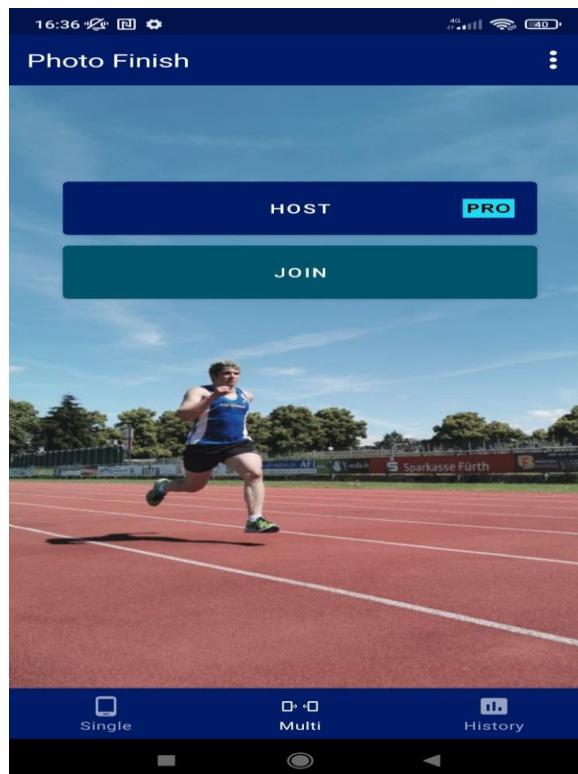
### **Prikaz 1**

*Početno sučelje aplikacije (Single)*



### **Prikaz 2**

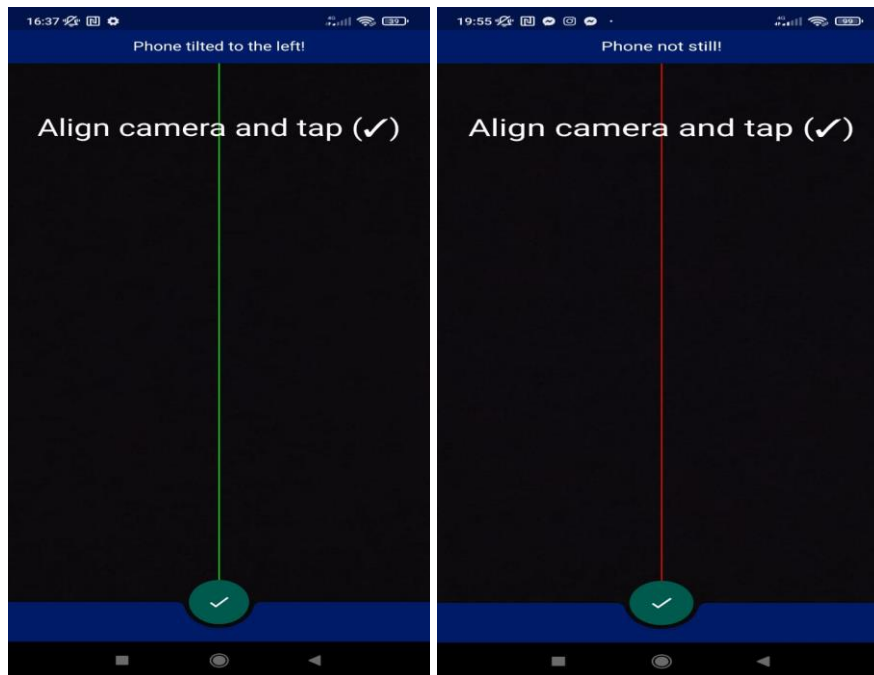
*Drugo sučelje aplikacije (Multi)*



Na slikama 3 i 4 je prikazano sučelje za vrijeme snimanja. Koristeći žiroskop uređaja, aplikacija određuje savršenu poziciju za snimanje (vertikalno postavljen mobitel) te u trenutcima pomicanja na ekranu se pojavi crvena linija koja govori da uređaj ne miruje ili nije pravilno postavljen. Ova mogućnost aplikacije nam dodatno omogućuje dobivanje najrealnije slike prolaska kroz start te kroz ciljnu liniju.

### ***Prikaz 3***

#### *Sučelje za vrijeme snimanja*



Na slici 5 prikazana je dodatne opcije aplikacije koja nam omogućuju zadržavanje starih rezultata mjerenja od nekoliko sesija te ih prikazuje u obliku tablice.

### ***Prikaz 4***

#### *Prikaz povijesti mjerenja*



Athlete	Additional Info (i.e. smartphone positions)	Times
30		3.48s 3.94s 10.25s 11.00s



## **7. METODE RADA**

### **7.1. Uzorak ispitanika**

Istraživanje je provedeno na uzorku od 6 atletičara atletskog kluba Slavonija-Žito. Svi ispitanici su punoljetni i dali su pisani pristanak za sudjelovanje u istraživanju. Prije provedbe istraživanja ispitanici su informirani o cilju i protokolu istraživanja kao i o potencijalnim rizicima.

### **7.2. Protokol mjerenja**

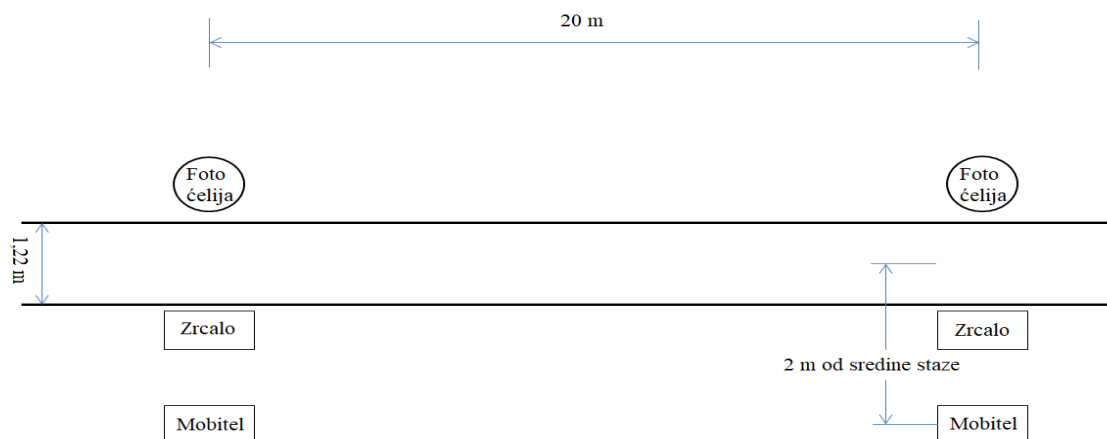
Sva mjerenja provela su se kao dio pripreme za sportski trening. Ispitanici su proveli standardizirano zagrijavanje trčanjem niskog intenziteta u trajanju od 10 min. Nakon zagrijavanja uslijedile su vježbe mobilnosti i dinamičkog istezanja cijeloga tijela u trajanju od 7 minuta. Po završetku vježbi mobilnosti sportaši su pristupali prostoru za mjerenje u kojem su izvodili vježbe metodike trčanja na udaljenosti od 10 m te potom protrčavali kroz zonu za mjerenje od 20 m. Svaki ispitanik je kroz zonu za mjerenje protrčao 5 puta. Ispitivač je dao usmeni znak za početak izvedbe tek kada je oprema za mjerenje bila kalibrirana i spremna za novo mjerenje.

### **7.3. Mjerni instrumenti**

Sva vremena mjerila su se Microgate „Witty“ foto-čelijama sa sposobnošću mjerenja do 1/100 sekunde te pomoću „*Photo Finish*“ aplikacije koja je bila pokrenuta istovremeno na dva pametna telefona: Xiaomi Redmi Note 9 Pro i Xiaomi Redmi Note 8 s mogućnošću snimanja do 240 sličica u sekundi na oba pametna telefona. Dva para foto-čelija korištena su za provedbu istraživanja. Parovi su postavljeni na tronožne stalke te međusobno udaljeni 20 m. Tronožni stalci svakoga para foto-čelija postavljeni su na širinu od 1,22 m (širina jedne atletske staze). Po jedan mobitel postavljen je na tronožni stalak na isti pravac snimanja kao i jedan od parova foto-čelija ali na udaljenosti 2 m od sredine staze i na visini od 1,30 m (Prikaz 5). Kalibracijska linija na „*Photo Finish*“ aplikaciji postavljena je kroz sredinu laserske leće foto-čelija za što preciznije mjerenje. Nakon svakog zabilježenog vremena, sat na foto-čelijama i mobitelu se zaustavio i vratio na nulu.

## Prikaz 5

### Položaj mjernih uređaja



#### 7.4. Metode obrade podataka

Za unos podataka korišten je MS Excel te za obradu izmjerenih podataka korišten je program IBM SPSS Statistics 20 (v20 - 32bit). Izvršena je deskriptivna analiza za skup podataka dobiven s fotoćelijama i aplikacijom te je prikazana aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom, standardnom pogreškom. Korišten je Shapiro-Wilkov test kako bi se ispitala normalnost distribucije.

Konkurentna valjanost aplikacije „*Photo Finish*“ testirana je pomoću Pearsonovog  $r$  koeficijenta s 95% CI te je ocijenjen po principu:  $\leq 0,1$  = trivijalno,  $> 0,1$  do  $0,3$  = malo,  $> 0,3$  do  $0,5$  = umjereno,  $> 0,5$  do  $0,7$  = veliko,  $> 0,7$  do  $0,9$  = vrlo veliko,  $> 0,9$  do  $1,0$  = gotovo savršeno (Hopkins i sur., 2009). Zatim je analiziran nagib linearne regresije između varijabli Fotoćelije i Aplikacija.

Pouzdanost aplikacije mjerena je provedbom testa interklasni koeficijent korelacije (ICC test; Two-way Random, Absolute Agreement) s 95% CI. ICC je protumačen na sljedeći način:  $ICC > 0,9$  = odličan,  $0,75-0,9$  = dobar,  $0,5-0,74$  = umjeren,  $< 0,50$  = loš (Koo i Li, 2016).

Kako bi se utvrdila kolinearnost proveden je Durbin-Watson test. Također, je proveden zavisni T-test na varijablama „ĆELIJE“ i „APLIKACIJA“ kako bi se pokazala sistematska devijacija od stvarne vrijednosti te su rezultati prikazani pomoću aritmetičke sredine, standardne devijacije i grafa linearne regresije. Usporedba će aritmetičkih sredina biti iskazana

u obliku Cohenove veličine efekta (d) te će biti protumačeni na sljedeći način: mal (<0,2), umjeren (<0.5) ili velik (>0.8).

## 8. REZULTATI

Srednje vrijednosti  $\pm$  standardne devijacije za vremenske performanse (s) za letećih 20m s fotoćelijama i aplikacijom „*Photo Finish*“ prikazane su u tablici 1. Pearsonova analiza korelacije također je prikazana u tablici 1. Postojala je vrlo velika korelacija ( $r = .997$ ;  $p < .001$ ) između oba uređaja.

**Tablica 1**

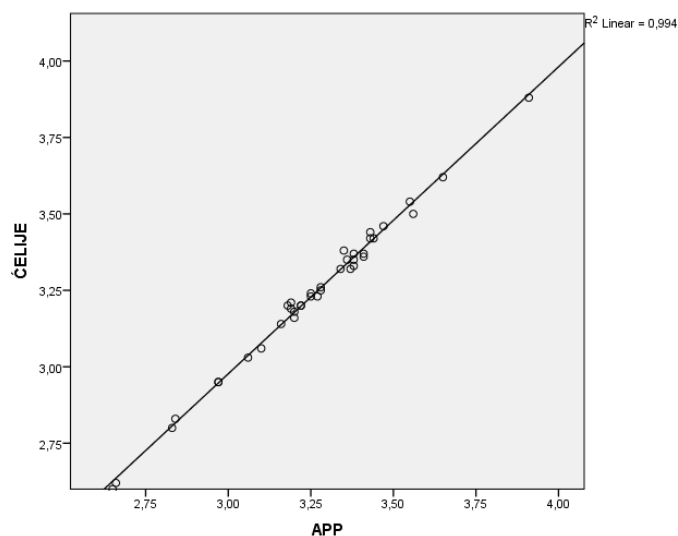
*Deskriptivna statistika i koeficijent korelacije varijabli Fotoćelije i Aplikacija*

n	Fotoćelije	Aplikacija	r	SE	R <sup>2</sup>	p	Veličina
38	3,24 $\pm$ 0,255	3,26 $\pm$ 0,253	0,997	,02064	0,994	<0.001	Gotovo savršeno

Testiranje normalnosti distribucije obje varijable Shapiro-Wilkovim testom pokazalo je da je distribucija normalna (Fotoćelije ( $p > 0,05$ ) i Aplikacija ( $p > 0,05$ ). Analiza skupa podataka pokazala je vrlo visoku korelaciju između aplikacije „*Photo Finish*“ i foto-ćelija za mjerenje ukupnog vremena u testu letećih 20 metara ( $r = 0,997$ ;  $p < 0,001$ ;  $SE = 0,0206$ ;  $R^2 = 0,994$ ;  $p < 0,001$ ). Nije primijećena kolinearnost Durbin-Watson testom ( $d = 2,353$ ).

**Graf 1**

*Graf linearne regresije podataka iz varijabla fotoćelija (ĆELIJE) i aplikacije (APP)*



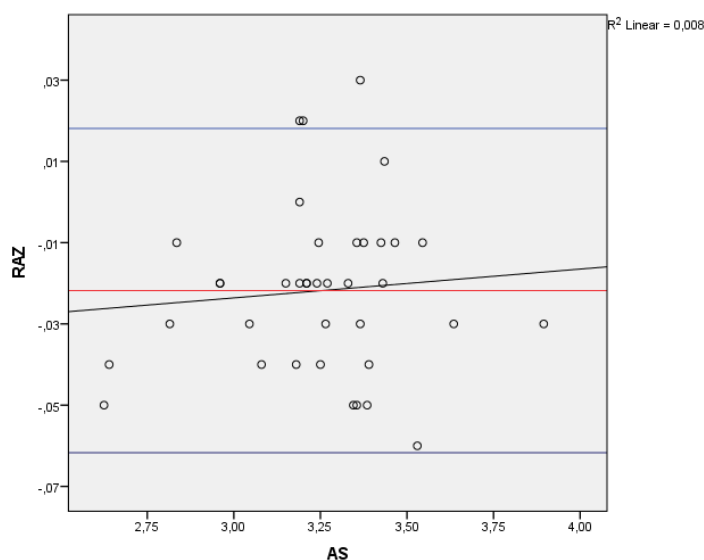
Uočene su statistički neznačajne razlike u ukupnom vremenu testa između aplikacije i fotoćelija te su rezultati prikazani u tablici 2.

**Tablica 2:** Rezultati T-testa zavisnih varijabli

Razlika aritmetičkih sredina (M)	Standardna pogreška (SE)	95% CI	p	Veličina efekta
-0,022 ± 0,02	0,003	-0,029 do -0,015	<0,001	0,008 – mal

Analiza Bland-Altmanove krivulje pokazala je sustavnu pristranost između aplikacije i fotoćelija za ukupno vrijeme (pristranost = -0,02 s; 95% intervalima pouzdanosti = -0,0617 do 0,0181 s). Konačno, regresijska linija u Bland-Altmanovom dijagramu nije pokazala heteroskedastičnost u distribuciji razlike između uređaja kao što je otkriveno regresijskom linijom ( $r^2 = 0,008$ ). Test interklasnog koeficijenta korelacije je pokazao vrlo visoko slaganje između aplikacije i fotoćelija za mjerenje ukupnog vremena u testu promjene smjera (ICC = 0,997; 95% CI = 0,962 do 0,999).

**Graf 2:** Bland-Altmanov dijagram koji prikazuje pristranost (s 95% intervalima pouzdanosti; crvena linija) između instrumenata, njegove granice pouzdanosti ( $\pm 1,96$  standardnih devijacija; plave linije) i regresijsku liniju reziduala (zelena linija).



## 9. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je testirati valjanost i pouzdanost Android aplikacije „*Photo Finish*“. Potvrđivanjem tih kriterija potičemo korištenje efektivne i pristupačnije varijante mjerenja vremena. Testiranjem pouzdanosti i valjanosti aplikacije u odnosu na fotoćelije pokazane su visoke, gotovo savršene vrijednosti za pouzdanost ( $ICC = 0,997$ ) i valjanost mjerenja ( $r = 0,997$ ,  $p < 0,001$ ). Pretpostavljajući da fotoćelije izvode mjerenje bez pogreške, nije bilo većeg odstupanja aplikacije većeg od 0,05s što nam dodatno ukazuje na preciznost iste. Veća odstupanja mogu se pripisati različitom položaju tijela koje kamera uhvati u startu i u cilju. Koliko nam je poznato, ovo je prvo istraživanje u kojem su promatrane valjanost i pouzdanost aplikacije „*Photo Finish*“ za testiranje performansi sprinta. Ovo istraživanje daje relevantne podatke o preciznosti aplikacije s novim dizajnom, što je važno s obzirom na porast tehnologije pametnih telefona za mjerenje atletske izvedbe i fizičkog testiranja (Peart i sur., 2019). Ovaj program se može koristiti za mjerenje performansi bez post-video analize od strane sportskih znanstvenika, istraživača, instruktora snage i kondicije ili čak praktičara.

## 10. NEDOSTACI I PREPORUKE ISTRAŽIVANJA

Aplikacija je izrazito ovisna o točnosti i iskustvu mjeritelja. Netočna kalibracija može narušiti valjanost mjerenja te samim time i smisao korištenja aplikacije. Za najtočnija mjerenja preporuka je postaviti uočljivu vizualnu markaciju na mjesto postavljanja pametnog telefona pomoću koje će se kasnije raditi kalibracija. Veliki potencijalni nedostatak nastaje nakon što aplikacije ne očitava prolazak trkača. Tada se aplikacija ručno mora ponovno pokrenuti čime nastaje rizik od pomicanja pametnog telefona te narušavanja točnosti mjerenja. Također, ispitivači su uočili veliki propust aplikacije u očitavanju prolaska trkača ako je trkač imao majicu koja je iste boje kao pozadina prostora u kojem se nalazi. Ako se mjerenje provodi u zatvorenom prostoru potrebno je uputiti ispitanike da obuku majicu kontrastne boje u odnosu na onu pozadinsku. Majica dugačkih rukava više se preporučuje od one kratkih rukava. Kod mjerenja provedenih u zatvorenom prostoru potrebno je obratiti pažnju na tip i količinu umjetnog svjetla koje se nalazi u prostoru. Korištenje stalka za pametni telefon je poželjno ali nije nužno.

## 11. ZAKLJUČAK

„Photo Finish“ aplikacija je pouzdana, jeftina i praktičnija alternativa skupocijenim uređajima za mjerenje brzine kretanja. Daljna istraživanja su nužna kako bi se utvrdila pouzdanost aplikacije kod različitih postavki snimanja, s većim brojem pametnih telefona, s različitim osvjetljenjima i kod različitih brzina trčanja. Zaključno, aplikacija za mjerenje sprinta predstavlja obećavajući put za točnu procjenu performansi u stvarnom vremenu u sportu, posebno u sprinterskim disciplinama. Sveobuhvatno istraživanje postojeće literature naglasilo je važnost pouzdanosti i valjanosti mjernih alata, a potencijal aplikacije da doprinese ovom području je vrijedan pažnje.

Nalazi ovog seminarskog rada naglašavaju sposobnost aplikacije da pruži dosljedna i pouzdana mjerenja vremena, podržana usklađivanjem s utvrđenim metodama mjerenja vremena. Istovremena provjera valjanosti aplikacije u odnosu na tradicionalne sustave mjerenja vremena pokazala je njenu točnost i pouzdanost, povećavajući njenu vjerodostojnost kao vrijednog alata za procjenu sportskih performansi.

Važno je napomenuti da je ovaj seminarski rad osvijetlio širi značaj dijagnostike u području sporta. Kao što je precizna dijagnostika temeljna u medicinskom polju za učinkovito liječenje i prognozu, točna dijagnostika izvedbe ima ogromnu vrijednost u optimizaciji atletskog treninga i strategija natjecanja. Potencijal aplikacije za mjerenje sprinta da trenerima, sportašima i istraživačima pruži trenutne i pouzdane podatke može značajno poboljšati procese donošenja odluka, što dovodi do prilagođenijih i učinkovitijih režima treninga.

Nadalje, integracija tehnologije, kao što je aplikacija za mjerenje sprinta, primjer je razvoja sportskog krajolika, gdje se inovacija križa s tradicijom kako bi se podigla atletska postignuća. Dok prihvaćamo ove napretke, imperativ je podržati načela pouzdanosti i valjanosti, osiguravajući da se uvidi temeljeni na podacima grade na snažnom temelju točnog mjerenja.

U biti, aplikacija za mjerenje sprinta ne samo da označava korak prema preciznosti u procjeni sportskih performansi, već također naglašava ulogu tehnologije kao pokretača napretka. Put usavršavanja i iskorištavanja takvih alata zajednički je napor koji uključuje suradnju između istraživača, praktičara i sportaša. Njegujući ovu sinergiju, možemo otključati puni potencijal dijagnostike u sportu i utrti put poboljšanoj atleskoj izvrsnosti.

Dok završavamo ovaj seminarski rad, veselimo se što ćemo svjedočiti kontinuiranoj evoluciji tehnologije u sportu, vođenoj načelima strogosti, točnosti i težnje za ljudskim postignućima.

### **SUKOB INTERESA**

Autori ovoga rada izjavljuju kako nisu bili pristrani niti u sukobu interesa ikakve vrste tijekom provođenja ovoga istraživanja.

## 12. LITERATURA

- Abrantes, C., Maças, V., & Sampaio, J. (2004). Variation in football players' sprint test performance across different ages and levels of competition. *Journal of sports science & medicine*, 3(YISI 1), 44–49. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24778553>
- Alemdaroğlu, U. (2012). The Relationship Between Muscle Strength, Anaerobic Performance, Agility, Sprint Ability and Vertical Jump Performance in Professional Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 31(2012), 149–158. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0016-6>
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295–310. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.295>
- Bastida Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., Pino Ortega, J., & de la Cruz Sánchez, E. (2017). Validity of an inertial system to measure sprint time and sport task time: a proposal for the integration of photocells in an inertial system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(4), 600–608. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1374633>
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2018). Effects of Plyometric and Directional Training on Speed and Jump Performance in Elite Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 289–296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371>
- Beato, M., Drust, B., & Iacono, A. Dello. (2021). Implementing High-speed Running and Sprinting Training in Professional Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 42(04), 295–299. <https://doi.org/10.1055/a-1302-7968>
- Beilock, S. (2010). *Choke: What the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. Simon and Schuster.
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A Review of the Effects of Physical Activity and Exercise on Cognitive and Brain Functions in Older Adults. *Journal of Aging Research*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/657508>
- Brechue, W. F., Mayhew, J. L., & Piper, F. C. (2010). Characteristics of Sprint Performance in College Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1169–



1178. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d68107>

Bushnell, n.d. Pristupljeno 25.8.2023. Dostupno na URL: <https://www.bushnell.com/additional-products/speed-guns/velocity-speed-gun/BU-101911.html>

Cacchio, A., Rompe, J. D., Furia, J. P., Susi, P., Santilli, V., & De Paulis, F. (2011). Shockwave Therapy for the Treatment of Chronic Proximal Hamstring Tendinopathy in Professional Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 146–153. <https://doi.org/10.1177/0363546510379324>

Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <https://doi.org/10.1080/02640410802448731>

Chaudhari, A. M., & Andriacchi, T. P. (2006). The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. *Journal of Biomechanics*, 39(2), 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.11.013>

Čoh, M. (2015). Savremena dijagnostika u sportu. *SPORT DANAS*, 1(1), 132–144.

Dietze-Hermosa, M., Montalvo, S., Gonzalez, M. P., Rodriguez, S., Cubillos, N. R., & Dorgo, S. (2021). Association and Predictive Ability of Jump Performance with Sprint Profile of Collegiate Track and Field Athletes. *Sports Biomechanics*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2000022>

Engebretsen, L., Soligard, T., Steffen, K., Alonso, J. M., Aubry, M., Budgett, R., Dvorak, J., Jegathesan, M., Meeuwisse, W. H., Mountjoy, M., Palmer-Green, D., Vanhegan, I., & Renström, P. A. (2013). Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *British Journal of Sports Medicine*, 47(7), 407–414. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092380>

Escobar-Alvarez, J. A., Carrasco, R., Olivares, P. R., Feu, S., Ramírez-Velez, R., & Pérez-Sousa, M. A. (2020). The validity and reliability of a novel mobile app to measure agility performance in the physically active youth population. *European Journal of Human Movement*, 45, 85–92. <https://doi.org/10.21134/eurjhm.2020.45.9>

- Graubner, R., & Nixdorf, E. (2009). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *Positions, 1*, 10.
- Guttman, A. (2004). *From ritual to record: The nature of modern sports*. Columbia university press.
- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports Medicine, 46*(5), 641–656. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0>
- Hirschmann, M. T., Davda, K., Rasch, H., Arnold, M. P., & Friederich, N. F. (2011). Clinical Value of Combined Single Photon Emission Computerized Tomography and Conventional Computer Tomography (SPECT/CT) in Sports Medicine. *Sports Medicine and Arthroscopy Review, 19*(2), 174–181. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3181ec8707>
- Jaworski, J., Lech, G., Żak, M., Witkowski, K., & Piepiora, P. (2023). Relationships between selected indices of postural stability and sports performance in elite badminton players: Pilot study. *Frontiers in Psychology, 14*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110164>
- Jiménez Morgan, S., & Molina Mora, J. A. (2017). Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 42*(3), 235–245. <https://doi.org/10.1007/s10484-017-9364-2>
- Johnson, T. M., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Khamoui, A. V, Tran, T. T., & Uribe, B. P. (2010). Effect of Four Different Starting Stances on Sprint Time in Collegiate Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(10), 2641–2646. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f159a3>
- Jones, J., & Hardy, L. E. (1990). *Stress and performance in sport*. John Wiley & Sons.
- Leeper, N. J., Myers, J., Zhou, M., Nead, K. T., Syed, A., Kojima, Y., Caceres, R. D., & Cooke, J. P. (2013). Exercise capacity is the strongest predictor of mortality in patients with peripheral arterial disease. *Journal of Vascular Surgery, 57*(3), 728–733. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2012.07.051>
- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable Performance Devices in Sports Medicine. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach, 8*(1), 74–78. <https://doi.org/10.1177/1941738115616917>

- Mayhew, J. L., Houser, J. J., Briney, B. B., Williams, T. B., Piper, F. C., & Brechue, W. F. (2010). Comparison Between Hand and Electronic Timing of 40-yd Dash Performance in College Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 447–451. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c08860>
- Moran, R. N., Hauth, J. M., & Rabena, R. (2018). The effect of massage on acceleration and sprint performance in track & field athletes. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 30, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2017.10.010>
- Mosley, E., & Laborde, S. (2022). A scoping review of heart rate variability in sport and exercise psychology. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1–75. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2022.2092884>
- Nie, Q., Zou, Y., & Lin, J. C.-W. (2021). Feature Extraction for Medical CT Images of Sports Tear Injury. *Mobile Networks and Applications*, 26(1), 404–414. <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01675-4>
- Nunes, L. A. S., & Macedo, D. V. D. (2013). Saliva as a diagnostic fluid in sports medicine: potential and limitations. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, 49, 247-255.
- Pompeo, N. (2011). DNA to play: major league baseball's use of DNA testing on Central and South American prospects in the age of the Genetic Information Nondiscrimination Act of 2008. *Health Matrix*, 21, 627.
- Raedeke, T. D., & Smith, A. L. (2001). Development and preliminary validation of an athlete burnout measure. *Journal of sport and exercise psychology*, 23(4), 281-306.
- Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Rodríguez-Juan, J. J., González-Hernández, J., Toscano-Bendala, F. J., Cuadrado-Peñafiel, V., & Balsalobre-Fernández, C. (2017). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 386–392. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031>
- Rubin, D. A. (2017). MRI of Sports Injuries in the Leg. *Current Radiology Reports*, 5(11), 61. <https://doi.org/10.1007/s40134-017-0254-4>
- Shalfawi, S. A., Sabbah, A., Kailani, G., Tønnessen, E., & Enoksen, E. (2011). The

- Relationship Between Running Speed and Measures of Vertical Jump in Professional Basketball Players: A Field-Test Approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3088–3092. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212db0e>Smith, R. E. (2012). *Sport psychology for youth coaches: Developing champions in sports and life*. Rowman & Littlefield.
- Soligard, T., Steffen, K., Palmer-Green, D., Aubry, M., Grant, M.-E., Meeuwisse, W., Mountjoy, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2015). Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *British Journal of Sports Medicine*, 49(7), 441–447. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094538>
- Stanton, R., Hayman, M., Humphris, N., Borgelt, H., Fox, J., Del Vecchio, L., & Humphries, B. (2016). Validity of a Smartphone-Based Application for Determining Sprinting Performance. *Journal of Sports Medicine*, 2016, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2016/7476820>
- Suits, B. (2007). The elements of sport. *Ethics in sport*, 2(3), 9-19.
- Tuite, M. J., & Kijowski, R. (2006). Sports-Related Injuries of the Elbow: An Approach to MRI Interpretation. *Clinics in Sports Medicine*, 25(3), 387–408. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.02.002>
- Vandenboom, R. (2016). Modulation of Skeletal Muscle Contraction by Myosin Phosphorylation. U *Comprehensive Physiology* (str. 171–212). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150044>
- Vitale, J. A., Bonato, M., La Torre, A. La, & Banfi, G. (2019). Heart Rate Variability in Sport Performance: Do Time of Day and Chronotype Play A Role? *Journal of Clinical Medicine*, 8(5), 723. <https://doi.org/10.3390/jcm8050723>
- VS Athletics, 10.02.2023. Pristupljeno 25.8.2023. Dostupno na URL: <https://www.vsathletics.com/store/finishlynx-etherlynx-vision-pro-timing-system.html>,
- VS Athletics, 11.6.2023. Pristupljeno 25.8.2023. Dostupno na URL: <https://www.vsathletics.com/store/Lynx-Photo-Cells.html>
- Windt, J., MacDonald, K., Taylor, D., Zumbo, B. D., Sporer, B. C., & Martin, D. T. (2020). „To Tech or Not to Tech?“ A Critical Decision-Making Framework for Implementing Technology in Sport. *Journal of athletic training*, 55(9), 902–910.

<https://doi.org/10.4085/1062-6050-0540.19>

Zhao, J. (2022). Application of MRI in the Prevention of Sports Injuries in Physical Education Teaching. *Scanning*, 2022, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2022/7738233>