

# MIŠIĆNA JAKOST I OPSEG POKRETA U PLIVANJU

---

Žgomba, Natali

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:753653>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ FIZIOTERAPIJA

Natali Žgomba

MIŠIĆNA JAKOST I OPSEG POKRETA U PLIVANJU

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Natali Žgomba

MUSCLE STRENGTH AND RANGE OF MOVEMENT IN SWIMMING

Master thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.

Diplomski rad obranjen je dana 16. rujna 2024. na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci pred Povjerenstvom za ocjenu i obranu rada u sastavu:

1. prof. dr. sc. Gordana Starčević-Klasan, dr. med., predsjednik Povjerenstva
2. doc. dr. sc. Mirela Vučković, mag. physioth., član Povjerenstva
3. doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh., član Povjerenstva

## Izješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci
Studij	Sveučilišni diplomski studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Diplomski rad
Ime i prezime studenta	Natali Žgomba
JMBAG	0351009806

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	Mišićna jakost i opseg pokreta u plivanju
Ime i prezime mentora	doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.
Datum predaje rada	6. 9. 2024.
Identifikacijski br. podneska	2446429685
Datum provjere rada	06-Sep-2024 11:11AM (UTC+0200)
Ime datoteke	Z_gomba_Natali_Mis_ic_na_jakost_i_opseg_pokreta_u_plivanju.docx
Veličina datoteke	2.65M
Broj znakova	81049
Broj riječi	14303
Broj stranica	51

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	9 %
-----------------	-----

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	6. 9. 2024.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	X
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

6. 9. 2024.

Potpis mentora



# SADRŽAJ

## SAŽETAK

## ABSTRACT

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	<b>6</b>
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	<b>7</b>
3.1. <i>Ispitanici</i> .....	7
3.2. <i>Postupak i instrumentarij</i> .....	7
3.3. <i>Statistička obrada podataka</i> .....	11
3.4. <i>Etički aspekti istraživanja</i> .....	12
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>14</b>
4.1. <i>Karakteristike uzorka istraživanja</i> .....	14
4.2. <i>Mjerenja mišićne jakosti rotatora nadlaktice</i> .....	14
4.3. <i>Mjerenje opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu</i> .....	20
<b>5. RASPRAVA</b> .....	<b>28</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>34</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>35</b>
<b>PRIVITCI</b> .....	<b>40</b>
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>43</b>

## SAŽETAK

**Uvod:** Plivanje dominantno koristi gornje ekstremitete kroz zaveslaje za stvaranje propulzivne sile potrebne za kretanje tijela prema naprijed u vodi. Posljedica kontinuiranih zaveslaja može biti pojava boli i/ili ozljede u ramenom obruču, a usko povezani čimbenici uključuju snagu ramena, disbalans mišića rotatorne manžete, opseg pokreta u ramenom zglobu i pretreniranost. **Ciljevi:** Glavni cilj je usporediti mišićnu jakost između unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica. Također, nastoji se ispitati povezanost mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opseg pokreta rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica. **Materijali i metode:** Istraživanje je obuhvatilo 38 pulskih plivača i plivačica rođenih između 2000. i 2012. godine. Provedba mjerenja mišićne jakosti rotatora nadlaktice prijenosnim fiksnim dinamometrom EasyForce® i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu digitalnim goniometrom EasyAngle® provela su se u dvorani unutar sportskog objekta „Gradski bazeni Dino Makovac“ u Puli. **Rezultati:** T-testom je utvrđeno da nema statistički značajne razlike između mišićne jakosti unutarnjih rotatora i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice ( $P = 0,241$ ). Mišićna jakost unutarnjih rotatora ( $P = 0,004$ ) te vanjskih rotatora ( $P = 0,007$ ) nadlaktice statistički je značajna kod plivača u odnosu na plivačice. Nema statistički značajne povezanosti između mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica jer Pearsonov koeficijent korelacije prema Coltonu spada u kategoriju nema povezanosti (od 0,00 do 0,25). **Zaključak:** Mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice nije se pokazala značajno većom od mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica.

**Ključne riječi:** mišićna jakost; opseg pokreta; plivanje; prijenosni fiksni dinamometar; rotatorna manžeta

## ABSTRACT

**Introduction:** Swimming uses the upper extremities dominantly through strokes to create the propulsive force needed to move the body forward in the water. The consequence of continuous strokes can be the onset of pain and/or injury in the shoulder girdle, with closely related factors including shoulder strength, muscle imbalance of the rotator cuff, range of motion in the shoulder joint, and overtraining. **Objectives:** The main objective is to compare the muscle strength between the internal and external rotators of the upper arm in male and female swimmers. Also, an attempt is made to examine the connection between the muscle strength of the upper arm rotator and the extent of rotational movement in the shoulder joint on the dominant arm in male and female swimmers. **Materials and Methods:** The research included 38 male and female swimmers from Pula, born between the year 2000 and 2012. Measurements of upper arm rotator muscle strength were taken with a portable fixed dynamometer EasyForce® and the range of motion of rotation in the shoulder joint were taken with a digital goniometer EasyAngle®. The measurements were carried out at the sports facility "Gradski bazeni Dino Makovac" in Pula. **Results:** The T-test revealed no statistically significant difference between the muscle strength of the internal rotators and the muscle strength of the external rotators of the upper arm ( $P = 0.241$ ). The muscle strength of the internal rotators ( $P = 0.004$ ) and external rotators ( $P = 0.007$ ) of the upper arm is statistically significant in male swimmers compared to female swimmers. There is no statistically significant relationship between the muscle strength of the rotator cuff and the range of motion of rotation in the shoulder joint on the dominant arm in male and female swimmers because the Pearson correlation coefficient according to Colton falls into the category of no relationship (from 0,00 to 0,25). **Conclusion:** The muscle strength of the internal rotators of the upper arm was not significantly higher than the muscle strength of the external rotators of the upper arm in male and female swimmers.

**Keywords:** muscle strength; portable fixed dynamometer; range of motion; rotator cuff; swimming

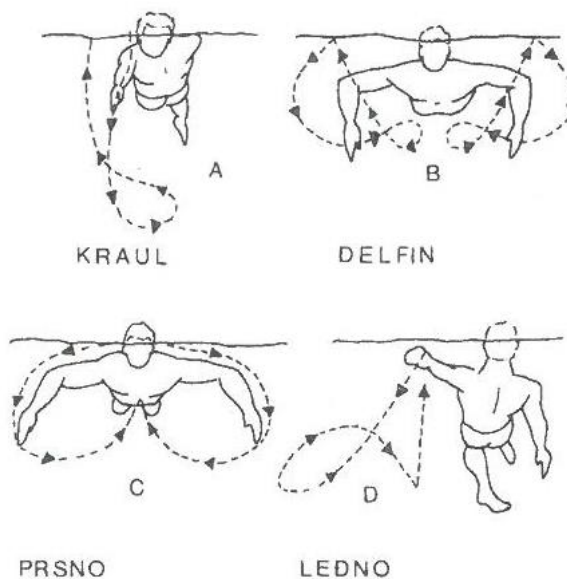


## 1. UVOD

Plivanje je, kada se analizira strukturalna složenost kinezioloških aktivnosti, zatvorena kretna struktura cikličnog karaktera jer se istovrsni pokreti ponavljaju tijekom gibanja, odnosno uključuje zatvorene i kontinuirane motoričke vještine (1, 2). Dakle, pripada skupini cikličnih monostrukturalnih sportskih aktivnosti, a njezina osnovna motorička manifestacija usmjerena je na održavanje i kretanje u specifičnim uvjetima, tj. u vodi (1, 3). Sportašima i sportašicama koji treniraju plivanje vodeni medij postaje njihovo „prirodno“ okruženje, dok je ostatku ljudske populacije inače strano jer plivanje nije sastavni dio motoričkog razvoja svake osobe i nije prirodni oblik kretanja čovjeka (4). Potrebno je spoznati vodu kao svojstven medij koji ima svoja fizikalna svojstva, a razumijevanjem i adekvatnim iskorištavanjem tih fizikalnih svojstava (uključujući međudjelovanje različitih sila) u korist plivača i plivačica postiže se u konačnici bolja ekonomičnost u plivanju i bolja tehnička izvedba te smanjenje nastanka akutnih ozljeda, sindroma prenaprezanja i rizika od pretreniranosti (3). Kretanje tijela plivača i plivačica kroz vodu stvara, između ostalog, dvije sile – silu propulzije i silu retropulzije (silu otpora) – koje se suprotstavljaju. Gledajući plivačku fazu bilo koje natjecateljske tehnike u plivanju, može se uočiti da adekvatna koordinacija svih segmenata tijela (disanje, zaveslaji rukama, stabilizacija i gibanje i rotacija trupa, rad nogu, odnosno stopala) plivača i plivačica dovodi do stvaranja propulzivne sile koja osigurava kretanje tijela prema naprijed u vodi, no treba uzeti u obzir da angažman pojedinih regija tijela mišićno-koštanog sustava (glava, gornji ekstremiteti, trup, donji ekstremiteti) nije jednak kod svih plivačkih tehnika (3, 5, 6, 7).

Natjecateljske plivačke tehnike – u koje se ubrajaju leptir (delfin), leđno, prsno, kraul (slobodno) – međusobno se razlikuju po svojim određenim karakteristikama, stoga je važno znati i razumjeti kako su sve navedene tehnike specifične same po sebi u vidu biomehanike i kinematike (8, 9). Također, nema plivača i plivačica s istim stilom plivanja u bilo kojoj od navedenih natjecateljskih tehnika u plivanju, već svatko od njih ima individualan stil plivanja pa je samim time bilo koja problematika u vezi plivanja (mehanizam nastanka ozljede, trenažni proces, rehabilitacija i dr.) složenija te zahtijeva individualan pristup. No, činjenično se može kazati kako glavninu propulzivne sile za kretanje tijela prema naprijed u bilo kojoj natjecateljskoj plivačkoj tehnici stvaraju gornji ekstremiteti kroz zaveslaje koji primarno uključuju pokrete unutarnje rotacije i

adukcije u ramenom zglobu (Slika 1) (10, 11). U odnosu na druge sportove, gdje se za kretanje koristi sila reakcije podloge i snaga prenesena s nogu preko trupa i lopatice te snaga iz ruku, plivanje se izdvaja u svojoj posebnosti, a to je da u biomehanici plivanja snaga dolazi iz mišića ramenog obruča što znači da ramena zajedno s nadlakticama, podlakticama i šakama predstavljaju propulzivni mehanizam (12). Neovisno o natjecateljskoj plivačkoj disciplini za koju su se pojedini plivač i plivačica opredijelili, kraul tehnika sastavni je dio u trenažnom procesu i to čak 80 % kako bi se razvila aerobna izdržljivost te razvili i poboljšali tehnički aspekti ostalih natjecateljskih tehnika u plivanju (5). Istražena je tvrdnja da u kraul tehnici 85 do 90 % propulzije dolazi od gornjih ekstremiteta, dok preostalih malih 15 do 10 % dolazi od donjih ekstremiteta (13, 14). Uz navedeno treba imati i na umu kako na tjednoj bazi plivači i plivačice izvode preko 60 000 rotacije, odnosno preko 4000 zaveslaja za jedno rame u jednom treningu zbog čega su mišići i zglobovi ramenog obruča pod konstantnim opterećenjem i stresom (15, 16). Stoga nije čudno da je lokomotorni sustav ramena plivača i plivačica u središtu pažnje znanstvenih stručnjaka i plivačkih trenera (12). Kod plivača i plivačica visoka je stopa pojave ozljede upravo zbog ponavljajućih ciklusa zaveslaja, stoga nije ni čudna spoznaja da je prevalencija ozljeda ramena u rasponu od 40 % do 91 %, što je daleko više od mišićno-koštanih ozljeda drugih regija tijela (17, 18).



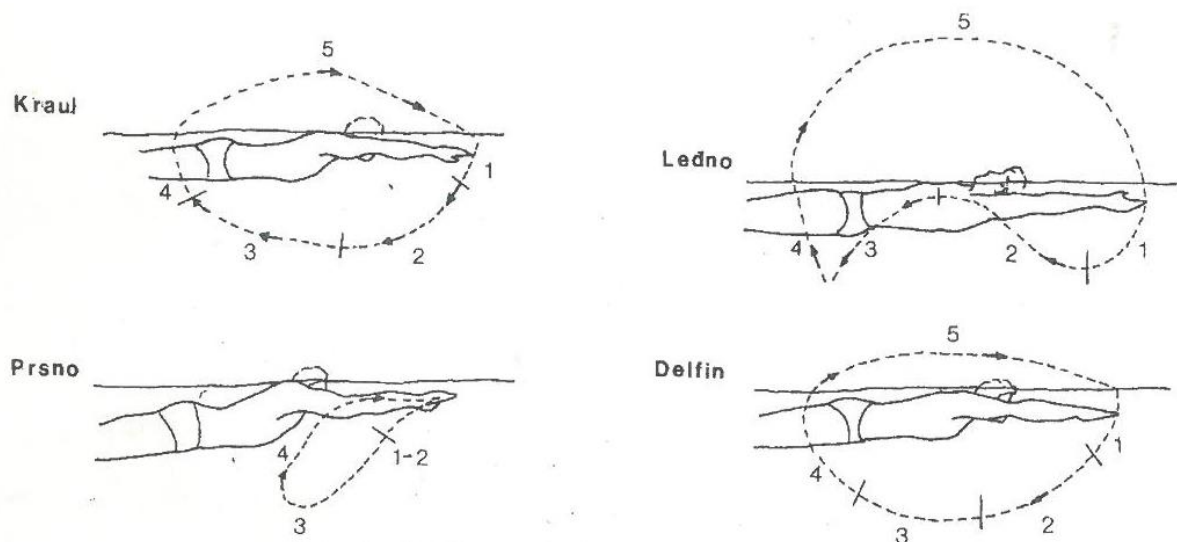
Slika 1. Prikaz zaveslaja iz frontalne ravnine za svih četiri natjecateljskih plivačkih tehnika  
 Izvor slike: Volčanšek B. Sportsko plivanje: plivačke tehnike i antropološka analiza plivanja.  
 Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu; 1996.

Što se tiče pripremljenosti plivača i plivačica u trenažnom procesu, jako mnogo aspekata pripreme utječe na daljnje treninge i natjecanja, a to su: tjelesna priprema, tehnička priprema, taktička priprema, psihička priprema, intelektualna priprema i integralna priprema (sinteza svih sadržaja trenažnog procesa) (19). Unutar pripreme kod plivača i plivačica može se identificirati čitav niz čimbenika koji posljedično utječu na nastanak određenih problema u ramenom obruču, a neki od njih su: snaga ramena, izdržljivost ramena, biomehanika zaveslaja, disbalans (neravnoteža) mišića agonista i antagonista ramenog zgloba (rotatorna manžeta i drugi mišići), prethodne ozljede, raspon opsega pokreta u zglobovima ramenog obruča, pretreniranost, trenažni proces te kvaliteta i kvantiteta odmora (10, 13). U literaturi se također predlažu i drugi čimbenici koji mogu predstavljati rizik za ozljedu ramena kod plivača i plivačica, a uključuju: raspon pokreta i labavost u ramenom zglobu, diskineziju lopatice (abnormalan pokret ili pozicioniranje lopatice tijekom pokreta ramena), spol, natjecateljsku razinu (izloženost većim kroničnim opterećenjima – npr. tjedni obujam treninga plivanja) i preplivanu udaljenost (20, 21). Čimbenici koji su se kroz provedeno istraživanje u sklopu ovog rada željeli propitkivati i istražiti su mišićna jakost unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice te opseg pokreta unutarnje i vanjske rotacije u ramenom zglobu kod plivača i plivačica s obzirom na to da ovi faktori mogu imati značajnu ulogu u nastanku ozljede u ramenom obruču kod plivača i plivačica. Recentna literatura pokazuje oprečne rezultate koji su u raspravljачkom dijelu rada detaljnije objašnjene, no nalazi uglavnom pokazuju veću mišićnu neravnotežu između unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica (22). Što se tiče opsega pokreta unutarnje i vanjske rotacije ramenog zgloba, u recentnoj literaturi naglašava se nedostatak dosljednosti u razumijevanju kako opterećenje u plivanju može utjecati na opseg pokreta unutarnje i vanjske rotacije u ramenom zglobu (23). Povezanost mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu trenutačno nisu istraženi na plivačkoj populaciji, već se u recentnoj literaturi, primjerice, može pročitati o povezanosti predsezonskih konvencionalnih omjera mišićne jakosti rotatora ramena (koncentrična kontrakcija vanjskih rotatornih mišića u omjeru s koncentričnom kontrakcijom unutarnjih rotatornih mišića ramena, ekscentrična kontrakcija vanjskih rotatornih mišića u omjeru s ekscentričnom kontrakcijom unutarnjih rotatornih mišića ramena) s povećanjem rizika od razvoja ozljede ramena te o povezanosti predsezonskih funkcionalnih omjera mišićne jakosti rotatora ramena (ekscentrična kontrakcija vanjskih rotatornih mišića u omjeru s koncentričnom kontrakcijom unutarnjih rotatornih mišića ramena, ekscentrična kontrakcija unutarnjih rotatornih mišića u

omjeru s koncentričnom kontrakcijom vanjskih rotatornih mišića ramena) (24). Također, recentna se literatura uglavnom bavi istraživanjem raznih rizičnih čimbenika (prethodna povijest boli u ramenu, visoki ili niski opseg pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu) povezanih s pojavom boli ili ozljede u ramenu, kao i istraživanjem odnosa između umora i potencijalnog mehanizma patologije ramena kod plivača i plivačica (korelacija između raspona vanjske rotacije ramena i dužine zaveslaja prije ili poslije zamora, korelacija između snage vanjske rotacije ramena i dužine zaveslaja prije i poslije zamora) (20, 25).

Svako veliko fizičko opterećenje u konačnici utječe na promjene koje se javljaju u živčanom i mišićno-koštanom sustavu. U plivanju, kao posljedica opterećenja tijekom trenajnih procesa, dolazi do hipertrofije primarnih mišićnih skupina koje sinkronizirano i racionalno sudjeluju u ciklusima zaveslaja, posebno kod plivača i plivačica koji su prethodno kvalitetno usvojili pokrete u plivanju. Kako je plivanje cikličnog karaktera, mišićna aktivnost odvija se u fazama, pri čemu se stalno izmjenjuju faze maksimalnog naprežanja u propulziji i faze relaksacije, odnosno laganog naprežanja mišića antagonista u retropulziji (Slika 2.) (3). U ovoj priči važni su mišići rotatorne manžete, njih četiri, jer je primarno riječ o rotatorima koji djeluju u ramenom zglobu, a pristupaju ramenom zglobu sa stražnje, gornje i prednje strane. Mišići rotatorne manžete (orukvice) su: *m. subscapularis*, *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus* i *m. teres minor* (26, 27). Svim mišićima je zajednička polazišna točka lopatica (lat. *scapula*), a završna točka nadlaktična kost (lat. *humerus*), no mjesta polazišta na lopatici i mjesta hvatišta na nadlaktičnoj kosti nisu ista za sve mišiće. *M. subscapularis* polazi od istoimene *fossa subscapularis* na lopatici i hvata se na *tuberculum minus* na nadlaktičnoj kosti te joj je glavna funkcija u izvedbi unutarnje rotacije u ramenom zglobu (27). *M. supraspinatus* polazi od *fossa supraspinata* na lopatici, prolazi iznad ramenog zgloba i hvata se na *tuberculum majus* na nadlaktičnoj kosti, a njezina funkcija se očituje u početnom pokretu abdukcije ramena od 0° do 15° (26). *M. infraspinatus* polazi od *fossa infraspinata* na lopatici te se hvata na *tuberculum majus* na nadlaktičnoj kosti, a ima ulogu u vanjskoj rotaciji nadlaktice (27). *M. teres minor* polazi od *margo lateralis* lopatice i hvata se, kao i prethodna dva mišića, na *tuberculum majus* na nadlaktičnoj kosti te zajedno s *m. infraspinatus* sudjeluje u vanjskoj rotaciji u ramenom zglobu (27). Osim navedenih uloga pojedinih mišića rotatorne manžete, treba spomenuti kako rotatorna manžeta primarno dinamički stabilizira rameni zglob kroz kompresiju glave nadlaktične kosti prema zglobnoj ploštini na lopatici (lat. *cavitas glenoidalis*) (26). Ovi

mišići su, uz druge mišiće i mišićne skupine, izuzetno važni kod plivača i plivačica, te je potrebno raditi na njihovom snaženju kako bi tehnička izvedba bila bolja i ekonomičnija, uz smanjenje rizika od pojave boli i/ili ozljede.



Slika 2. Prikaz zaveslaja ruku u propulzivnom dijelu faze i retropulzivnom dijelu faze  
 Brojevi 1-4, osim kod prsne tehnike, predstavljaju propulzivni dio zaveslaja ruku, dok 4 kod  
 prsne tehnike i 5 kod ostalih tehnika predstavljaju retropulzivni dio zaveslaja ruku  
 Izvor slike: Volčanšek B. Sportsko plivanje: plivačke tehnike i antropološka analiza plivanja.  
 Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu; 1996.

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

U ovom istraživanju glavni cilj obuhvaća usporedbu mišićne jakosti između unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica. Iz glavnog cilja proizlaze sljedeći specifični ciljevi:

**C1:** Usporediti mišićnu jakost unutarnjih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica.

**C2:** Usporediti mišićnu jakost vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica.

**C3:** Ispitati povezanost između mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica.

**C4:** Ispitati povezanost između mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica.

Sukladno postavljenim ciljevima, formulirane su sljedeće hipoteze:

**H1:** Mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice značajno je veća u odnosu na mišićnu jakost vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica.

**H2:** Mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice značajno je veća u plivača, nego u plivačica.

**H3:** Mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice značajno je veća u plivača, nego u plivačica.

**H4:** Mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci je u pozitivnoj korelaciji s opsegom pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica.

**H5:** Mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci je u pozitivnoj korelaciji s opsegom pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica.

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. *Ispitanici*

U istraživanju je sudjelovala populacija sportaša i sportašica koji treniraju plivanje u rasponu od 2000. do 2012. godišta. Prigodni uzorak od ukupno 38 ispitanika činili su plivači i plivačice iz plivačkih klubova na području grada Pule. Istraživanje je provedeno u tri dana u srpnju 2024. godine u dvorani koja se nalazi u sklopu sportskog objekta „Gradski bazeni Dino Makovac“ u Puli. Kriteriji isključivanja bili su: 1) registriran/a u drugom plivačkom klubu izvan Istarske županije; 2) manje od tri godine bavljenja plivanjem; 3) ozljeda gornjih ekstremiteta unazad šest mjeseci od srpnja 2024. godine; 4) operacija gornjih ekstremiteta u anamnezi.

#### 3.2. *Postupak i instrumentarij*

Istraživanje je započelo nakon odobrenja Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, uz suglasnost voditelja sportskog objekta „Gradski bazeni Dino Makovac“ u Puli te uz dozvolu i pomoć plivačkih klubova na području grada Pule za kontaktiranje roditelja maloljetnih plivača i plivačica, kao i za kontaktiranje punoljetnih plivača i plivačica. Postupci istraživanja provedeni su u dvorani koja se nalazi unutar sportskog objekta „Gradski bazeni Dino Makovac“ u Puli, gdje su plivači i plivačice dolazili u dogovorenom terminu prije ili poslije svojeg plivačkog ili suhog treninga. Mjerenja su provedena individualno i po svakom ispitaniku je trajalo dvadeset minuta.

Za potrebe testiranja postavljenih hipoteza u ovom istraživanju koristila su se dva mjerna instrumenta koja su u vlasništvu tvrtke Meloq AB iz Švedske. Prvi mjerni instrument koji se koristio za mjerenje varijable mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice i varijable mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice je prijenosni ručni fiksni digitalni dinamometar EasyForce®. Drugi mjerni instrument koji je korišten za mjerenje varijable opsega pokreta unutarnje i vanjske rotacije u ramenom zglobu je digitalni goniometar EasyAngle®. Uređaji su standardizirani i licencirani te je za njihovo korištenje dobivena dozvola od Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci.

Prijenosni ručni fiksni digitalni dinamometar EasyForce® pripada *pull* dinamometriji zato što se njegova dva kraja ručke fiksiraju za određeni segment ispitanika odnosno određenu fiksnu podlogu (Slika 3.). Na jednom kraju nalazi se ručka za remen koji se može fiksirati za stol, krevet, ili okvir vrata, odnosno za neki fiksni predmet ili pak na osobu oko njezina struka ili noge. Na drugom kraju nalazi se ručka za remen s manžetom koji se stavlja na određeni segment ispitanika, ovisno o tome kojoj grupi mišića ili kojem mišiću se želi mjeriti mišićna jakost. Za potrebe mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora u ovom istraživanju, na jednom kraju ručke postavljen je dugački lanac koji se fiksirao za švedske ljestve, dok je na drugom kraju ručke dinamometra postavljen remen s manžetom koji je bio pričvršćen na distalni dio podlaktice ispitanika. Za potrebe mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora u ovom istraživanju, na jednom kraju ručke postavljen je manji lanac koji se fiksirao za bedreni dio noge asistenta, dok je na drugom kraju ručke dinamometra postavljen remen s manžetom koji je bio pričvršćen na distalni dio podlaktice ispitanika. Tijekom mjerenja uređaj prikazuje sljedeće parametre: vrijeme pod kontrakcijom u sekundama (s), vrijeme do postizanja vršne sile u sekundama (s), vršna sila (engl. *peak force*) u njutnima (N) i prosječna sila (engl. *average force*) u njutnima (N) (28). No, u ovom istraživanju su se zapisivali samo rezultati vršnih sila, odnosno mišićne jakosti u njutnima.



Slika 3. Prijenosni ručni fiksni digitalni dinamometar EasyForce®  
Izvor slike: <https://meloqdevices.com/products/digital-dynamometer-easyforce>

Digitalni goniometar EasyAngle® ima ekran na kojem se može podesiti ravnalo koje služi za lakše poravnanje s određenim segmentom, ovisno o tome u kojem zglobu i koji pokret se mjeri (Slika 4.). Pri mjerenju uređaj prikazuje rezultat opsega pokreta u kutnim stupnjevima (°), pri čemu se



prikazuju dva kuta čiji zbroj iznosi  $180^\circ$  – jedan koji predstavlja stvarni izmjereni kut i drugi koji predstavlja dodatni kut ( $180^\circ$  minus stvarni kut) (29).



Slika 4. Digitalni goniometar EasyAngle®

Izvor slike: <https://meloqdevices.com/products/digital-goniometer-easyangle>

Prije provedbe glavnih mjerenja, prikupili su se osnovni podaci od svakog ispitanika – šifra ispitanika (npr. 001, 002, 003 itd.) umjesto imena i prezimena onim redoslijedom kako su ispitanici dolazili na mjerenje, spol, godište, visina, masa, dominantna i nedominantna ruka, plivački klub u kojem je ispitanik registriran, broj godina bavljenja plivanjem, ozljeda gornjih ekstremiteta šest mjeseci unazad od srpnja 2024. godine te operacija na gornjim ekstremitetima u anamnezi. Ispitanici su prethodno zamoljeni da nose majice kratkih rukava kako bi se olakšala i precizirala provedba mjerenja.

Za mjerenje opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu svi ispitanici su dobili uputu da se pozicioniraju u ležećem položaju na trbuhu s rukom u položaju abdukcije pod  $90^\circ$  i laktom u položaju fleksije pod  $90^\circ$ , dok podlaktica i šaka slobodno vise preko ruba stola (30). Ispitanici su na znak ispitivača izveli pokret unutarnje rotacije u ramenom zglobu u odgovarajućem smjeru. Pokret se mjerio na svakoj ruci tri puta u kontinuitetu, a rezultati su se izrazili u kutnim stupnjevima ( $^\circ$ ). Normalni raspon opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu iznosi  $70^\circ$  do  $90^\circ$  (30, 31). Za mjerenje opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu svi ispitanici su dobili uputu da se pozicioniraju u ležećem položaju na leđima s rukom u položaju abdukcije pod  $90^\circ$  i laktom

u položaju fleksije pod  $90^\circ$ , dok podlaktica i šaka slobodno vise preko ruba stola (30). Ispitanici su na znak ispitivača izveli pokret vanjske rotacije u ramenom zglobu u odgovarajućem smjeru. Pokret se mjerio na svakoj ruci tri puta u kontinuitetu, a rezultati su se izrazili u kutnim stupnjevima ( $^\circ$ ). Normalni raspon opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu iznosi  $90^\circ$  (30, 31).

Nakon provedbe mjerenja opsega pokreta napravila se priprema dinamometra i ispitanika za provedbu mjerenja mišićne jakosti unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice. Za mjerenje mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice svi ispitanici su dobili uputu da se pozicioniraju u ležećem položaju na trbuhu s rukom u položaju abdukcije pod  $90^\circ$  i laktom u položaju fleksije pod  $90^\circ$ , dok podlaktica i šaka slobodno vise preko ruba stola (30). Dinamometar je jednim krajem pomoću dugog lanca fiksiran za švedske ljestve, a drugim krajem je pomoću remena s manžetom pričvršćen na distalni dio podlaktice ispitanika. Nakon pozicioniranja ispitanika, ispitivač je resetirao dinamometar na 0 njutna te su ispitanici na znak ispitivača primijenili silu u odgovarajućem smjeru i u vremenskom trajanju od pet sekundi. Mjerenje mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice mjerilo se tri puta u kontinuitetu na obje ruke ispitanika te su se rezultati izrazili u mjernoj jedinici njutn (N). Za mjerenje mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice svi ispitanici su dobili uputu da se pozicioniraju u ležećem položaju na leđima s rukom u položaju abdukcije pod  $90^\circ$  i laktom u položaju fleksije pod  $90^\circ$ , dok podlaktica i šaka slobodno vise preko ruba stola (30). Dinamometar je jednim krajem pomoću kraćeg lanca fiksiran za bedrenu nogu asistenta, a drugim krajem je pomoću remena s manžetom pričvršćen na distalni dio podlaktice ispitanika. Nakon pozicioniranja ispitanika, ispitivač je resetirao dinamometar na 0 njutna te su ispitanici na znak ispitivača primijenili silu u odgovarajućem smjeru i u vremenskom trajanju od pet sekundi. Mjerenje mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice mjerilo se tri puta u kontinuitetu na obje ruke ispitanika te su se rezultati izrazili u mjernoj jedinici njutn (N).

Sva mjerenja provodio je jedan ispitivač uz pomoć jednog asistenta. Tijekom mjerenja opsega pokreta i mišićne jakosti, svi ispitanici dobivali su usmenu potporu od ispitivača. Svi prikupljeni osnovni podaci ispitanika te rezultati svih navedenih mjerenja upisali su se u obrazac koji je izrađen za potrebe ovog istraživanja (Privitak B).

Kvaliteta prikupljanja podataka za sve ispitanike koji su sudjelovali u istraživanju osigurana je izjednačavanjem uvjeta istraživanja na način da su svi ispitanici prošli jednaku proceduru mjerenja – od prikupljanja osnovnih podataka o ispitaniku, mjerenja opsega pokreta do mjerenja mišićne jakosti. Nadalje, ispitivač je proveo pretestiranje kako bi se uvidjela shema rada s uređajem, što je olakšalo i ubrzalo proces provedbe mjerenja te su ispitanici dobili stručan i profesionalan pristup od strane ispitivača i asistenta.

### *3.3. Statistička obrada podataka*

Mjerenjem pomoću prijenosnog ručnog fiksno digitalnog dinamometra dobivene su varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice, koje pripadaju kvantitativnim, odnosno numeričkim podacima i izražene su u mjernoj jedinici njutn (N) zbog čega pripadaju intervalnoj ljestvici. Za statističku analizu podataka korištena je srednja vrijednost rezultata od ukupno tri uzastopna mjerenja vršne sile sa svake ruke za svakog ispitanika.

Prije testiranja prve hipoteze (H1) provedeno je testiranje normalnosti raspodjele podataka pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa. Deskriptivna statistika za varijablu mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice obuhvaćala je prikaz aritmetičke sredine i standardne devijacije zbog toga što se raspodjela podataka pokazala normalnom. Deskriptivna statistika za varijablu mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice obuhvaćala je prikaz medijana i raspona te minimalne i maksimalne vrijednosti unutar raspona zbog toga što raspodjela podataka odstupa od normale. Prva hipoteza testirana je parametrijskim Studentovim testom, odnosno t-testom za nezavisne uzorke.

Kod testiranja druge (H2) i treće (H3) hipoteze dodatno je mjerena i varijabla spol, koja je kvalitativni, odnosno opisni podatak zbog čega pripada nominalnoj ljestvici. Podaci su bili kodirani kao muški spol (plivač) = 0 te ženski spol (plivačica) = 1. Za varijablu spol analizirane su apsolutne frekvencije unutar deskriptivne statistike. Deskriptivna statistika za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica te varijable mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice plivačica obuhvaćala je prikaz aritmetičke sredine i standardne devijacije jer se Kolmogorov-Smirnovljevim testom pokazalo kako raspodjela podataka odgovara normalnoj

distribuciji. Stoga su druga i treća hipoteza testirane parametrijskim Studentovim testom, odnosno t-testom za nezavisne uzorke.

Mjerenjem pomoću digitalnog goniometra dobivene su varijable opseg pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu i opseg pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu, koje pripadaju kvantitativnim, odnosno numeričkim podacima i izražene su u mjernoj jedinici kutni stupanj ( $^{\circ}$ ) zbog čega pripadaju omjernoj ljestvici. Za statističku analizu podataka korištena je srednja vrijednost rezultata od ukupno tri uzastopna mjerenja s dominantne ruke za svakog ispitanika.

Za testiranje četvrte hipoteze (H4) mjerene su dvije varijable: mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i opseg pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu. Za testiranje pete hipoteze (H5) mjerene su dvije varijable: mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice i opseg pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu. Deskriptivna statistika svih navedenih varijabli obuhvaćala je prikaz aritmetičke sredine i standardne devijacije jer se Kolmogorov-Smirnovljevim testom pokazalo kako raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji. Inferencijalna statistika za četvrtu i petu hipotezu obuhvaćala je izračunavanje mjere povezanosti ( $r$ ), koeficijenta determinacije ( $R$ , odnosno  $r^2$ ) i razine statističke značajnosti ( $P$  vrijednost). Za testiranje četvrte i pete hipoteze korišten je Pearsonov koeficijent korelacije jer je raspodjela podataka normalna i povezanost je linearna, a značenje koeficijenta korelacije prikazano je prema Coltonu.

Statistička značajnost za sve hipoteze prikazana je kao  $P < 0,05$  (5 %). Svi dobiveni rezultati obrađeni su u programu Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.).

#### *3.4. Etički aspekti istraživanja*

Etički aspekt provedbe istraživanja osiguran je zatraživanjem dozvole od Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci. Osim dozvole od navedenog Etičkog povjerenstva, zatražena je i dozvola od uprave „Pula usluge i upravljanje d.o.o.“, odnosno od voditelja sportskog objekta „Gradski bazeni Dino Makovac“ te dozvola i pomoć od plivačkih klubova na području grada Pule za kontaktiranje roditelja maloljetnih plivača i plivačica te za kontaktiranje punoljetnih plivača i plivačica. Prije početka provođenja istraživanja, roditelji maloljetnih plivača i plivačica te punoljetni plivači i plivačice dobili su obavijest za

ispitanike u kojem ih se informiralo o samoj provedbi istraživanja (cilj istraživanja, što će se i kako će se mjeriti), kao i o tome kako je sudjelovanje u istraživanju u potpunosti dobrovoljno te kako ispitanik u bilo kojem trenutku može odustati od daljnjeg sudjelovanja u istraživanju bez potrebe za navođenjem razloga odustajanja. Uz obavijest, dobili su i informirani pristanak koji su morali potpisati ako su dozvoljavali svom djetetu da dobrovoljno sudjeluje u istraživanju, odnosno ako su sami željeli dobrovoljno sudjelovati u istraživanju. Anonimnost ispitanika osigurana je šifriranjem njihovog identiteta na način da je svakom ispitaniku dodijeljen troznamenasti broj (npr. 001, 002, 003), čime ispitivač i asistent ne znaju o kojoj osobi se radi. Pristup bazi podataka ima samo ispitivač, a podaci će se čuvati u papirnatom i elektroničkom obliku u periodu od 10 godina, računajući od prvog dana provedbe prikupljanja osnovnih podataka ispitanika i mjerenja.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Karakteristike uzorka istraživanja

Tablica 1. prikazuje karakteristike prigodnog uzorka ovog istraživanja kojeg čini ukupno 38 plivača i plivačica od 2000. do 2012. godišta. Za sve varijable prikazani su aritmetička sredina i standardna devijacija jer se pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo kako su  $P$  vrijednosti varijabli godišta, tjelesne visine i tjelesne mase veće od 0,05 ( $P > 0,05$ ) zbog čega se može zaključiti da raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji.

Od ukupno 38 ispitanika, 21 je iz Plivačkog kluba Arena, dok je preostalih 17 ispitanika iz Plivačkog kluba Pula. Što se tiče dominantnosti ruke, 31 ispitanik naveo je desnu ruku kao dominantnu, dok je kod preostalih sedam ispitanika dominantna lijeva ruka.

Tablica 1. Karakteristike prigodnog uzorka istraživanja

Varijable	Spol	N	$\bar{x}$	SD	KS test ( $P$ vrijednost)
Godište	0	24	2009,95	2,66	$P < 0,10$
Tjelesna visina (cm)	0	24	168,71	13,39	$P > 0,20$
Tjelesna masa (kg)	0	24	58,54	15,40	$P > 0,20$
Godište	1	14	2011,21	0,89	$P > 0,20$
Tjelesna visina (cm)	1	14	161,71	7,31	$P > 0,20$
Tjelesna masa (kg)	1	14	48,57	7,62	$P > 0,20$

Legenda: cm = centimetar; kg = kilogram; 0 = muški spol; 1 = ženski spol; N = broj ispitanika;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test;  $P$  = razina statističke značajnosti

### 4.2. Mjerenja mišićne jakosti rotatora nadlaktice

Mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice svih ispitanika izmjereni su u ležećem položaju na trbuhu odnosno u ležećem položaju na leđima dok je nadlaktica bila u abdukciji pod  $90^\circ$ , lakat bio u fleksiji pod  $90^\circ$ , a podlaktica i šaka slobodno visili preko ruba stola. Izvođenje pokreta u određenom smjeru mjerilo se prijenosnim ručnim fiksnim digitalnim dinamometrom EasyForce® u trajanju od pet sekundi. Dobiveni podaci o mišićnoj jakosti prikazani su kroz tri uzastopna mjerenja vršne sile, odnosno *peak force* (PF) u mjernoj jedinici njutn (N) za svih 38 ispitanika.

U Tablici 2. prikazani su rezultati vršnih sila za sva tri uzastopna mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke, uključujući aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja vršnih sila mišićne jakosti za svakog ispitanika.

Tablica 2. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice desne i lijeve ruke

Ispitanici	Desna ruka				Lijeva ruka			
	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)
1	247	255	239	247,00	301	297	282	293,33
2	206	203	235	214,67	170	177	183	176,67
3	225	159	201	195,00	178	185	166	176,33
4	144	146	158	149,33	165	134	135	144,67
5	100	114	119	111,00	88	96	105	96,33
6	137	135	119	130,33	134	114	119	122,33
7	111	113	115	113,00	122	103	102	109,00
8	117	110	108	111,67	105	114	104	107,67
9	114	133	135	127,33	123	137	127	129,00
10	104	111	109	108,00	109	114	113	112,00
11	119	114	90	107,67	136	115	119	123,33
12	274	291	281	282,00	280	307	280	289,00
13	144	165	138	149,00	136	138	150	141,33
14	143	130	142	138,33	162	137	153	150,67
15	163	152	141	152,00	139	148	154	147,00
16	229	238	253	240,00	200	230	205	211,67
17	86	80	80	82,00	83	78	92	84,33
18	78	84	88	83,33	62	65	82	69,67
19	89	91	90	90,00	84	77	78	79,67
20	80	97	100	92,33	86	83	88	85,67
21	96	107	125	109,33	101	105	104	103,33
22	73	76	68	72,33	55	58	59	57,33
23	206	223	214	214,33	173	197	204	191,33
24	172	180	170	174,00	144	143	115	134,00
25	226	133	100	153,00	106	103	95	101,33
26	289	295	299	294,33	277	264	273	271,33
27	157	156	158	157,00	160	150	153	154,33
28	148	152	212	170,67	148	168	231	182,33
29	131	91	120	114,00	106	125	153	128,00
30	155	118	123	132,00	99	104	86	96,33
31	158	169	164	163,67	143	152	146	147,00
32	176	180	163	173,00	165	149	161	158,33
33	129	124	118	123,67	139	139	126	134,67
34	128	130	124	127,33	119	119	110	116,00
35	75	65	77	72,33	75	84	78	79,00
36	105	90	102	99,00	105	114	108	109,00
37	117	116	118	117,00	105	117	132	118,00
38	107	108	116	110,33	95	107	103	101,67

Legenda: PF 1 = vršna sila prvog mjerenja; PF 2 = vršna sila drugog mjerenja; PF 3 = vršna sila trećeg mjerenja; PF  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja vršnih sila; N = njutn

Tablica 3. prikazuje rezultate vršnih sila dobivenih tijekom tri uzastopna mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke, kao i aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja vršnih sila mišićne jakosti za svakog ispitanika.

Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice desne i lijeve ruke

Ispitanici	Desna ruka				Lijeva ruka			
	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)
1	268	258	247	257,67	247	244	248	246,33
2	187	165	187	179,67	157	170	180	169,00
3	157	175	139	157,00	190	145	168	167,67
4	153	126	135	138,00	98	117	117	110,67
5	116	127	121	121,33	116	122	101	113,00
6	99	108	116	107,67	126	133	133	130,67
7	154	140	138	144,00	146	108	158	137,33
8	125	112	103	113,33	90	108	111	103,00
9	163	156	159	159,33	114	120	132	122,00
10	123	128	119	123,33	126	132	132	130,00
11	91	108	103	100,67	126	122	91	113,00
12	207	181	184	190,67	238	221	192	217,00
13	113	122	135	123,33	103	142	101	115,33
14	68	57	79	68,00	114	103	111	109,33
15	126	171	181	159,33	170	161	163	164,67
16	237	254	242	244,33	205	221	198	208,00
17	99	77	83	86,33	68	63	76	69,00
18	71	64	73	69,33	88	98	94	93,33
19	122	119	97	112,67	102	97	97	98,67
20	112	104	113	109,67	86	94	110	96,67
21	105	101	92	99,33	97	112	107	105,33
22	110	94	74	92,67	89	80	80	83,00
23	171	153	173	165,67	164	172	154	163,33
24	91	125	125	113,67	117	101	99	105,67
25	119	135	116	123,33	117	129	134	126,67
26	255	343	250	282,67	239	238	237	238,00
27	156	130	135	140,33	131	126	124	127,00
28	157	140	142	146,33	116	128	126	123,33
29	110	118	116	114,67	119	110	109	112,67
30	116	114	125	118,33	78	93	105	92,00
31	141	151	148	146,67	123	130	154	135,67
32	156	171	181	169,33	158	155	149	154,00
33	145	115	105	121,67	142	122	136	133,33
34	115	118	110	114,33	112	102	83	99,00
35	87	91	86	88,00	85	68	69	74,00
36	111	105	112	109,33	95	95	105	98,33
37	104	108	109	107,00	117	113	91	107,00
38	100	73	89	87,33	99	113	102	104,67

Legenda: PF 1 = vršna sila prvog mjerenja; PF 2 = vršna sila drugog mjerenja; PF 3 = vršna sila trećeg mjerenja; PF  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja vršnih sila; N = njutn



Prije testiranja prve hipoteze provedena je deskriptivna statistika i testirana je raspodjela podataka Kolmogorov-Smirnovljevim testom za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke svih ispitanika ( $N = 76$ ) (Tablica 4.). Za varijablu mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice prikazani su aritmetička sredina i standardna devijacija iz razloga što je Kolmogorov-Smirnovljev test pokazao kako raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji ( $P > 0,05$ ). Međutim, za varijablu mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice se pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo kako raspodjela podataka odstupa od normalne distribucije zbog čega su prikazani medijan i raspon, odnosno minimalna i maksimalna vrijednost.

Tablica 4. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice

<b>varijable</b>	<b>N</b>	$\bar{x}$	<b>SD</b>	<b>C</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>R</b>	<b>KS test (P)</b>
<b>mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice (njutn, N)</b>	76	141,24	55,30	-	-	-	-	$P < 0,20$
<b>mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice (njutn, N)</b>	76	-	-	119,83	68,00	282,67	214,67	$P < 0,05$

Legenda: N = broj ispitanika (desna i lijeva ruka);  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; C = medijan (centralna vrijednost); Min = minimalna vrijednost; Max = maksimalna vrijednost; R = raspon; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test; P = razina statističke značajnosti

U Tablici 5. prikazana je usporedba rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica. Za potrebe statističke analize napravila se usporedba aritmetičkih sredina navedenih varijabli mišićne jakosti dobivene zbrajanjem prosječnih vrijednosti svih 38 ispitanika od tri uzastopna mjerenja vršne sile za svakog ispitanika za lijevu i desnu ruku ( $N = 76$ ). Za varijablu mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica aritmetička sredina i standardna devijacija iznosi ( $141,24 \pm 55,30$ ) N, dok za varijablu mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica

aritmetička sredina i standardna devijacija iznosi  $(131,63 \pm 44,79)$  N. Testiranjem pomoću parametrijskog t-testa za nezavisne uzorke utvrđeno je nepostojanje statistički značajne razlike između navedenih varijabli čime se na razini statističke značajnosti od 0,05 prva hipoteza (H1) odbija.

Tablica 5. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica

mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice (N)		mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice (N)		P vrijednost
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
141,24	55,30	131,63	44,79	$P = 0,241$

Legenda: N = njutn;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; P = razina statističke značajnosti

U Tablici 6. prikazana je deskriptivna statistika i normalnost raspodjele podataka Kolmogorov-Smirnovljevim testom za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke plivačica. Analiza deskriptivne statistike obuhvaćala je izračun aritmetičke sredine i standardne devijacije zbog toga što se prilikom testiranja normalnosti raspodjele podataka pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo da raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji ( $P > 0,05$ ).

Tablica 6. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica

varijable	N	$\bar{x}$	SD	KS test (P)
mišićna jakost unutarnjih rotatora plivača (njutn, N)	48	155,08	62,80	$P > 0,20$
mišićna jakost unutarnjih rotatora plivačica (njutn, N)	28	117,51	26,57	$P > 0,20$

Legenda: N = broj ispitanika (lijeva i desna ruka);  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test; P = razina statističke značajnosti

Tablica 7. prikazuje usporedbu rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke između plivača (N = 48) i plivačica (N = 28). Sumiranjem prosječne vrijednosti mjerenja svih ispitanika od tri mjerenja vršne sile u kontinuitetu kod svakog ispitanika, posebno plivači i posebno plivačice, dobivena je aritmetička sredina koja se zatim koristila za usporedbu

unutar statističke analize. Aritmetička sredina i standardna devijacija mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke kod plivača iznosi  $(155,08 \pm 62,80)$  N, dok aritmetička sredina i standardna devijacija mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke kod plivačica iznosi  $(117,51 \pm 26,57)$  N. Studentovim testom, odnosno t-testom za nezavisne uzorke dokazano je da postoji statistički značajna razlika u rezultatima mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica. Dakle, t-testom je utvrđeno da je mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača značajno veća u odnosu na mišićnu jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica čime se na razini statističke značajnosti od 0,05 druga hipoteza (H2) prihvaća.

Tablica 7. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica

mišićna jakost unutarnjih rotatora plivača (N)		mišićna jakost unutarnjih rotatora plivačica (N)		P vrijednost
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
155,08	62,80	117,51	26,57	<i>P = 0,004</i>

Legenda: njutn = N;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; P = razina statističke značajnosti

U Tablici 8. prikazana je deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke plivača (N = 48) i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke plivačica (N = 28). Analiza deskriptivne statistike obuhvaćala je izračun aritmetičke sredine i standardne devijacije zbog toga što se prilikom testiranja normalnosti raspodjele podataka pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo da raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji ( $P > 0,05$ ).

Tablica 8. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica

varijable	N	$\bar{x}$	SD	KS test (P)
mišićna jakost vanjskih rotatora plivača (njutn, N)	48	141,98	50,79	$P > 0,20$
mišićna jakost vanjskih rotatora plivačica (njutn, N)	28	113,89	23,76	$P > 0,20$

Legenda: N = broj ispitanika (lijeva i desna ruka);  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test; P = razina statističke značajnosti

Tablica 9. prikazuje usporedbu rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke između plivača (N = 48) i plivačica (N = 28). Sumiranjem prosječne vrijednosti mjerenja svih ispitanika od tri mjerenja vršne sile u kontinuitetu kod svakog ispitanika, posebno plivači i posebno plivačice, dobivena je aritmetička sredina koja se zatim koristila za usporedbu unutar statističke analize. Aritmetička sredina i standardna devijacija mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke kod plivača iznosi  $(141,98 \pm 50,79)$  N, dok aritmetička sredina i standardna devijacija mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice lijeve i desne ruke kod plivačica iznosi  $(113,89 \pm 23,76)$  N. Parametrijskim Studentovim testom, odnosno t-testom za nezavisne uzorke dokazalo se da postoji statistički značajna razlika u rezultatima mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica. Dakle, t-testom je utvrđeno da je mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice plivača značajno veća u odnosu na mišićnu jakost vanjskih rotatora nadlaktice plivačica čime se na razini statističke značajnosti od 0,05 treća hipoteza (H3) prihvaća.

Tablica 9. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica

mišićna jakost vanjskih rotatora plivača (N)		mišićna jakost vanjskih rotatora plivačica (N)		P vrijednost
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
141,98	50,79	113,89	23,76	<i>P = 0,007</i>

Legenda: njutn = N;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; P = razina statističke značajnosti

#### 4.3. Mjerenje opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu

Za provjeru povezanosti dviju varijabli unutar četvrte i pete hipoteze – mišićna jakost rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu – bilo je potrebno izdvojiti rezultate dobivenih mjerenjem na dominantnoj ruci plivača i plivačica. Opsezi pokreta unutarnje rotacije i vanjske rotacije u ramenom zglobu mjerili su se u ležećem položaju na trbuhu odnosno u ležećem položaju na leđima, a nadlaktica je bila u abdukciji pod  $90^\circ$ , lakat u fleksiji pod  $90^\circ$  te podlaktica i šaka slobodno su visili preko ruba stola. Izvedba pokreta u određenom smjeru izmjerila se pomoću digitalnog goniometra EasyAngle® te su dobiveni podaci iskazani u kutnim stupnjevima ( $^\circ$ ) kroz tri uzastopna mjerenja.

Tablica 10. prikazuje rezultate vršnih sila sva tri uzastopna mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice dominantne ruke u mjernoj jedinici njutn (N), uz aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja vršnih sila mišićne jakosti za svakog ispitanika.

Tablica 10. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice dominantne ruke

Ispitanici	DR	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)
1	D	247	255	239	247,00
2	D	206	203	235	214,67
3	D	225	159	201	195,00
4	L	165	134	135	144,67
5	D	100	114	119	111,00
6	D	137	135	119	130,33
7	D	111	113	115	113,00
8	D	117	110	108	111,67
9	D	114	133	135	127,33
10	D	104	111	109	108,00
11	D	119	114	90	107,67
12	D	274	291	281	282,00
13	D	144	165	138	149,00
14	L	162	137	153	150,67
15	D	163	152	141	152,00
16	L	200	230	205	211,67
17	D	86	80	80	82,00
18	L	62	65	82	69,67
19	D	89	91	90	90,00
20	D	80	97	100	92,33
21	D	96	107	125	109,33
22	D	73	76	68	72,33
23	D	206	223	214	214,33
24	D	172	180	170	174,00
25	L	106	103	95	101,33
26	D	289	295	299	294,33
27	D	157	156	158	157,00
28	D	148	152	212	170,67
29	L	106	125	153	128,00
30	D	155	118	123	132,00
31	D	158	169	164	163,67
32	D	176	180	163	173,00
33	D	129	124	118	123,67
34	D	128	130	124	127,33
35	L	75	84	78	79,00
36	D	105	90	102	99,00
37	D	117	116	118	117,00
38	D	107	108	116	110,33

Legenda: DR = dominantnost ruke; D = desna ruka; L = lijeva ruka; PF 1 = vršna sila prvog mjerenja; PF 2 = vršna sila drugog mjerenja; PF 3 = vršna sila trećeg mjerenja; PF  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja vršnih sila; N = njutn

U Tablici 11. prikazani su rezultati mjerenja opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke u kutnim stupnjevima (°) za sva tri uzastopna mjerenja, uz aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja opsega pokreta za svakog ispitanika.

Tablica 11. Prikaz rezultata mjerenja opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke

Ispitanici	DR	UR 1 (°)	UR 2 (°)	UR 3 (°)	UR $\bar{x}$ (°)
1	D	69	72	68	69,67
2	D	53	51	54	52,67
3	D	59	57	62	59,33
4	L	61	67	62	63,33
5	D	59	57	59	58,33
6	D	55	45	57	52,33
7	D	42	39	44	41,67
8	D	61	72	71	68,00
9	D	63	76	66	68,33
10	D	64	65	59	62,67
11	D	68	68	68	68,00
12	D	79	78	74	77,00
13	D	56	56	59	57,00
14	L	80	80	87	82,33
15	D	68	66	55	63,00
16	L	61	68	73	67,33
17	D	51	50	51	50,67
18	L	83	75	82	80,00
19	D	63	62	62	62,33
20	D	75	82	91	82,67
21	D	63	70	68	67,00
22	D	67	64	60	63,67
23	D	42	39	37	39,33
24	D	56	59	60	58,33
25	L	82	84	80	82,00
26	D	74	77	77	76,00
27	D	81	83	85	83,00
28	D	83	71	79	77,67
29	L	79	80	81	80,00
30	D	35	34	36	35,00
31	D	53	55	58	55,33
32	D	78	77	76	77,00
33	D	59	59	63	60,33
34	D	55	49	50	51,33
35	L	80	82	79	80,33
36	D	50	53	52	51,67
37	D	56	57	54	55,67
38	D	68	67	63	66,00

Legenda: DR = dominantnost ruke; D = desna ruka; L = lijeva ruka; UR 1 = prvo mjerenje unutarnje rotacije; UR 2 = drugo mjerenje unutarnje rotacije; UR 3 = treće mjerenje unutarnje rotacije; UR  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja unutarnje rotacije; ° = kutni stupanj

Tablica 12. prikazuje rezultate vršnih sila u mjernoj jedinici njutn (N) dobivenih tijekom tri uzastopna mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice dominantne ruke, kao i aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja vršnih sila mišićne jakosti za svakog ispitanika.

Tablica 12. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice dominantne ruke

Ispitanici	DR	PF 1 (N)	PF 2 (N)	PF 3 (N)	PF $\bar{x}$ (N)
1	D	268	258	247	257,67
2	D	187	165	187	179,67
3	D	157	175	139	157,00
4	L	98	117	117	110,67
5	D	116	127	121	121,33
6	D	99	108	116	107,67
7	D	154	140	138	144,00
8	D	125	112	103	113,33
9	D	163	156	159	159,33
10	D	123	128	119	123,33
11	D	91	108	103	100,67
12	D	207	181	184	190,67
13	D	113	122	135	123,33
14	L	114	103	111	109,33
15	D	126	171	181	159,33
16	L	205	221	198	208,00
17	D	99	77	83	86,33
18	L	88	98	94	93,33
19	D	122	119	97	112,67
20	D	112	104	113	109,67
21	D	105	101	92	99,33
22	D	110	94	74	92,67
23	D	171	153	173	165,67
24	D	91	125	125	113,67
25	L	117	129	134	126,67
26	D	255	343	250	282,67
27	D	156	130	135	140,33
28	D	157	140	142	146,33
29	L	119	110	109	112,67
30	D	116	114	125	118,33
31	D	141	151	148	146,67
32	D	156	171	181	169,33
33	D	145	115	105	121,67
34	D	115	118	110	114,33
35	L	85	68	69	74,00
36	D	111	105	112	109,33
37	D	104	108	109	107,00
38	D	100	73	89	87,33

Legenda: DR = dominantnost ruke; D = desna ruka; L = lijeva ruka; PF 1 = vršna sila prvog mjerenja; PF 2 = vršna sila drugog mjerenja; PF 3 = vršna sila trećeg mjerenja; PF  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja vršnih sila; N = njutn

Tablica 13. prikazani su rezultati mjerenja opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke u kutnim stupnjevima ( $^{\circ}$ ) dobivenih tijekom tri uzastopna mjerenja, uz aritmetičku sredinu za sva tri uzastopna mjerenja opsega pokreta za svakog ispitanika.

Tablica 13. Prikaz rezultata mjerenja opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke

Ispitanici	DR	VR 1 ( $^{\circ}$ )	VR 2 ( $^{\circ}$ )	VR 3 ( $^{\circ}$ )	VR $\bar{x}$ ( $^{\circ}$ )
1	D	96	104	104	101,33
2	D	86	91	95	90,67
3	D	85	93	90	89,33
4	L	91	92	93	92,00
5	D	94	92	94	93,33
6	D	115	112	114	113,67
7	D	128	126	130	128,00
8	D	94	92	90	92,00
9	D	91	90	89	90,00
10	D	95	92	98	95,00
11	D	113	118	116	115,67
12	D	115	109	108	110,67
13	D	99	103	86	96,00
14	L	99	107	100	102,00
15	D	108	111	107	108,67
16	L	108	110	106	108,00
17	D	106	104	105	105,00
18	L	109	107	114	110,00
19	D	95	92	91	92,67
20	D	94	107	106	102,33
21	D	105	103	94	100,67
22	D	88	91	84	87,67
23	D	91	92	92	91,67
24	D	100	99	101	100,00
25	L	115	101	110	108,67
26	D	92	92	95	93,00
27	D	92	91	91	91,33
28	D	91	90	85	88,67
29	L	94	93	92	93,00
30	D	112	118	106	112,00
31	D	101	109	100	103,33
32	D	87	84	89	86,67
33	D	102	98	94	98,00
34	D	102	97	100	99,67
35	L	89	88	88	88,33
36	D	108	117	117	114,00
37	D	110	110	106	108,67
38	D	116	116	114	115,33

Legenda: DR = dominantnost ruke; D = desna ruka; L = lijeva ruka; VR 1 = prvo mjerenje vanjske rotacije; VR 2 = drugo mjerenje vanjske rotacije; VR 3 = treće mjerenje vanjske rotacije; VR  $\bar{x}$  = aritmetička sredina svih tri mjerenja vanjske rotacije;  $^{\circ}$  = kutni stupanj



U Tablici 14. prikazana je deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test normalnosti raspodjele podataka za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica (N = 38). Analiza deskriptivne statistike obuhvaćala je izračun aritmetičke sredine i standardne devijacije zbog toga što se prilikom testiranja normalnosti raspodjele podataka pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo da raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji ( $P > 0,05$ ).

Tablica 14. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica

<b>varijable</b>	<b>N</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>SD</b>	<b>KS test (P)</b>
<b>mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci (njutn, N)</b>	38	143,05	54,76	$P > 0,20$
<b>opseg pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci (°)</b>	38	64,38	12,65	$P > 0,20$

Legenda: ° = kutni stupanj; N = broj ispitanika (lijeva i desna ruka);  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test; P = razina statističke značajnosti

Tablica 15. prikazuje povezanost dviju varijabli, odnosno mišićne jakosti unutarnjeg rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica. Za statističku analizu podataka uzeta je srednja vrijednost rezultata od ukupno tri mjerenja za svakog ispitanika kako za varijablu mišićne jakosti unutarnjeg rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci, tako i za varijablu opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci. Aritmetička sredina i standardna devijacija za varijablu mišićne jakosti unutarnjeg rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci svih ispitanika iznosi (143,05 ± 54,76) N, dok za varijablu opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci svih ispitanika iznosi (64,38 ± 12,65)°. Inferencijalnom statistikom izračunala se mjera povezanosti (r), koeficijent determinacije ( $r^2$ ) i razina statističke značajnosti (P vrijednost). Dobivena je pozitivna vrijednost mjere povezanosti ( $r = 0,04$ ). Za testiranje se koristio Pearsonov koeficijent korelacije te je dokazano da nema statistički značajne povezanosti između navedenih varijabli ( $P = 0,806$ ). Dakle, iako je ustanovljeno da je mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice

na dominantnoj ruci u pozitivnoj i nepotpunoj korelaciji s opsegom pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica, četvrta hipoteza (H4) se odbacuje jer ova povezanost nije statistički značajna te se pokazalo da Pearsonov koeficijent korelacije prema Coltonu spada u kategoriju „nema povezanosti“ (od 0,00 do 0,25).

Tablica 15. Prikaz povezanosti mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica

mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice (N)		opseg pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu (°)		r (X, Y)	r <sup>2</sup>	P vrijednost
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
143,05	54,76	64,38	12,65	0,04	0,002	P = 0,806

Legenda: N = njutn; ° = kutni stupanj;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; r = mjera povezanosti; r<sup>2</sup> = koeficijent determinacije; P = razina statističke značajnosti

U Tablici 16. prikazana je deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test normalnosti raspodjele podataka za varijable mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica (N = 38). Analiza deskriptivne statistike obuhvaćala je izračun aritmetičke sredine i standardne devijacije zbog toga što se prilikom testiranja normalnosti raspodjele podataka pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa pokazalo da raspodjela podataka odgovara normalnoj distribuciji (P > 0,05).

Tablica 16. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica

varijable	N	$\bar{x}$	SD	KS test (P)
mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci (njutn, N)	38	134,09	44,47	P < 0,10
opseg pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci (°)	38	100,45	10,06	P > 0,20

Legenda: ° = kutni stupanj; N = broj ispitanika (lijeva i desna ruka);  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija; KS test = Kolmogorov-Smirnovljev test; P = razina statističke značajnosti

Tablica 17. prikazuje povezanost dviju varijabli, odnosno mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica. Za statističku analizu podataka uzeta je srednja vrijednost rezultata od ukupno tri mjerenja za svakog ispitanika za obje navedene varijable. Aritmetička sredina i standardna devijacija za varijablu mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci svih ispitanika iznosi  $(134,09 \pm 44,47)$  N, dok za varijablu opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci svih ispitanika iznosi  $(100,45 \pm 10,06)^\circ$ . Inferencijalnom statistikom izračunala se mjera povezanosti ( $r$ ), koeficijent determinacije ( $r^2$ ) i razina statističke značajnosti ( $P$  vrijednost). Dobila se negativna vrijednost mjere povezanosti ( $r = -0,13$ ) uz koeficijent determinacije, koji je uvijek pozitivan ( $r^2 = 0,02$ ). Za testiranje se koristio Pearsonov koeficijent korelacije te je dokazano da nema statistički značajne povezanosti između navedenih varijabli ( $P = 0,444$ ). Zbog navedenog ustanovljeno je da su mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci u negativnoj i nepotpunoj korelaciji s opsegom pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica. Dakle, peta hipoteza ( $H_5$ ) se odbacuje jer ova povezanost nije statistički značajna te se pokazalo da Pearsonov koeficijent korelacije prema Coltonu spada u kategoriju „nema povezanosti“ (od 0,00 do 0,25).

Tablica 17. Prikaz povezanosti mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica

mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice (N)		opseg pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu ( $^\circ$ )		$r (X, Y)$	$r^2$	$P$ vrijednost
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
134,09	44,47	100,45	10,06	-0,13	0,02	$P = 0,444$

Legenda: N = njutn;  $^\circ$  = kutni stupanj;  $\bar{x}$  = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija;  $r$  = mjera povezanosti;  $r^2$  = koeficijent determinacije;  $P$  = razina statističke značajnosti

## 5. RASPRAVA

Glavni cilj ovog istraživanja bio je usporediti mišićnu jakost unutarnjih i vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica, dok su specifični ciljevi obuhvaćali sljedeće: 1) usporedbu mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica; 2) usporedbu mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica; 3) ispitivanje povezanosti između mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica; 4) ispitivanje povezanosti između mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica. Kako bi se navedeni ciljevi mogli ostvariti, tijekom provedbe mjerenja koristila su se dva mjerna instrumenta: prijenosni ručni fiksni digitalni dinamometar EasyForce® i digitalni goniometar EasyAngle®. Oba mjerna instrumenta su novijeg datuma zbog čega je trenutačno u recentnoj literaturi dostupno svega nekoliko istraživanja, ali ne i na populaciji sportaša, odnosno plivača i plivačica. U drugim su studijama mjerni instrumenti pokazali visoku razinu pouzdanosti za mjerenje mišićne jakosti i opsega pokreta na različitim dijelovima tijela i dobnim skupinama (32, 33, 34). Stoga je ovo istraživanje odlična polazišna točka za daljnja slična istraživanja na populaciji sportaša s navedenim instrumentima. U ovom raspravljачkom dijelu rada nastojat će se usporediti dobiveni rezultati s recentnom literaturom koja koristi standardne ručne prijenosne dinamometre tipa *push* ili izokinetičke dinamometre.

Studija provedena od strane Međunarodne plivačke federacije (FINA) ukazuje na to da se većina nastalih ozljeda povezuje s prekomjernim opterećenjem za čak 68,1 %, a od toga najviše ozljeda odnose se na rame (26,3 %) (35). U jednoj longitudinalnoj prospektivnoj kohortnoj studiji potvrđuju teoriju o uobičajenosti ozljede ramena u natjecateljskom plivanju iz razloga što su u svojem istraživanju utvrdili stopu incidencije ozljede ramena za 23 % do 38 % (20). Stoga ispitivanje unutarnjih i vanjskih rotatora ima smisla s obzirom na to da se radi o konstantnom ponavljanju zaveslaja u trenažnom procesu i na natjecanju. Ovo istraživanje pokazalo je kako postoji određena razlika u rezultatima mjerenja između mišićne jakosti unutarnjih rotatora i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica u korist mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice, no razlika se nije pokazala statistički značajnom zbog čega se prva

hipoteza odbila. Novija istraživanja uglavnom prikazuju rezultate mjerenja mišićne jakosti rotatora nadlaktice kroz izračun omjera. Rezultati prve hipoteze nisu u skladu s rezultatima studije koja je imala za cilj karakterizirati mišićnu ravnotežu i profil izokinetičke snage rotatora ramena kod mladih plivača u usporedbi s rezultatima koje su dobili od skupine nepraktičara pri izokinetičkom mjerenju od  $60^{\circ}\cdot s^{-1}$  i  $180^{\circ}\cdot s^{-1}$  kutne brzine u sjedećoj poziciji. Studija je pokazala kako u usporedbi s kontrolnom skupinom plivačka skupina ima veću mišićnu neravnotežu što se tiče omjera snage mišića unutarnjih rotatora i mišića vanjskih rotatora nadlaktice, uz naglasak na dobivene više vrijednosti snage mišića unutarnjih rotatora nadlaktice (36). Jedna od rijetkih studija koja je uspoređivala izokinetičke sile unutarnjih i vanjskih rotatora ramena između plivača koji plivaju izmjeničnom (kraul, leđno) i plivača koji plivaju simultanom (leptir, prsno) tehnikom dokazala je kako se odnosi ravnoteže između mišića vanjskih rotatora i mišića unutarnjih rotatora nadlaktice ne razlikuju u pogledu tehnika izmjeničnog i simultanog plivanja, a te vrijednosti omjera snage vanjske i unutarnje rotacije nadlaktice bile su na gornjoj granici normalnosti (37). Presječno istraživanje provedeno samo na plivačicama pokazalo je smanjeni moment unutarnje rotacije te potvrdilo prijašnje spoznaje da je snaga koncentrične i ekscentrične kontrakcije unutarnjih rotatora u ramenom zglobu manja kod ozlijeđenih nego neozlijeđenih natjecatelja u plivanju (38). S druge strane, postoji nekoliko recentnih studija koje opovrgavaju hipotezu da će unutarnji rotatori ramena biti snažniji u odnosu na vanjske rotatore ramena, odnosno da će omjeri snage vanjske i unutarnje rotacije ramena biti smanjeni. Teorija je da zbog povećane kretnje unutarnje rotacije tijekom plivanja dolazi do neravnoteže u snazi rotacije ramena (veća snaga unutarnjih rotatora u odnosu na snagu vanjskih rotatora nadlaktice) što dovodi do nemogućnosti funkcije mišića rotatorne manžete u kontroli položaja glave nadlaktične kosti (39). Nadalje, studija provedena pomoću ručnog dinamometra na elitnoj plivačkoj kohorti pokazala je normalne omjere snage vanjske i unutarnje rotacije ramena iako plivači i plivačice imaju visoko opterećenje po pitanju pokreta unutarnje rotacije (40). Druga studija, koja opovrgava navedenu hipotezu, utvrdila je normalan profil snage ramena mladih plivača i plivačica te zaključila kako njihovi rezultati pružaju vrijednu referencu za daljnja istraživanja (41). Određeni autori su naveli vrijednosti koje se prihvaćaju pod normalnim, a to su: 1) omjer snage vanjske i unutarnje rotacije između 66 i 75 %; 2) razlika do 10 % između lijeve i desne ruke u maksimalnoj snazi unutarnje i vanjske rotacije (37, 42). Nije naodmet spomenuti jedno longitudinalno kohortno istraživanje koje je došlo do zanimljivih nalaza tijekom tri godine, a to su povećanje snage unutarnjih rotatora i smanjenje snage

vanjskih rotatora ramena i *m. supraspinatus* samo kod plivača, dok je kod plivačica utvrđena smanjena snaga donjeg dijela *m. trapezius* (43).

Iako se u ovom istraživanju nije istraživala razlika u mišićnoj jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice između dominantne i nedominantne ruke kod plivača i plivačica, može se spomenuti kako rezultati recentnih istraživanja idu u prilog tome da nema statistički značajne razlike između dominantne i nedominantne ruke kod plivača i plivačica u mišićnoj jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice, ali pojavila se mala prosječna razlika od 3 % između dominantne i nedominantne ruke (40, 41, 42). S druge strane, presječna studija pokazala je asimetriju u kliničkoj mjeri snage kod čak 85 % plivača i plivačica, no to se na neki način može prihvatiti s obzirom na to da ljudsko tijelo nasljeđuje određene razlike, dok se s druge strane može uočiti da plivanje, iako zatvoreni i bilateralni sport, ne znači da će plivači i plivačice imati bilateralno jednaku snagu (44). Oni koji imaju određenu neravnotežu često se služe strategijama kompenzacije pa ukupna proizvodnja sile u lijevoj i desnoj ruci na kraju ostaje simetrična (44).

S obzirom na to da su druga i treća hipoteza prihvaćene, mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice pokazala se statistički značajno većom kod plivača u odnosu na plivačice. Dobiveni rezultati u ovom istraživanju slažu se s rezultatima prethodno spomenute studije, u kojoj su, između ostaloga, utvrdili kako postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,002$ ) u relativnoj snazi između plivača i plivačica za sva testiranja snage ramena (fleksija, ekstenzija, unutarnja rotacija, vanjska rotacija) bez razlika u omjerima snage (fleksija/ekstenzija, unutarnja rotacija/vanjska rotacija) (41). Nadalje, rezultati drugog spomenutog istraživanja pak potvrđuju drugu hipotezu, ali ne i treću hipotezu postavljenu u ovom istraživanju. Autori su naišli na proturječan nalaz: mišićna jakost unutarnje rotacije statistički je značajno veća kod plivača u odnosu na plivačice ( $P = 0,002$ ), dok mišićna jakost vanjske rotacije nije statistički značajno različita između plivača i plivačica ( $P = 0,427$ ) (40).

Četvrta hipoteza ispitala je povezanost mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice s opsegom pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke kod plivača i plivačica, dok je peta hipoteza ispitala povezanost mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice s opsegom pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke kod plivača i plivačica. Obje hipoteze su

odbačene jer je utvrđeno da nema statistički značajne povezanosti između navedenih varijabli, a Pearsonov koeficijent korelacije prema Coltonu spada u kategoriju „nema povezanosti“ (od 0,00 do 0,25).

Trenutačno u recentnoj literaturi nema rezultata koji bi se mogli usporediti s dobivenim rezultatima iz ovog istraživanja iz razloga što se za populaciju plivača i plivačica nije napravilo takvo ispitivanje povezanosti kao što je to urađeno u ovom istraživanju. Ipak, mogu se povući određene paralele koje su trenutno dostupne u recentnoj literaturi. U jednom istraživanju starijeg datuma pokazalo se kako eksperimentalna (imaju jednostranu bol u ramenu povezanom s plivanjem) i kontrolna (bez sadašnje ili prethodne povijesti bolova u ramenu) skupina imaju povećani opseg pokreta vanjske rotacije, a smanjeni opseg pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu u odnosu na normalizirane podatke (45). Iako se iz navedenih rezultata ne može zaključiti kakva je korelacija navedenih varijabli iz četvrte i pete hipoteze, može se pretpostaviti da česta opterećenja ramenog zgloba tijekom zaveslaja u plivanju (adukcija i unutarnja rotacija) konačno utječe na smanjenje opsega pokreta unutarnje rotacije te na povećanje opsega pokreta vanjske rotacije. Tijekom istraživanja povezanosti generalizirane hipermobilnosti zglobova, odnosno hipermobilnost ramena sa snagom ramena, razvojem umora i mišićnom aktivnošću tijekom rotacije ramena povezanih s plivanjem autori su došli do značajnih rezultata: mladi natjecateljski plivači i plivačice, koji imaju generaliziranu hipermobilnost zglobova, pokazuju nedostatak snage i umora u medijalnoj rotaciji ramena (unutarnja rotacija ramena) (46). Dakle, čini se da povećani opseg pokreta u ramenom zglobu potencijalno utječe na mišiće koji okružuju rameni zglob kroz smanjenje mišićne snage i promijenjenu mišićnu aktivnost, što implicira da abnormalni opseg pokreta u ramenom zglobu može dovesti do nedostatka mišićne snage. U sportovima iznad glave sportaši prekomjerno opterećuju ramena zbog specifičnih pokreta, što može dovesti do adaptivnih, ali i potencijalno patoloških strukturnih promjena (47). U takve sportove ubrajamo, između ostalog, i plivanje i bejzbol. Autori istraživanja željeli su procijeniti odnos između raspona pokreta i izometrijske snage ramenog zgloba, koja je prilagođena za kut retroverzije glave humerusa, kod profesionalnih bacača u bejzbolu (48). Pokazalo se kako kod povećanja opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu za jedan stupanj dolazi do povećanja izometrijske snage za 0,448 % tjelesne težine ( $P < 0,05$ ) pri  $25^\circ$  unutarnje rotacije na izokinetičkom uređaju, a nakon prilagodbe za kut retroverzije glave nadlaktične kosti kod profesionalnih bejzbol bacača (48). Iako u četvrtoj i petoj

hipotezi nema statističke značajne povezanosti između varijabli mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu, postavlja se pitanje hoće li buduća istraživanja pokazati slične ili oprečne rezultate.

Što se tiče opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu kod plivača i plivačica, pokazalo se kako kod plivača i plivačice s visokim i niskim opsegom vanjske rotacije u ramenom zglobu postoji povećani rizik od sljedeće pojave ometajuće boli u ramenu koja uzrokuje prestanak ili modifikaciju treninga i/ili natjecanja (20). Nadalje, postoje oprečna istraživanja u vezi povezanosti opsega pokreta rotacije i drugih pokreta u ramenom zglobu s incidencijom ozljeda, odnosno plivačkog ramena, te s rizikom od pojave i razvoja boli u ramenu (20, 39). O odnosu fleksibilnosti ramena, snage i izdržljivosti s boli u ramenu kod natjecateljskih plivača spomenuto je u jednom istraživanju iz prošlog stoljeća, a koje pokazuje da ne postoji značajna korelacija između fleksibilnosti ramena, omjera snage i boli u ramenu, dok postoji negativna Pearsonova korelacija između omjera izdržljivosti vanjske rotacije, abdukcije i boli u ramenu kod ispitanih natjecateljskih plivača i plivačica (49). Razlog ovim rezultatima može se djelomično pripisati činjenici da sportaši koji stalno koriste pokrete iznad glave pokazuju povećanje vanjske rotacije i abdukcije u ramenom zglobu za najmanje 15° (49). Iako je vrlo nedostatno razumijevanje o različitim međusobnim utjecajima različitih čimbenika u plivanju (mišićna inhibicija, propriocepcija, mišićna snaga, opseg pokreta, umor, bol) s obzirom na njihovu kompleksnost, može se stvoriti pretpostavka da postoji idealan okvir raspona pokreta u ramenom zglobu za plivače i plivačice te da previsok i prenizak opseg pokreta može povećati rizik od razvoja boli u ramenu (39, 50). Stoga se izdvaja jedno istraživanje koje je nastojalo istražiti koji bi to bio optimalan raspon rotacije u ramenom zglobu u plivanju, a također i istražiti utjecaj torzije nadlaktične kosti na opseg pokreta rotacije u ramenom zglobu. Smatra se da je aktivni opseg pokreta unutarnje rotacije od 40° do 50° idealan za sportaše u plivanju, ali to nije potvrđeno s obzirom na malobrojne rezultate koji bi potvrdili pretpostavku (51). No isto istraživanje pokazalo je da je povećana torzija nadlaktične kosti pozitivno povezana s povećanom unutarnjom rotacijom i smanjenom vanjskom rotacijom u ramenom zglobu, stoga bi trebalo u budućnosti istražiti utjecaj torzije nadlaktične kosti na opsege pokreta u ramenom zglobu kako bi se utvrdilo hoće li potvrditi dobivene rezultate (51). Nadalje, potrebno je detaljnije istražiti utjecaj opterećenja i razine natjecanja kod plivača i plivačica iz razloga što se pokazala značajna razlika u momentu vanjske i unutarnje rotacije između plivača na



sveučilišnoj i plivača na nacionalnoj razini gdje su plivači na nacionalnoj razini imali bolje rezultate početnih momenata rotacije u ramenom zglobu. Također su nakon treninga plivanja zabilježeni značajni padovi svih fizičkih kvaliteta ramena (snaga rotatora ramena, opseg pokreta rotacije, duljina *m. pectoralis minor*, osjećaj položaja zgloba) kod sveučilišnih plivača u odnosu na plivače na nacionalnoj razini (52). Ovi rezultati su ograničeni činjenicom da je uzorak istraživanja obuhvatio samo deset plivača, no u određenoj mjeri može se konstatirati da „veća kronična opterećenja i prethodno dobro razvijene fizičke kvalitete ramena predstavljaju zaštitni čimbenik od pada fizičkih kvaliteta ramena nakon plivačkog treninga“ (52).

Zanimljivi su rezultati mjerenja opsega pokreta iz jednog velikog istraživanja koje je grupiralo ispitanike u četiri skupine prema dobi: prva skupina od 8 do 11 godina, druga skupina od 12 do 14 godina, treća skupina od 15 do 19 godina te veterani (od 23 do 77 godina). Rezultati dobiveni mjerenjem pasivnog opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu u ležećem položaju s abdukcijom ramena pod 90° pokazali su postupno smanjenje vrijednosti opsega pokreta unutarnje i vanjske rotacije od prve prema četvrtoj skupini (38). Postavlja se pitanje postoji li možda i utjecaj dobi na opseg pokreta rotacije u ramenom zglobu s obzirom na dobivene rezultate navedenog istraživanja ili je ipak riječ o utjecaju drugih čimbenika. Primjerice, vrijednosti opsega pokreta unutarnje rotacije: prva skupina ( $41,76 \pm 13,58$ )°; druga skupina ( $40,11 \pm 13,59$ )°; treća skupina ( $35,78 \pm 10,91$ )° i četvrta skupina ( $34,39 \pm 7,87$ )° (38).

Daljnja istraživanja trebala bi obuhvaćati veću populaciju natjecateljskih plivača i plivačica određenih dobnih skupina, uzimajući u obzir njihov rast i razvoj, tako da dobne skupine budu u skladu s uzrasnim kategorijama koje je utvrdio Hrvatski plivački savez u svojim propozicijama. Također, potrebno je ispitati varijable koje nisu bile obuhvaćene u ovom istraživanju, kao što su specifikacija plivačke tehnike ispitanika, dominantna strana disanja u plivanju, trenažni proces (intenzitet i volumen treninga), torzija nadlaktične kosti, ali i drugi nepoznati faktori. Nadalje, potrebno je standardizirati provedbu mjerenja, odnosno odrediti hoće li se mjerenje provoditi prije ili poslije plivačkog treninga jer plivački trening može utjecati na rezultate mjerenja, posebno kod plivača s nižim fizičkim kvalitetama ramenog obruča.

## 6. ZAKLJUČAK

Iako su pokreti u plivanju uvijek isti i ponavljajući, postoji mnogo čimbenika koji utječu na biomehaniku zaveslaja, postignute rezultate, pojavu boli, razvoj ozljeda te promjene u mišićnoj snazi i opsegu pokreta. Mnogi čimbenici nisu dovoljno istraženi ili su istraživanja pokazala oprečne rezultate, što otežava njihovo razumijevanje i pokušaje definiranja međusobnih povezanosti. Pokazalo se da nema statistički značajne razlike između mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica, no vrijednosti aritmetičke sredine i standardne devijacije bile su veće kod mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice u odnosu na mišićnu jakost vanjskih rotatora nadlaktice. Iako je prva hipoteza neočekivano odbačena, druga i treća hipoteza su očekivano prihvaćene jer je utvrđena statistički značajna razlika u mišićnoj jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićnoj jakosti vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica u korist plivača, a s obzirom na anatomske razlike između plivača i plivačica. Između mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica ne postoji statistički značajna povezanost zbog čega su postavljene hipoteze odbijene. Četvrta hipoteza pokazala je pozitivnu vrijednost mjere povezanosti, dok je peta hipoteza pokazala negativnu vrijednost mjere povezanosti. Ipka, može se pretpostaviti da opseg pokreta rotacije u određenoj mjeri utječe na mišićnu jakost rotatora nadlaktice.

Ovo istraživanje pružilo je bolji uvid u važnost mišićne jakosti rotatora nadlaktice i opsega pokreta rotacije u ramenom zglobu za sportaše i sportašice koji treniraju plivanje. Međutim, postavljena su brojna pitanja na koja treba tražiti odgovore u budućim istraživanjima. Također, napravljen je korak naprijed s mjernim uređajima EasyForce® i EasyAngle®, koji dosad nisu korišteni na populaciji sportaša te objavljeni i dostupni široj populaciji. Dobiveni rezultati mogu poslužiti znanstvenicima i stručnjacima kao recentna literatura za buduća istraživanja, a naročito trenerima u plivanju i ostalim stručnjacima unutar plivačkog svijeta za daljnje poboljšanje rada s plivačima i plivačicama te za unapređenje pristupa i trenažnih procesa.

## LITERATURA

1. Milanović D. Teorija i metodika treninga: primijenjena kineziologija u sportu. 2. dopunjeno i izmijenjeno izd. Zagreb: Društveno veleučilište - Odjel za izobrazbu trenera, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2010. Poglavlje 4, Analiza sportskih aktivnosti; str. 59-83.
2. Duarte-Mendes P, Marinho D, Monteiro D, Cid L, Paulo R, Serrano J, Petrica J. The comparison of Imagery ability in elite, sub-elite and non-elite swimmers. *Cuadernos de Psicología del Deporte*. 2019;19(2):124–134.
3. Volčanšek B. Sportsko plivanje: plivačke tehnike i antropološka analiza plivanja. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu; 1996. 171 str.
4. Jevtić B. Koordinacijske sposobnosti u ontogenetskom razvoju plivača. U: Jukić I, ur. 9. godišnja međunarodna konferencija: Kondicijska priprema sportaša. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske; 2011. str. 208-211.
5. Šiljeg K. Plivanje. Zagreb: Hrvatski plivački savez; 2018. 357 str.
6. Morais JE, Barbosa TM, Nevill AM, Copley S, Marinho DA. Understanding the Role of Propulsion in the Prediction of Front-Crawl Swimming Velocity and in the Relationship Between Stroke Frequency and Stroke Length. *Front Physiol*. 2022;13:876838.
7. Bartolomeu RF, Rodrigues P, Sokołowski K, Strzała M, Santos CC, Costa MJ, Barbosa TM. Nonlinear Analysis of the Hand and Foot Force-Time Profiles in the Four Competitive Swimming Strokes. *J Hum Kinet*. 2023;90:71-88.
8. Leko G. Slobodni način plivanja: Kraul. Zagreb: Promo Fit d.o.o.; 2008. Poglavlje 1, Uvod; str. 9-10.
9. Sorgente V, Agudo-Ortega A, Lopez-Hernandez A, Santos Del Cerro J, Minciocchi D, González Ravé JM. Relationship between Maximum Force-Velocity Exertion and Swimming Performances among Four Strokes over Medium and Short Distances: The Stronger on Dry Land, the Faster in Water?. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2023;8(1):20.
10. Batalha N, Parraca JA, Marinho DA, Conceição A, Louro H, Silva AJ, Costa MJ. The Acute Effects of a Swimming Session on the Shoulder Rotators Strength and Balance of Age Group Swimmers. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(15):8109.

11. Batalha NM, Raimundo AM, Tomas-Carus P, Barbosa TM, Silva AJ. Shoulder rotator cuff balance, strength, and endurance in young swimmers during a competitive season. *J Strength Cond Res.* 2013;27(9):2562-2568.
12. Pink MM, Edelman GT, Mark R, Rodeo SA. *Applied Biomechanics of Swimming* [Internet]. U: Magee DJ, Manske RC, Zachazewski JE, Quillen WS, ur. *Athletic and Sport Issues in Musculoskeletal Rehabilitation*. 1. izd. St. Louis: Elsevier Saunders; 2011 [pristupljeno 5. kolovoza 2024.]. str. 331-349. Dostupno na: <https://www.teamunify.com/njmydst/UserFiles/File/document.pdf>
13. Bradley J, Kerr S, Bowmaker D, Gomez JF. A Swim-Specific Shoulder Strength and Conditioning Program for Front Crawl Swimmers. *Strength and Conditioning Journal.* 2019;41(4):1-17.
14. Barbosa TM, Marinho DA, Costa MJ, Silva AJ. *Biomechanics of Competitive Swimming Strokes* [Internet]. U: Klika V, ur. *Biomechanics in Applications*. Rijeka: InTech; 2011 [pristupljeno 5. kolovoza 2024.]. Dostupno na: <https://www.intechopen.com/chapters/19665>
15. Heinlein SA, Cosgarea AJ. Biomechanical Considerations in the Competitive Swimmer's Shoulder. *Sports Health.* 2010;2(6):519-525.
16. Tovin BJ. Prevention and Treatment of Swimmer's Shoulder. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(4):166-175.
17. Wanivenhaus F, Fox AJ, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health.* 2012;4(3):246-251.
18. Schlueter KR, Pintar JA, Wayman KJ, Hartel LJ, Briggs MS. Clinical Evaluation Techniques for Injury Risk Assessment in Elite Swimmers: A Systematic Review. *Sports Health.* 2021;13(1):57-64.
19. Volčanšek B. *Bit plivanja*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2002. Poglavlje 12, Kontrola treniranosti plivača; str. 197-217.
20. Walker H, Gabbe B, Wajswelner H, Blanch P, Bennell K. Shoulder pain in swimmers: a 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Phys Ther Sport.* 2012;13(4):243-249.
21. Yoma M, Herrington L, Mackenzie T. The Effects Of Differing Density Of Swim-Training Sessions On Shoulder Range Of Motion and Isometric Force Production In National and University Level Swimmers. *Int J Sports Phys Ther.* 2023;18(2):375-387.

22. Batalha N, Raimundo A, Tomas-Carus P, Paulo J, Simão R, Silva AJ. Does a land-based compensatory strength-training programme influences the rotator cuff balance of young competitive swimmers?. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(8):764-772.
23. Higson E, Herrington L, Butler C, Horsley I. The short-term effect of swimming training load on shoulder rotational range of motion, shoulder joint position sense and pectoralis minor length. *Shoulder Elbow.* 2018;10(4):285-291.
24. Drigny J, Gauthier A, Reboursière E, Guermont H, Gremeaux V, Edouard P. Shoulder Muscle Imbalance as a Risk for Shoulder Injury in Elite Adolescent Swimmers: A Prospective Study. *J Hum Kinet.* 2020;75:103-113.
25. Matthews MJ, Green D, Matthews H, Swanwick E. The effects of swimming fatigue on shoulder strength, range of motion, joint control, and performance in swimmers. *Phys Ther Sport.* 2017;23:118-122.
26. Maruvada S, Madrazo-Ibarra A, Varacallo M. Anatomy, Rotator Cuff [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441844/>
27. Gilroy AM, MacPherson BR, Ross LM, ur. Anatomski atlas s latinskim nazivljem. Zagreb: Medicinska naklada; 2011. Poglavlje 19, Rame i nadlaktica; str. 252-279.
28. Meloqdevices. EasyForce Digital Dynamometer [Internet]. Stockholm: Meloq AB; c2020 [pristupljeno 19. kolovoza 2024.]. Dostupno na: <https://meloqdevices.com/pages/easyforce-digital-dynamometer>
29. Meloqdevices. EasyAngle Digital Goniometer [Internet]. Stockholm: Meloq AB; c2020 [pristupljeno 19. kolovoza 2024.]. Dostupno na: <https://meloqdevices.com/pages/easyangle-digital-goniometer>
30. Zulle M, Fužinac-Smojver A, Lulić-Drenjak J. Tehnika mjerenja unutarnje rotacije (0-70°) i vanjske rotacije (0-90°) nadlaktice. U: Bobinac D, Vinter I. Mjerenje opsega pokreta i antropometrijsko mjerenje. Rijeka: Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; 2012. str. 20-21.
31. Chang LR, Anand P, Varacallo M. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Glenohumeral Joint [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537018/>

32. Trajković N, Kozinc Ž, Smajla D, Šarabon N. Interrater and Intrarater Reliability of the EasyForce Dynamometer for Assessment of Maximal Shoulder, Knee and Hip Strength. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(2):442.
33. Duffy E, Wells M, Miller A, Tondra M, Doty A. Reliability of the EasyAngle® for Assessing Hip Range of Motion in Healthy Children. *Int J Sports Phys Ther*. 2024;19(1):1484-1493.
34. Luedtke K, Schoettker-Königer T, Hall T, Reimer C, Grassold M, Hasselhoff-Styhler P, Neulinger C, Obrocki M, Przyhoda P, Schäfer A. Concurrent validity and reliability of measuring range of motion during the cervical flexion rotation test with a novel digital goniometer. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):535.
35. Prien A, Mountjoy M, Miller J, Boyd K, van den Hoogenband C, Gerrard D, Cherif MY, Lu Y, Nanousis K, Ortiz Liscano EI, Shahpar FM, Junge A. Injury and illness in aquatic sport: how high is the risk? A comparison of results from three FINA World Championships. *Br J Sports Med*. 2017;51(4):277-282.
36. Batalha N, Raimundo A, Tomas-Carus P, Jesus Fernandes O, Marinho D, Jose Silva A. Shoulder rotator isokinetic strength profile in young swimmers. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*. 2012;14(5):545-553.
37. Santos YS, Carneiro N, Franken M, de Jesus K, de Jesus K, Medeiros A. Comparison of isokinetic force of the internal and external rotators of the shoulders between swimmers of alternate and simultaneous techniques. *ISBS Proceedings Archive*. 2022;40(1):620-623.
38. Tate A, Turner GN, Knab SE, Jorgensen C, Strittmatter A, Michener LA. Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train*. 2012;47(2):149-158.
39. Delbridge A, Boettcher C, Holt K. An Inside look at 'Swimmers Shoulder'. *Aspetar Journal* [Internet]. 2019 [pristupljeno 24. kolovoza 2024.];8(1). Dostupno na: <https://journal.aspetar.com/en/archive/volume-8-issue-1/an-inside-look-at-swimmer-s-shoulder>
40. Boettcher C, Halaki M, Holt K, Ginn KA. Is the Normal Shoulder Rotation Strength Ratio Altered in Elite Swimmers?. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(3):680-684.
41. McLaine SJ, Ginn KA, Fell JW, Bird ML. Isometric shoulder strength in young swimmers. *J Sci Med Sport*. 2018;21(1):35-39.

42. Meliscki GA, Monteiro LZ, Furumoto MA, Lopes GHR, Carneseca EC, de Vasconcelos EE. Alterations in strength of the shoulder rotators in young elite swimmers. *Fisioter Mov.* 2017;30(1):11-18.
43. Habechian FAP, Van Malderen K, Camargo PR, Cools AM. Changes in shoulder girdle strength in 3 consecutive years in elite adolescent swimmers: a longitudinal cohort study. *Braz J Phys Ther.* 2018;22(3):238-247.
44. Evershed J, Burkett B, Mellifont R. Musculoskeletal screening to detect asymmetry in swimming. *Phys Ther Sport.* 2014;15(1):33-38.
45. Bak K, Magnusson SP. Shoulder Strength and Range of Motion in Symptomatic and Pain-Free Elite Swimmers. *The American Journal of Sports Medicine.* 1997;25(4):454-459.
46. Liaghat B, Juul-Kristensen B, Frydendal T, Marie Larsen C, Søgaard K, Ilkka Tapio Salo A. Competitive swimmers with hypermobility have strength and fatigue deficits in shoulder medial rotation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;39:1-7.
47. Bakshi N, Freehill MT. The Overhead Athletes Shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2018;26(3):88-94.
48. Kim BG, Kong S, Lim SK. The relationship between range of motion and muscle strength of the shoulder joint in professional baseball pitchers. *J Mens Health.* 2021;17(3):160-166.
49. Beach ML, Whitney SL, Dickoff-Hoffman S. Relationship of shoulder flexibility, strength, and endurance to shoulder pain in competitive swimmers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16(6):262-268.
50. Blanch P. Conservative management of shoulder pain in swimming. *Physical Therapy in Sport.* 2004;5(3):109-124.
51. Holt K, Boettcher C, Halaki M, Ginn KA. Humeral torsion and shoulder rotation range of motion parameters in elite swimmers. *J Sci Med Sport.* 2017;20(5):469-474.
52. Yoma M, Herrington L, Mackenzie T. The Effects Of Differing Density Of Swim-Training Sessions On Shoulder Range Of Motion and Isometric Force Production In National and University Level Swimmers. *Int J Sports Phys Ther.* 2023;18(2):375-387.

## PRIVITCI

Privitak A: Popis ilustracija

### Slike

Slika 1. Prikaz zaveslaja iz frontalne ravnine za svih četiri natjecateljskih plivačkih tehnika .....	2
Slika 2. Prikaz zaveslaja ruku u propulzivnom dijelu faze i retropulzivnom dijelu faze .....	5
Slika 3. Prijenosni ručni fiksni digitalni dinamometar EasyForce® .....	8
Slika 4. Digitalni goniometar EasyAngle® .....	9

### Tablice

Tablica 1. Karakteristike prigodnog uzorka istraživanja .....	14
Tablica 2. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice desne i lijeve ruke .....	15
Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice desne i lijeve ruke .....	16
Tablica 4. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice i mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice .....	17
Tablica 5. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora i mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice kod plivača i plivačica .....	18
Tablica 6. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica .	18
Tablica 7. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica.....	19
Tablica 8. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivača i mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice plivačica .	19
Tablica 9. Prikaz usporedbe rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice između plivača i plivačica .....	20
Tablica 10. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice dominantne ruke .....	21



Tablica 11. Prikaz rezultata mjerenja opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke.....	22
Tablica 12. Prikaz rezultata mjerenja mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice dominantne ruke .....	23
Tablica 13. Prikaz rezultata mjerenja opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu dominantne ruke.....	24
Tablica 14. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica .....	25
Tablica 15. Prikaz povezanosti mišićne jakosti unutarnjih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta unutarnje rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica .....	26
Tablica 16. Deskriptivna statistika i Kolmogorov-Smirnovljev test za varijable mišićna jakost vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica .....	26
Tablica 17. Prikaz povezanosti mišićne jakosti vanjskih rotatora nadlaktice na dominantnoj ruci i opsega pokreta vanjske rotacije u ramenom zglobu na dominantnoj ruci kod plivača i plivačica .....	27

Privitak B: Obrazac za prikupljanje podataka i rezultata mjerenja

ISPITANIK:		
SPOL:	DOB:	
VISINA:	MASA:	
DOMINANTNA RUKA:	NEDOMINANTNA RUKA:	
PLIVAČKI KLUB:		
BROJ GODINA U PLIVANJU:		
OZLJEDA gornjih ekstremiteta (6 mjeseci unazad od srpnja 2024. godine)	DA	NE
OPERACIJA gornjih ekstremiteta	DA	NE

ISPITANIK:		I. MJERENJE		II. MJERENJE		III. MJERENJE	
		trbuh	leđa	trbuh	leđa	trbuh	leđa
opseg pokreta	unutarnja rotacija L						
	vanjska rotacija L						
	unutarnja rotacija D						
	vanjska rotacija D						

ISPITANIK:		I. MJERENJE		II. MJERENJE		III. MJERENJE	
		trbuh	leđa	trbuh	leđa	trbuh	leđa
mišićna jakost	unutarnja rotacija L						
	vanjska rotacija L						
	unutarnja rotacija D						
	vanjska rotacija D						

L = lijeva ruka  
D = desna ruka

## ŽIVOTOPIS

Rođena sam 28. srpnja 1998. godine u Puli. Osnovnoškolsko obrazovanje sam završila u Osnovnoj školi Centar Pula, dok sam srednjoškolsko obrazovanje završila u Gimnaziji Pula, smjer opća gimnazija. Nakon srednje škole sam uzela pauzu u trajanju od dvije godine i u tom periodu sam završila program osposobljavanja za obavljanje poslova trenera/trenerice plivanja u sklopu Ustanove za obrazovanje odraslih u sportu – Plivačko učilište te od tada radim u prekidima u plivačkim klubovima u Puli i u Rijeci, a u zadnje dvije godine stalno radim u Plivačkom klubu Arena. U akademskoj 2019./2020. godini upisala sam se u Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci na preddiplomski stručni studij Fizioterapija, a odmah nakon završetka preddiplomske razine studija u akademskoj 2022./2023. godini upisujem diplomski sveučilišni studij Fizioterapija. Paralelno s obrazovanjem sam trenirala plivanje te nastupala na brojnim domaćim i međunarodnim natjecanjima za Plivački klub Arena iz Pule. Kako sam osoba s oštećenjem sluha, posebno izdvajam nastupe na natjecanjima za gluhe i nagluhe osobe – Europska i Svjetska prvenstva te Olimpijske igre gluhih (engl. *Deaflympics*) pa sam zbog postignutih rezultata ostvarila kategorizaciju (prije prva, sad druga). Tijekom svojeg fakultetskog obrazovanja sudjelovala sam u nekoliko projekata i aktivnosti:

- ak. 2019./2020. godine: sudjelovanje u projektu „Student-mentor“ koji se odnosi na pomaganje studentima i studenticama brucošima
- ak. 2021./2022. godine: sudjelovanje u programu provođenja vježbi s osobama starije životne dobi u prostoriji mjesnog odbora Kozala
- ak. 2021./2022. godine: bila sam predstavnicom redovnog preddiplomskog studija Fizioterapija u Studentskom zboru Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci
- ak. 2021./2022. godine: bila sam zamjenica predstavnice studenata u Fakultetskom vijeću Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci
- 2021. godine: volontiranje na COVID odjelima u KBC-u Sušak
- 3. 12. 2021. godine: dobitnica nagrade za najuspješniju studenticu s invaliditetom Sveučilišta u Rijeci u akademskoj 2020./2021. godini
- 14. 6. 2022.: sudjelovanje u mrežnom seminaru (engl. *webinar*) „Pravilnom dijagnostikom do uspješne rehabilitacije“

- 18. 6. 2022.: položila tečaj za suca plivanja i od tada povremeno radim kao sutkinja na plivačkim natjecanjima diljem Republike Hrvatske (mitinzi, regionalna prvenstva, državna prvenstva)
- 13. 12. 2023.: dobitnica nagrade „Izjednačavanje mogućnosti“ u kategoriji za akademski uspjeh
- 19. 3. 2024.: sudjelovanje na 10. Danima Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci – dobitnica dekanove nagrade „Viktor Finderle“ za najbolju studenticu sveučilišnog diplomskog studija
- volontiranje u organizacijama plivačkih maratona diljem Istre i natjecanjima (pisanje brojeva na ramenima, dijeljenje majica, pisanje imena na diplomama, fotografiranje i snimanje u vodi i izvana...)

Od jezika se koristim engleskim jezikom. Poznajem rad u programu Microsoft Office i Statistica, korištenje društvenih mreža i Internet, pretraživanje baze podataka. Posjedujem vozačku dozvolu za B kategoriju. Slobodno vrijeme koristim za šetnje, čitanje knjiga iz područja psihologije, različite kreativne sadržaje, skupljanje sličica za albume.