

# Izokinetičko testiranje snage i izdržljivosti u predikciji ozljeđivanja ramenog zgloba kod vaterpolista i plivača

---

**Pivalica, Dinko**

**Doctoral thesis / Doktorski rad**

**2014**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:320549>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



KINEZIOLOŠKI FAKULTET  
SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POSLIJEDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI DOKTORSKI STUDIJ

DINKO PIVALICA

**IZOKINETIČKO TESTIRANJE SNAGE I IZDRŽLIVOSTI U  
PREDIKCIJI OZLJEĐIVANJA RAMENOG ZGLOBA KOD  
VATERPOLISTA I PLIVAČA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:  
prof. dr. sc. Šimun Anđelinović

Split, siječanj 2014.

# Sadržaj

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I     | Sažetak   | 4  |
| II    | Abstract  | 6  |
| 1     | Uvod  | 8  |
| 1.1   | Vaterpolo   | 8  |
| 1.2   | Plivanje  | 9  |
| 1.3   | Rameni zglob  | 10 |
| 1.3.1 | Kretnje u ramenom zglobu  | 11 |
| 1.3.2 | Mišići ramenog obruča   | 12 |
| 1.3.3 | Vaterpolo sport i rameni zglob  | 14 |
| 1.4   | Vrste mišićnih kontrakcija  | 16 |
| 1.5   | Procjena mišićne snage  | 19 |
| 1.6   | Izokinetičko testiranje i vježbanje   | 21 |
| 1.7   | Ozljede   | 27 |
| 2     | Dosadašnja istraživanja   | 31 |
|       | Izokinetička mjerenja   | 31 |
| 2.1   | Istraživanja karakteristika vaterpola i vaterpolista  | 35 |
| 3     | Cilj rada   | 42 |
| 4     | Metode i ispitanici   | 43 |
| 4.1   | Uzorak ispitanika   | 43 |
| 4.2   | Protokol istraživanja   | 44 |
| 4.3   | Statistička obrada  | 45 |
| 5     | Rezultati   | 47 |
| 5.1   | Analize metrijskih karakteristika mjerenja na izokinetičkom stroju  | 48 |
| 5.2   | Analize povezanosti izokinetičkog testiranja i ozljeđivanja ramenog zgloba  | 63 |
| 5.3   | Analiza razlika u izokinetičkim parametrima između skupina  | 73 |
| 6     | Rasprava  | 76 |
| 6.1   | Pouzdanost izokinetičkog testiranja   | 77 |
| 6.2   | Razlike skupina   | 80 |
| 6.3   | Izostanak utjecaja izokinetičkih parametara na ozljeđivanje ramenog obruča u ukupnom uzorku ispitanika                    | 87 |
| 6.4   | Značajni utjecaj izokinetičkih parametara na ozljeđivanje ramenog obruča kod vaterpolista – pozicijsko specifični pristup | 90 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.5 | Izostanak prediktivnih vrijednosti izokinetičkog mjerenja na ozljeđivanje kod plivača..... | 92  |
| 7   | Zaključak.....   | 95  |
| 8   | Literatura.....  | 97  |
| 9   | Prilog.....  | 103 |
| 9.1 | Pragmatička valjanost izokinetičkog testiranja .....                                       | 103 |
| 9.2 | Popis oznaka i kratica .....   | 105 |

# I Sažetak

Vaterpolo je jedan od najstarijih kolektivnih sportova, a još se od samih početaka modernih olimpijskih igara ubraja među olimpijske sportove. Tokom niza godina, pravila ovog sporta su se modificirala i mijenjala način igre što je dovelo do promjene u pristupu kod samog treninga. S kineziološkog stajališta, vaterpolo je poli-strukturalni kompleksni sport s velikom zastupljenošću cikličkih i acikličkih kretnji odgovarajućih struktura pri čemu se posebno ističe rameni zglobovi. Uslijed velikih opterećenja ramenog zgloba, dolazi i do pojave bolnog osjeta. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi postoji li povezanost vanjskih i unutarnjih rotatora (UVR) s učestalošću ozljeda ramena u vaterpolo sportu. Ujedno, željela se utvrditi pouzdanost i stabilnost izokinetičkog mjerenja ramenog zgloba te se željelo utvrditi postoje li značajne razlike u omjeru UVR-a kod vaterpolista u odnosu na plivače i kontrolnu skupinu zdravih pojedinaca. U tu svrhu, rađeno je standardizirano dvobrzinsko testiranje na izokinetičkom stroju Cybex 300. U testu je sudjelovalo 100 pojedinaca koji su podijeljeni u tri skupine. Prvu skupinu sačinjavali su vrhunski vaterpolisti, članovi Prve regionalne vaterpolo lige. Drugu skupinu činilo je 25 pojedinaca, plivača klubova nacionalne lige, a treću, kontrolnu, skupinu činilo je 25 zdravih pojedinaca koji nisu profesionalni sportaši te koji po dobi i spolu odgovaraju ispitivanim skupinama. Na osnovu provedenog istraživanja, zaključuje se kako je izokinetički dinamometar pouzdan mjerni instrument za mjerenje snage i izdržljivosti mišićnih skupina. Prilikom mjerenja ovim instrumentom, posebnu je pažnju potrebno posvetiti pravilnom pozicioniranju ispitanika te se treba pridržavati protokola testa kako bi se osiguralo da mjerenje bude standardizirano. Nepridržavanje pravila generira pogreške koje navode na krive zaključke, što je posebno izraženo kod ramenog zgloba koji je zbog svoje građe podložniji pogreškama mjerenja. Dobiveni rezultati na izokinetičkom mjernom stroju pokazuju kako postoji značajna razlika u mišićnoj sili vanjskih i unutarnjih rotatora kod vaterpolista u odnosu na ostale dvije promatrane skupine. Promatranjem mišićne sile vanjskih rotatora dominantne ruke, kod vaterpolista i plivača nije pronađena statistički značajna razlika u ostvarenoj snazi. Da je spomenuto posljedica opterećenja koje se javlja pri plivanju, potvrđuje i opažanje kako se razlika dviju spomenutih skupina u odnosu na kontrolnu skupinu zdravih pojedinaca pokazala statistički značajnom. Što se tiče ostvarene mišićne sile kod mišića koji izvode unutarnju rotaciju, pronađena je statistički značajna razlika između skupine vaterpolista i plivača. Vrijednosti vanjskih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom od 60 stupnjeva po sekundi značajno su veće kod skupine vaterpolista u odnosu na kontrolnu skupinu, ali ne i u odnosu na ispitivanu skupinu plivača. Promatrane vrijednosti ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom od 60 stupnjeva po sekundi, značajno se razlikuju između vaterpolista i kontrolne skupine, dok između skupina vaterpolista i

plivača ne postoji značajna razlika. Postoji promjena omjera antagonističkih skupina mišića, tj. omjer unutarnjih i vanjskih rotatora dominantnog ramena kod skupine vaterpolista u odnosu na skupinu plivača i kontrolnu skupinu. Nije dokazana direktna veza ozljede i izokinetičkih parametara izuzev pozicija beka i centra gdje je statistički dokazana povezanost između poremećenog omjera dominantne ruke, ali u kombinaciji s dobi.

## II Abstract

Water polo is one of the largest collective sport which has been considered an Olympic sport since the early beginnings of the modern Olympic Games. Throughout the course of years, its rules have changed in such a way that led to a change in the training process. From a kinesiology point of view, water polo is a complex sport with a large presence of cyclic and acyclic movements for which the shoulder joint is most prominent. Due to large load, the shoulder joint is frequently pained. The purpose of this research was to determine whether there's a connection between the internal and external rotators (UVR) and the frequency of shoulder injury in water polo. In addition, the study was to establish whether there is a strong reliability on isokinetic tests of the shoulder joint as well as whether there are differences in the UVR ratio when comparing water polo players with swimmers and healthy individuals. With said intent, a standardised two-speed testing was conducted on an isokinetic device Cybex 300. There were 100 participants in the test, all of which were divided into three groups. The first group was constituted of professional water polo players of the Croatian National First League. The second group consisted of 25 individuals, swimmers of the Croatian National League, while the third group was constituted of 25 healthy individuals who weren't professional athletes and were of gender and age as the athletes. On the basis of the concluded study, a conclusion can be made that the isokinetic dynamometer is a reliable instrument in measuring the force and endurance of different muscle groups. While performing tests on such devices, much caution is required due to the fact that the wrong posture of the participant as well as not following protocol can lead to wrong results. This is especially expressed when testing the shoulder joint which is submissive to such errors because of its structure. The obtained results show that there exists a statistically significant difference in the muscle power of the internal and external muscle rotators in water polo players compared to the other two research groups. While observing the muscle force of the external rotators of the dominant hand, no statistically significant difference was found when comparing the produced strength of the group of water polo players and the group of swimmers. However, the control group which consisted of healthy individuals did show a significant difference in the produced strength compared to the two aforementioned groups, which leads us to the conclusion that the difference is caused by intensive swimming present in both swimmer's training and water polo player's training. As far as internal rotator muscles are concerned, a statistically significant difference was found when comparing the swimmers' group and water polo players' group. The values for the external rotators of the subdominant hand obtained in a test with

an angular velocity of 60 units of an angle per second were much higher for the water polo players compared with the control group, but were not much different from the values of the swimmers. The values for the internal rotators of the subdominant hand obtained in a test with an angular velocity of 60 units of an angle per second were different for the water polo players' group and the control group, but there wasn't a significant difference with the water polo players' values in comparison with the swimmers' values. The results have shown that there is a difference in the ratio of the antagonistic muscle groups; that is the internal and external rotators of the dominant hand of water polo players in comparison to other tested groups. A direct connection between the isokinetic parameters and injury was not found, except in the case of 'beka' and 'centra' where a statistically significant relationship between the injury and disrupted ratio was found, but taking age into consideration.



# 1 Uvod

## 1.1 *Vaterpolo*

Vaterpolo, jedan od najstarijih kolektivnih sportova, olimpijski je sport od samih početaka modernih olimpijskih igara. S vremenom dolazilo je do različitih promjena u pravilima igre što je dovelo i do mijenjanja pristupa samom treningu (Kondric, Uljevic, Gabrilo, Kontic, & Sekulic, 2012.). Gledajući s kineziološkog stajališta, vaterpolo je polistrukturalni kompleksni sport, u kojem imamo veliku zastupljenost cikličkih i acikličkih kretnji pripadajućih struktura. Od svog nastanka 1869. godine u Galapsousu (Velika Britanija), vaterpolo, kao kolektivna sportska igra, doživio je velike promjene uvjetovane tehničko-taktičkim inovacijama i promjenama pravila vaterpolo igre. Sve te promjene su dovele do toga da je vaterpolo danas vrlo zahtjevna sportska aktivnost, koja objedinjuje plivanje, manipuliranje loptom, a ujedno obiluje i fizičkim kontaktima. Prema fiziološkoj klasifikaciji vaterpolo spada u skupinu aerobno-anaerobnih sportova s tim što oko 30% vremena na utakmici otpada na aerobne energetske procese za potrebe oporavka od čestih napora visokog intenziteta (Sajber, Rodek, Escalante, Olujic, & Sekulic, 2013.) Vaterpolo obilježavaju brza plivanja u tranziciji, snažni i precizni udarci na vrata te kontakt igra što sve skupa od igrača zahtijeva visoki nivo treniranosti, vještinu i sposobnost prilagođavanju visokom intenzitetu napora (Alcaraz et al., 2012.; De Jesus et al., 2012.; Escalante et al., 2012.a; Kondric, Sekulic, Uljevic, Gabrilo, & Zvan, 2013.; Marques et al., 2012.; Uljevic, Esco, & Sekulic, 2013.; Uljevic, Spasic, & Sekulic, 2013.)

Posljednjih se desetljeća, uz ostale tehničko taktičke zahtjeve, od igrača traži sve veća izdržljivost i snaga jer se pred njih postavljaju zahtjevi za sve veća opterećenja (Escalante et al., 2012.b, 2013.; C. Ferragut et al., 2011.; Lupo, Condello, & Tessitore, 2012.; Lupo, Tessitore, Minganti, & Capranica, 2010.). Zbog specifičnosti medija te načina igre, rame je jedan od najopterećenijih zglobova u vaterpolista. Uslijed opterećenja dolazi do pojave bola u ramenu što je jedan od razloga zašto su ozljede ramena i snaga mišića tetivno mišićnog rukavca predmet ovog istraživanja.

## **1.2 Plivanje**

Kod plivačkih sportova, neovisno što se odvijaju u vodi za koju se smatra kako je zahvalan medij, također dolazi do znatnog opterećenja ramenog zgloba. Prilikom zaveslaja plivač pomiče cijelu ruku prema naprijed i u fazi povlačenja dolazi do opterećenja svih zglobnih i izvanzglobnih struktura. Pri određenim plivačkim stilovima, radi anatomskih obilježja samog ramena dolazi do povećanog pritiska i sraza koštanog dijela i tetivno mišićnog rukavca. Današnji sportaši imaju najmanje 5 treninga tjedno u trajanju od 1 do 2 sata. Kada uz vrijeme provedeno u bazenu, uzmemo u obzir broj preplivanih bazena te broj zaveslaja potrebnih za preplivati jedan bazen, tada vidimo stvarno opterećenje ramenog zgloba (Andrews, Bakewell, & Scurr, 2011; Pink & Tibone, 2000.a; Psycharakis & McCabe, 2011.; Psycharakis & Sanders, 2008.).

Uspoređujući plivačke sportove sa sportovima kod kojih postoji aktivnost ruke iznad glave, takozvani bacački ili sportovi kod kojih je položaj ruke iznad ramena (overhead), možemo primijetiti sličnosti u opterećenjima ramena, kao i sličnost u incidenciji ozljeda ramenog zgloba. Postoji niz studija koje su se bavile učestalošću bolova kod pojedinih sportova, pa se tako incidencija ozljeda za različite sportove, kreće od 15 pa do 80%. Uspoređujući sportove s obzirom na poteškoće s ramenom, utvrđeno je kako je 66% ispitanika plivača imalo tegobe s ramenom, dok je u skupini ispitanika koji su se bavili bejzbolom njih 57% imalo smetnje s ramenim zglobovima. U ispitivanoj skupini odbojkaša 44% njih navelo je bolove u ramenu, za razliku od 7 % igrača golfa zahvaćenih u istraživanju. Upravo je ovo istraživanje potvrda kako sportovi kod kojih se ruka sportašu nalazi iznad glave (overhead) sportovi, znatno opterećuju rame, te su samim tim skloniji bolnim stanjima i oštećenjima ramena, neovisno o tome u kojem se mediju sport odvija (Bak & Fauno, 1997.; Richardson, Jobe, & Collins, 1980.).

### 1.3 Rameni zglob

Rameni zglob jedan je od najpokretljivijih zglobova u našem tijelu, a svoju pokretljivost zahvaljuje konveksnom zglobnom tijelu koje je veliko u odnosu na relativno malo konkavno zglobno tijelo. No upravo iz tog razloga radi se o jednom od najnestabilnijih zglobova. Gledajući anatomske, rameni zglob je spoj između lopatice i nadlaktične kosti. Konkavno zglobno tijelo čini *cavitas glenoidalis*, zglobna čašica, koja se nalazi na lateralnom rubu lopatice. Zglobna ploha je plitka i jajolika, a rub čašice upotpunjuje rubna hrskavica, *labrum glenoidale*. Konveksno zglobno tijelo je glava nadlaktične kosti (*caput humeri*) koja ima oblik polukugle. Zglobna ploha pokrivena je tankim slojem zglobne hrskavice. Površina je zglobne plohe konveksnog zglobnog tijela 2 do 3 puta veća od zglobne plohe konkavnog zglobnog tijela ramenog zgloba. Čahura zgloba (zglobna ovojnica) je tanka i široka stoga dopušta širok opseg pokreta - razmicanje zglobnih tijela i do 2,5 cm. U zglobnoj se ovojnici nalaze dva otvora. Prvi je pozicioniran u blizini tuberkula humerusa, gdje kroz intertuberkularni kanal prolazi tetiva duge glave bicepsa brachii-a. Drugi se otvor nalazi na prednjem dijelu ovojnice, ispod korakoidnog nastavka. Kroz njega mišićna sinovijalna vreća, *bursa subscapularis*, komunicira sa zglobnom šupljinom. Kretnje u ramenu odvijaju se zahvaljujući zglobovima ramenog obruča. U tu skupinu spadaju, osim već navedenog humeroskapularnog zgloba, i akromioklavikularni ili zglob između lopatice i ključne kosti, sternoklavikularni zglob, koji se nalazi između ključne i prsne kosti. Značajnu ulogu za kretanje ima i klizanje lopatice preko prsnog koša, iako naizgled nije zglob u užem smislu svrstava se u skupinu „pravih„ zglobova (Krmptić-Nemanić & Marušić, 2004.).

Mišićne tetive koje okružuju zglob također pojačavaju zglobnu ovojnici s kojom su na pojedinim mjestima srasle, pa njihova vezivna vlakna ulaze u sastav vezivne opne zglobne ovojnice. Tetive sudjeluju u održavanju doticaja među zglobnim tijelima, usklađuju pokrete u zglobu jer u svakom položaju mišići na primjeren način napinju zglobnu ovojnici. Sprijeda zglobnu ovojnici pojačavaju tetive mišića: *m. subscapularis*, *m. pectoralis major* i *m. teres major*, a s medijalne strane tetiva mišića *m. coracobrachialis*. Gornju stranu zglobne ovojnice pojačava tetiva mišića *m. supraspinatusa*. Straga se nalaze *m. infraspinatus* i *m. teres minor* koji se hvataju na veliku kvržicu *tuberculum majus humeri*. *M. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. teres minor* i *m. subscapularis* pripadaju tetivno mišićnom rukavcu, odnosno rotatornoj manšeti. Svojim djelovanjem navedeni mišići stabiliziraju glavu humerusa u glenoidnoj čašici te učvršćuju zglob posebice u abdukciji. Rameni zglob pojačava i tetiva duge glave bicepsa, koja prolazi kroz zglobnu šupljinu. Samo s donje strane zgloba izostaje

pojačanje zglobne ovojnice tetivama. Na ovaj način tetive pružaju veliko pojačanje zglobnoj ovojnici i stabilnosti ramenog zgloba <sup>i1</sup>

### 1.3.1 Kretnje u ramenom zglobu

Kretnje u ramenom zglobu moguće su u sve tri ravnine. Nadlaktica se oko sagitalne osi odmiče od prsnog koša (abductio) ili primiče prsnom košu (adductio). Abdukcija je u ramenom zglobu moguća do vodoravnog položaja ruke (90°), dok daljnju kretnju onemogućuje udar velikog tuberkuluma u krov ramenog zgloba. Daljnja abdukcija ruke je moguća uključivanjem sternoklavikularnog zgloba u kretnju odmicanja ruke. Lopatica i ključna kost se podižu, a donji ugao lopatice pomiče se lateralno. Udružena sa vanjskom rotacijom, abdukcija je moguća do 110° jer se veliki tuberkul nadlaktične kosti pomakne prema natrag. Kretnje u akromioklavikularnom zglobu su također važne pri abdukciju ramena te se događaju u prvih 30° i nakon 110°, kada se ključna kost rotira oko uzdužne osi. Ukoliko je onemogućena rotacija ključne kosti, abdukcija ramena je moguća samo do 110°. Podizanje ruke dopunjuje i lateralna fleksija kralješnice koja omogućava da ruka dođe u okomit položaj (Pećina & Mervar, 2004.).

Nadlaktica se oko poprečne osi pokreće prema naprijed (anteversio; flexio), odnosno prema natrag (retroversio; extensio). Anteverzija je moguća do oko 170°, dok je retroverzija moguća samo do 35° a razlog tome je ovijanje zglobne ovojnice oko vrata nadlaktične kosti. Daljnja retroverzija do vodoravne ravnine omogućena je istodobnom rotacijom ruke prema unutra.

Nadlaktica se oko uzdužne osi rotira prema van (rotatio externa) i prema unutra (rotatio interna).

Cirkumdukcija je složena kretnja pri kojoj nadlaktica opisuje stožac s vrhom u ramenom zglobu, a sastoji se od pokreta abdukcije, anteverzije, retroverzije i addukcije.

---

<sup>1</sup> sve prema Jajić i Jajić (Jajić & Jajić, 2004.)

### 1.3.2 Mišići ramenog obruča

Rameni mišići pokreću lopaticu i rameni zglob. Razvrstavamo ih u tri skupine obzirom na položaj:

- prednja
- lateralna
- stražnja.

Mišići koji se nalaze na prednjoj strani ramena su *m. subscapularis*, *m. pectoralis major et minor* i *m. subclavius*.

*M. subscapularis* je glavni unutarnji rotator i aduktor nadlaktice. On istodobno napinje zglobnu ovojniciu ramenog zgloba te svojim tonusom učvršćuje rameni zglob.

U lateralnu skupinu mišića ubrajaju se *m. deltoideus* i *m. supraspinatus*

*M. supraspinatus* je abduktor do vodoravnog položaja i vanjski rotator nadlaktice te djeluje zajedno sa deltoidnim mišićem. Posebice je aktivan kada se nosi teret u blago abduciranoj ruci (nošenje kovčega). Ako postoji slabost deltoidnog mišića, *m. supraspinatus* ga može djelomice zamijeniti. Značajan je i u stabilnosti ramenog zgloba jer priljubljuje glavu humerusa u glenoidnoj čašici. *M. supraspinatus* se najčešće razdere pri ozljedama tetivno mišićnog rukavca.

*M. deltoideus* ima tri dijela koja zajedničkom kontrakcijom abduciraju nadlakticu do vodoravne linije. Akromijalni dio deltoidnog mišića je najjači i najvažniji za abdukciju. Klavikularni dio mišića anteflektira nadlakticu i rotira je prema unutra. Spinalni dio retroflektira nadlakticu, te ju rotira prema vani.

Ruku iznad vodoravne linije podižu *m. serratus anterior* i *m. trapezius* u sternoclavicularnom zglobu.

U stražnju skupinu ramenih mišića ubrajaju se mišići koji polaze s lopatice: *m. infraspinatus*, *m. teres minor*, *m. teres major* i *m. latissimus dorsi*.

*M. teres minor* rotira nadlakticu prema van. Zajedno s ostalim mišićima rotatorne manšete učvršćuje rameni zglob.

*M. teres major* aducira nadlakticu i rotira je prema unutra i retroflektira.

Gornji dio *m. infraspinatusa* rotira nadlakticu prema vani i malo je abducira, dok donji dio mišića i adducira nadlakticu.

*M. latissimus dorsi* ekstendira, adducira i rotira ruku prema unutra. Ti se pokreti rabe tijekom aktivnosti kao što su: sječa drva, penjanje, veslanje, plivanje, posebice slobodnim stilom. *M.*

*supraspinatus*, *m. subscapularis*, *m. teres minor* i *m. infraspinatus* nazivaju se tetivno mišićnim rukavcem jer obuhvaćaju sami rameni zglob. Njihove se tetive isprepliću s vezivnom ovojnicom ramenog zgloba i pomažu u fiksaciji ramenog zgloba.

Radi same funkcije ramena i prolaska njegove tetive kroz rameni zglob, potrebno se upoznati s jednim mišićem koji spada u skupinu mišića nadlaktice.

*M. biceps brachi* je mišić nadlaktice koji se sastoji se od dvije glave, od kojih duga glava prolazi kroz sulcus intertubercularis i hvata se za labrum glenoidale čime djeluje u 2 zgloba, ramenom i lakatnom. U ramenom zglobu duga glava abducira i anteflektira nadlakticu te ju rotira prema unutra, a kratka glava vrši istu funkciju kao i duga glava, razlika je što ona još i aducira. U laktu je mišić fleksor kada je lakat ispružen, a kada je flektiran djeluje kao snažan supinator.<sup>2</sup>

U vaterpolu su sve aktivnosti direktno povezane sa snagom koju možemo definirati kao sposobnost izvršenja rada, odnosno savladavanja otpora u nekom vremenskom intervalu (Uljevic, Esco, et al., 2013.).

---

<sup>2</sup> Sve prema Krmpotić Nemanić i Marušić 2004. i Keros i sur. 1987. (Keros, Bagi, & Pećina, 1987.; Krmpotić-Nemanić & Marušić, 2004.)

### 1.3.3 Vaterpolo sport i rameni zglob

Otpor u vaterpolu se manifestira:

1. otporom protivnika u kontakt igri (sve više prisutan oblik aktivnosti)
2. otporom vode u svim kretnjama (plivanje za vrijeme "kvazihorizontalne" faze i svi ostali oblici gibanja u vodi)
3. otpor lopte (prilikom dodavanja ili šutiranja)

Postoji nekoliko vrsta akcijskog očitovanja snage, a to su:

1. eksplozivna snaga
2. maksimalna snaga
3. elastična snaga
4. repetitivna snaga
5. statička snaga

Snaga, kao motorička aktivnost, ima veliki utjecaj na tehničke aktivnosti pojedinca i očituje se tijekom izvođenja svih specifičnih radnji u vaterpolo igri, a to su plivanje, dodavanje, šut na gol, „iskoci“ i kontakt igra.

Za izvođenje navedenih kretnji potrebna je dobra muskulatura trupa, donjih ekstremiteta i ramena.

Postoji nekoliko radnji tijekom same igre koje opterećuju rameni zglob, a posebno bi se trebalo naglasiti opterećenje prilikom udarca na gol - šuta te prilikom dodavanja lopte na veću udaljenost. Kontakt igra također dovodi do znatnog naprezanja u području ramena. Iz tog razloga ovom zglobu treba pokloniti dodatnu pažnju u trenažnom procesu. Dobra pokretljivost i snaga trupa, snažna muskulatura mišića donjih ekstremiteta, gipkost ramenog i zdjeličnog pojasa, su osnovni preduvjeti za izvođenje najzahtjevnijih motoričkih zadataka u svim segmentima vaterpolo igre, a ne treba zanemariti i opterećenje prilikom plivanja.

Kao jedna od značajnih motoričkih sposobnosti je fleksibilnost. Ona ima veliki utjecaj na opću kretnju učinkovitost, razinu općih tehničkih znanja i sposobnosti, a manifestira se prilikom izvođenja svih specifičnih vaterpolskih kretnji. Visoka razina fleksibilnosti je jedna od najvažnijih motoričkih sposobnosti koja doprinosi prevenciji od ozljeda i produživanju sportske karijere vaterpolista. Sam termin potječe od latinske riječi *flectere* ili *flexibilis* što bi značilo savijati a kako i sam naziv kaže ona se manifestira gibljivošću pojedinih struktura.

Postoje razne definicije fleksibilnosti. Prema Holandu (1968.) fleksibilnost je slobodni opseg pokreta u jednom ili više zglobova. Pećina pak navodi kako je fleksibilnost pokretljivost, sloboda pokreta ili mogući opseg pokreta u pojedinom zglobu, skupini zglobova ili cijelom tijelu (Pecina & Bojanic, 2003.; Pećina & Mervar, 2004.) .

Fleksibilnost je sposobnost izvođenja maksimalne amplitude pokreta, u jednom ili više zglobova (pri izvođenju jednom ili više puta)

Tri su osnovne vrste fleksibilnosti;

- dinamička-sposobnost dinamičkog izvođenja pokreta s punom amplitudom u pojedinom zglobu
- statička-pasivna sposobnost zadržavanja određene amplitude u zglobu koristeći svoju tjelesnu težinu ili snagu udova koji nisu podvrgnuti istežanju.
- Statična-aktivna sposobnost postizanja i zadržavanja određene amplitude pokreta koristeći samo snagu istegnutog dijela.

Najčešća je mjera fleksibilnosti maksimalna amplituda pokreta u pojedinim zglobnim sustavima

Razvoj fleksibilnosti, odnosno učenje tehnike izvođenja vježbi, mora se započeti u najranijim dobnim kategorijama. Razina fleksibilnosti u predadolescentnom periodu je najveća, međutim kasnije, zbog određenih promjena nastalih za vrijeme razvoja djece i nedovoljnog broja treninga s ciljem razvoja ove sposobnosti, ona je u znatnom opadanju.

Sportaši sa slabijom fleksibilnošću troše više energije i više opterećuju svoje zglobove. Na primjer kod vaterpola pri plivanju u režimu anaerobnog praga u dionicama treninga 10x50 vaterpolisti sa slabijom fleksibilnošću plivaju 31-32 sek. uz 49-51 zaveslaj dok vaterpolisti bolje fleksibilnosti iste dionice plivaju prosječno 29-30 sek. uz 38-40 zaveslaja (Kondric et al., 2012.). Ukoliko znamo podatak koliko igrači preplivaju tijekom treninga tada vidimo da postoji znatno veće opterećenje ramena kod osoba slabije fleksibilnosti. Njima treba i veća snaga kako bi zadovoljili sve zahtjeve same igre. U konačnici možemo reći kako osobe slabije fleksibilnosti i slabije snage imaju povećan rizik za nastajanje ozljeda ramena.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> sve prema Uljević i sur 2013. (Uljevic, Esco, et al., 2013.; Uljevic, Spasic, et al., 2013.)



## 1.4 Vrste mišićnih kontrakcija

Vježbe snaženja (jačanja) dijelimo prema vrsti mišićne kontrakcije na

- izometričke
- izotoničke
- izokinetičke.

Iz navedenih mišićnih kontrakcija proizlaze i vrste vježbanja. Svaka od navedenih vrsti ima svoje pozitivne strane u procesu snaženja ali i neke nedostatke u odnosu na druge dvije vrste.

Izometrijske vježbe baziraju se na izometričkoj kontrakciji mišića koja se ranije zvala i statička kontrakcija. Kod ove vrste kontrakcija i vježbi ne dolazi do pomicanja polazišta i hvatišta mišića, dakle duljina ostaje ista, ali se mijenja tonus mišića. Ove su kontrakcije zahvalne za ranu fazu rehabilitacije jer se izvode u statičkom položaju te ne dovode do iritacije samog zgloba, a djelovanjem takozvane mišićne pumpe pozitivno djeluju na smanjenje edema. Stimulacijom mehanoreceptora pak dovode do odlaganja atrofije mišića. Upotrebom dovoljno velikog statičkog opterećenja dovodimo do podražaja maksimalnog broja fibrila što dovodi do snaženja mišića. Za ovaj tip vježbi ne treba posebna oprema jer se mogu obavljati na svim mjestima, jeftine su i ne izazivaju jači umor i jaču bol. Preporuka je provoditi ih svakodnevno i to najmanje 5 maksimalnih voljnih kontrakcija s postupnim povećanjem duljine zadržavanja. Ovim vježbama održavamo mišićni tonus. Voljni moment za provođenje ovih vježbi značajni je čimbenik u uspješnosti izometričkog vježbanja. Motivacija se nameće kao prvi problem kod ove vrste vježbanja. Uz motivaciju problem predstavlja i snaženje mišića samo pod jednim kutom, odnosno kutom pod kojim se vrši kontrakcija. Iz ovog razloga preporuka je postavljati ekstremitet u nekoliko različitih položaja kako bi se ovaj nedostatak smanjio. Značajno je i što je prilikom izvođenja izometričkih vježbi moguće i povećanje krvnog tlaka, što dolazi kao posljedica ubrzanja srčanog ritma a bez promjene općeg perifernog otpora. Naime, ubrzanje ritma dovodi do sniženja dijastoličkog punjenja, a udarni volumen se smanjuje s porastom mišićne napetosti. Objektivizacija odnosno mjerenje napretka nije moguća bez adekvatnog instrumenta (dinamometar) te nemamo direktnog povratnog odgovora i mogućnosti kontrole i praćenja napretka.

Ovaj oblik vježbi radi jednostavnosti, pozitivnog utjecaja na edem još uvijek je prvi izbor vježbi nakon traume.

Izotoničke mišićne kontrakcije se izvode uz pomoć utega i aparata s hidrauličkim sustavom. Kod najvećeg broja ovih vježbi radi se o gibanju s konstantnim otporom za vrijeme cijelog opsega kretanja.

Brzina kretnje, odnosno mišićne kontrakcije je varijabilna dok je otpor konstantan tijekom cijelog opsega kretnji. Zbog konstantnog opterećenja teže je postići mišićnu akomodaciju za rad tijekom vježbanja. Postoji nekoliko programa pri izotoničkom vježbanju, obzirom na nivo opterećenja, razvijena su dva programa. Prvi program, o kojem je govorio i kojeg je uveo De Lorme, koristi se progresivnim otporom te koristi 25%, 50%, 75% i 100% maksimalne kontraktilne mogućnosti u serijama po 10 ponavljanja, a sam se otpor povećava tjedno. Nedostatak ovog načina vježbanja je u teškom postizanju maksimalnog opterećenja jer se javlja umor kod posljednjih serija vježbi. Modificirana verzija je Oxfordski program pri kojem vježba započinje sa 100% opterećenja, a potom se u svakom daljnjem ponavljanju opterećenje u seriji smanjuje za 25%. Danas se još koriste metode progresivnog povećanja pri kojima se ne mijenja opterećenje već maksimalni broj ponavljanja. Prilikom vježbanja potrebna je puna aktivnost svih motoričkih jedinica pa autori savjetuju korištenje maksimalnih opterećenja za točno određeni broj ponavljanja. Prilikom izvođenja izotoničkih vježbi postoje dvije vrste mišićnih opterećenja ovisno o tome približava li se polazište i hvatište mišića (koncentrična kontrakcija) ili udaljava (ekscentrična kontrakcija). Opterećenje pri ovim vrstama kontrakcija možemo povećati različitim pomagalima kao što su utezi i elastične trake, ali ne treba zaboraviti kako i težina tijela može predstavljati opterećenje. Dakle prednost ove vrste kontrakcija i ovog tipa vježbanja pred izometričkim vježbama je u tome što se vježba cijeli opseg kretnji, a ne samo jedan kut. Ovim načinom moguće je jačati koncentričnu i/ili ekscentričnu kontrakciju. Još jednu prednost predstavlja mogućnost relativno jednostavnog dokumentiranja, za što se koristi dinamometrija ili manualni mišićni test (MMT). Bez obzira na izvođenje vježbi i snaženje u cijelom opsegu kretnji opterećenje koje se koristi kao maksimalna snaga odvija se u samo jednoj točki zbog duljine mišića, duljine podloge, vezivanja za kost i slično. Mišićna bol i osjetljivost mogu se javiti za vrijeme izvođenja što stvara dodatnu negativnost pri izvođenju vježbi. Većina tehnika vježbanja prvenstveno obuhvaća koncentričnu kontrakciju iako je ekscentrična komponenta uvijek prisutna pri vraćanju zgloba u početni položaj.

Izokinetičke se kontrakcije i vježbe razlikuju od izotoničkih po tome što kod ove vrste kontrakcija imamo konstantnu brzinu tijekom opsega kretnji dok je opterećenje promjenjivo. Ova vrsta mišićne kontrakcije nije moguća bez pomoći stroja koji omogućava promjenjivo opterećenje. Ovaj način vježbanja može se izvoditi samo uz pomoć izokinetičkih strojeva s kojima možemo vršiti mjerenje (dinamometriju) i snaženje muskulature. Njime postižemo ono što nismo u potpunosti mogli izotoničkim vježbama, a to je akomodacija na fiziološke promjene snage kao kraka poluge, umor i bol, te mogućnost maksimalnog opterećenja mišića tijekom cijelog opsega kretnji. Maksimalna napetost postiže se tijekom cijelog opsega kretnji. Ukoliko je maksimalni podražaj najbolji za postizanje

mišićne snage tada ćemo kod ove vrste vježbanja imati najbolje rezultate. Uz malo opterećenje samog zgloba za vrijeme opsega kretnji postiže se maksimalni rad koji se raspodjeljuje na cijeli pokret. Ova metoda ispitivanja i treniranja relativno je mlada te se pojavila 60-tih godina prošlog stoljeća, ali i danas zauzima značajno mjesto. Omogućava maksimalno opterećenje mišića, maksimalnu adaptaciju na razvijanje snage uz malu mogućnost ozljede, a samo izazivanje boli tijekom vježbanja svedeno je na minimum. Nije zanemarivo kako se kod ovog oblika vježbanja postiže veliko opterećenje na mišić uz minimalno opterećenje na zglobna tijela. Takvo se što posebno može primijeniti prilikom većih kutnih brzina. Oprema je prvi značajni nedostatak ove vrste snaženja pošto su strojevi dosta skupi te njihova amortizacija znatno poskupljuje cijeli tretman.

Postoje još uvijek proturječja vezana za stupnjeve opterećenja pod kojim se vježba odvija. Naime postoje autori koji ukazuju da ne postoji razlika u porastu snage pri raznim opterećenjima, dok drugi pak navode kako rezultat porasta snage kod jednog stupnja ne može primijeniti u drugom stupnju. Ovo upućuje na mogućnost selektivnog izbora sporih ili brzih vlakana ovisno o stupnju gibanja odnosno izabranoj kutnoj brzini. Odnos snaga - brzina upućuje na to da se viša napetost može postići kod nižih kutnih brzina te je ova j oblik poželjniji s fiziološkog gledišta iako postoje autori koji su u svojim radovima postigli bolje rezultate kod višeg stupnja u odnosu na niži stupanj gibanja. Danas se preporuča provođenje vježbanja u raznim stupnjevima odnosno kutnim brzinama što dovodi do snaženja na više stupnjeva. Izokinetičko gibanje kako je već naglašeno nije fiziološko, vezano je za stroj te prilikom testiranja ili vježbi moramo paziti na postavljanje testiranog segmenta u odnosu na osovinu stroja, ali i na utjecaj sile teže pri izvođenju vodoravnih kretnji. Za razliku od procjene MMT-om koja je jednostavna i jeftina, ali također i subjektivna, kod testiranja na izokinetičkim strojevima dobivamo objektivne parametre ali uz pomoć skupih dinamometara.

Izokinetičke vježbe ispitivane su u radu Figonija i Morrisa (Figoni & Morris, 1984.) gdje je uočeno poboljšanje kod sporih ali ne i kod velikih brzina ( $300^{\circ}/\text{sec}$ ), što je objašnjeno dužim vremenskim periodom za obradu podataka u sporom testu. Zahvaljujući sve većem broju strojeva povećava se i broj publiciranih radova o izokinetici.

Problemom vezanim za određivanje i interpretaciju odnosa snaga kroz brzinu in situ bavio se Gulch u svom radu (Gulch, 1994.). Stam i suradnici ispitivali su pouzdanost izometričkih i izokinetičkih mjerenja kod zdravih pojedinaca (Stam, Binkhorst, Vannieuwenhuyzen, & Snijders, 1993.). U ovoj studiji snaga je definirana kao sposobnost naprezanja da se postigne sila na instrumentu napravljenom za mjerenje izokinetičke i izometričke kontrakcije. Ispitivanje je izvršeno na dinamometru za ispitivanje snage kvadricepsa i na izokinetičkom stroju tipa Cybex. Podaci dobiveni dinamometrijom komparabilni su sa ispitivanjima na izokinetičkom stroju tipa Cybex.

Shields i suradnici ispitivali su ozljedu prednje križne sveze te ozljedu meniskusa i nivo sportske aktivnosti. U okviru istraživanja metoda, ispitivanja stanja muskulature i stabilizatora izvršili su testiranje na izokinetičkom dinamometru pri čemu su ispitivali jakost ekstenzora (*m.quadricepsa*) te fleksora (hamstrings skupine). Ispitivanje na Cybex II stroju koristilo se za utvrđivanje uspješnosti rehabilitacije ispitanika. Dobivene vrijednosti su upućivale na uspješnu rehabilitaciju ispitanike s ozljedom koljenskog zgloba (Shields, Silva, Yee, & Brewster, 1987.).

## **1.5 Procjena mišićne snage**

Postoje dva osnovna načina za procjenu mišićne snage: MMT (manualnim mišićnim testom) ili dinamometrijski. Kod dinamometrije razlikujemo nekoliko tipova dinamometara a to su: hidraulički dinamometri, dinamometri na pero, elektrodinamometri.

Manualni mišićni test je ispitivanje snage mišića, a osniva se na sposobnosti mišića da savlada otpor. Izvodi se u relaksiranom položaju, a sam ispitanik postavlja se u početni položaj ovisno o skupini mišića koje testiramo.

Subjektivnost je glavna mana ove vrste testiranja jer na rezultat utječu: ispitanikova volja, umor, emocionalno stanje, motivacija i neispravna fiksacija. Ovim načinom mjeri se snaga, ali ne i izdržljivost mišića. Smanjeni utjecaj subjektivnosti postizemo ponavljanjem ispitivanja, a također je poželjno da retestiranje uvijek izvodi ista osoba.

Ocjene MMT-a su od 0-5, a ovise o sposobnosti mišića agonista da izvrše zadanu radnju. Testiranje uvijek započinjemo testom za ocjenu 3, tj. za 50% snage mišića. Ukoliko bolesnik uspije izvesti kretnju za 3 testira se dalje za ocjenu 4.

Različite ocjene ovog testa imaju svoje specifično značenje.

- Ocjena 0 ili 0% mišićne snage znači da bolesnik nije u mogućnosti ostvariti kontrakciju mišića.
- Ocjena 1 ili 10% mišićne snage označava stanje kod kojeg još uvijek izostaje pokret, ali je za razliku od prethodne ocjene kontrakcija primjetna
- Ocjena 2 ili 25% mišićne snage znači kako je pokret moguće izvesti, ali samo u rasteretnom položaju testiranog segmenta.

- Ocjena 3 ili 50% mišićne snage označava kako ispitanik može izvesti pokret svladavajući silu gravitacije.
- Ocjena 4 ili 75% mišićne snage je kategorija u koju spadaju ispitanik izvodi pokret u punom rasponu uz savladavanje manjeg otpora,
- Ocjenu 5 ili 100% mišićne snage znači kako ispitanik izvodi pokret u punom opsegu uz jači otpor.

Dinamometrija je kao metoda preciznija. Izokinetički dinamometri kao što smo već ranije naveli su se pojavili 60-ih godina prošlog stoljeća, a opisali su ih među prvima Hislop i Perrine (Hislop & Perrine, 1967.). Prvi prototip izrađen je 1962., ali u kliničku praksu sama metoda ulazi tek 1968. godine. Iduće godine Perrine dobiva dozvolu za primjenu patenta u obliku izokinetičkog dinamometra. Od pojavljivanja prvog izokinetičkog stroja, izgrađeni su razni tipovi dinamometara koji funkcioniraju po sličnom principu. Prije tridesetak godina, u izokinetičke sustave uključeni su računalni sustavi za integralni izvor sile te obradu signala što je omogućilo testiranje ekscentrične i koncentrične kontrakcije te dobivanje više podataka o stanju mišića. Danas nam izokinetičko testiranje omogućuje procjenu snage, izdržljivosti, te umora. Na osnovu testiranja može se izračunati omjer antagonističkih skupina mišića, što predstavlja važan podatak za procjenu stanja. Svaki disbalans mišićnih skupina dovodi do povećanog rizika od ozljede radi lošije stabilnosti samog zgloba. Danas postoji nekoliko skupina izokinetičkih strojeva.

Prvu skupinu nazivamo pasivnim sustavima jer mjere koncentričnu kontrakciju.

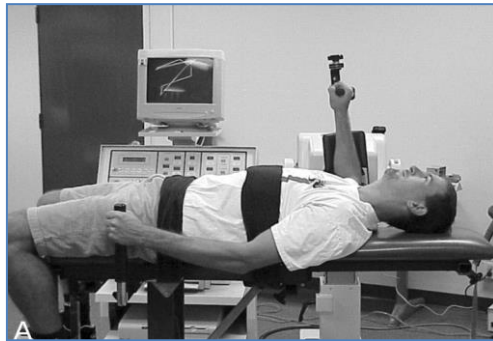
Drugu skupinu sačinjavaju aktivni sustavi koji mogu mjeriti koncentrične, ali i ekscentrične kontrakcije.

Posljednje dvije skupine možemo svrstati pod zajednički nazivnik "strojevi slični izokinetičkim" i sačinjavaju ih strojevi koji imaju osobine izokinetičkog stroja.

Sami koncept izokinetike osniva se na nekoliko mehaničkih principa. Integralni dijelovi ovih osnovnih principa su omjeri dužine i napetosti te brzine i napetosti. Dinamometar, prema Dvir-u, mjeri ukupnu napetost koja je kombinacija napetosti aktivne komponente ili poprečnoprugastih mišića i pasivne napetosti, odnosno tenzije tetiva.

Mjerenja u kineziologiji se mogu provoditi na terenu i u laboratorijskim uvjetima. Oba načina mjerenja imaju svoje pozitivne i negativne strane. Pozitivne strane terenskog mjerenja su jednostavnost primjene i niska cijena izvedbe, ali im je zato pouzdanost manja i mogućnost pogreške pri mjerenju veća. Kod laboratorijskih mjerenja imamo puno veću preciznost i pouzdanost, ali su ta

testiranja skuplja od drugih jer zahtijevaju posebnu opremu i prostor. Kako mjerni instrumenti zauzimaju važno mjesto u kineziološkim istraživanjima, u ovom radu ispitan je jedan od mjernih instrumenta koji se koriste u laboratorijskom načinu mjerenja. Ne može se koristiti u terenskom radu. Izokinetička kontrakcija ne može se izvesti bez pomoći izokinetičkih strojeva, a oni radi svoje tehničke izvedbe nisu pogodni za terenski rad (Davies, 1987.; DeLisa & Gans, 1993.; Dvir, 1995.; D.H. Perrin, 1993.).



Slika 1. Izokinetičko testiranje ramenog obruča

## ***1.6 Izokinetičko testiranje i vježbanje***

Izokinetički strojevi su u kliničkoj su primjeni od kraja šezdesetih godina prošloga stoljeća kao mjerni instrumenti i kao terapijsko sredstvo (Hislop & Perrine, 1967.; Thistle, Hislop, Moffroid, & Lowman, 1967.). Uglavnom se koriste za utvrđivanje mogućnosti voljnih kontrakcija mišića, iako postoje sustavi koji mogu testirati i pasivne kretnje kao što je paretična muskulatura. Od pojave prvog izokinetičkog dinamometra pa sve do danas, svi ovi uređaji rade po istom principu i baziraju se na gibanju s konstantnom brzinom, a promjenjivim otporom. Uključivanje računalnih sustava u integralni izvor sile i obradu mehaničkih signala dovelo je do znatnog napretka u izokinetici jer je time omogućeno izvođenje ekscentričnih kontrakcija, većih kutnih brzina i dobivanje više informacija o mišićnoj sili (Dvir, 1995.). Kroz povijest postoji niz radova koji je ukazao na prednosti ovog načina testiranja i vježbanja mišićnih skupina. Tako su Rosentsweig i Hinson 1972. godine objavili rad o komparativnoj elektromiografskoj analizi izometričke, izotoničke i izokinetičke kontrakcije. U ovom se radu po prvi put izokinetika priznaje kao metoda, a samo tri godine nakon njegova objavljivanja Pipes i Wilmore u svom radu uspoređuju izokinetički i izotonički način vježbanja te opisuju prednosti izokinetike (Pipes

& Wilmore, 1975.). Cooper 1977. opisuje rehabilitaciju koljena na izokinetičkom stroju (Cooper & Fair, 1977.). Osamdesetih se godina u kliničku praksu uvode izokinetički strojevi koji imaju mogućnost testiranja i vježbanja koncentrične i ekscentrične kontrakcije. Današnji sustavi koji se koriste u testiranju i treniranju sportaša i rekreativaca, te u rehabilitaciji ortopedsko traumatoloških bolesnika (Jenp, Malanga, Growney, & An, 1996.) mogu podijeliti u nekoliko skupina.

Prvu skupinu čine pasivni sustavi, kojima možemo testirati i vježbati samo koncentričnu mišićnu kontrakciju.

Aktivni sustavi čine drugu skupinu, a pomoću njih izvodimo ujedno i koncentričnu i ekscentričnu mišićnu kontrakciju.

Danas postoje sustavi koji su vrlo sličnih karakteristika kao izokinetički sustavi i oni sačinjavaju posljednje dvije grupe u ovoj podjeli.

Postoje razne izvedbe, ali zajednička karakteristika svih sustava je gibanje konstantnom brzinom, a promjenjivim otporom. Moramo naglasiti kako izokinetičku kontrakciju mišića nismo u mogućnosti izvesti bez pomoći stroja zato što u prirodnim uvjetima ne možemo postići konstantnu brzinu i promjenjivi otpor, osim pri kutnoj brzini od  $0^0$  što odgovara izometrijskoj kontrakciji.

Gibanje koje dobijemo na izokinetičkom stroju je nelinearno rotacijsko gibanje. Sam izokinetički dinamometar sastoji se od nekoliko elemenata (Dvir, 1995.), a to su:

- rotirajuća poluga za prihvaćanje mišićne sile
- stanica opterećenja koja prevodi mehaničku silu u električni impuls
- kontrolna jedinica koja se sastoji od osobnog računala
- sjedalica ili klupica koja služi za smještaj ispitanika.

U okviru sustava postoje i servo motori pomoću kojih možemo dobiti ekscentrični ili koncentrični način rada. Kod koncentričnog načina rada, motor pruža otpor mišićnoj sili ispitanika, dok se kod ekscentričnog načina rada testirani dio tijela kreće u suprotnom smjeru od smjera motora. Postoji i tehnička izvedba stroja s dvije sjedalice pri čemu se rotirajuća poluga i stanica opterećenja rotiraju prema jednoj ili prema drugoj sjedalici a postoji tehnička izvedba stroja s jednom sjedalicom izvedbu stroja s jednom sjedalicom gdje se cijela stanica postavlja na jednu ili drugu stranu. Prednost stola s jednom sjedalicom jest što zahtjeva manje prostora za smještaj stroja i ispitanik ne treba napuštati položaj izvođenja testa od početka pa sve do kraja samog testiranja. Međutim, prilikom svakog pomicanja stanice opterećenja, istu moramo dovesti u stabilan položaj jer je to jedan od glavnih čimbenika pouzdanosti mjerenja. Ispravan položaj testiranog segmenta omogućuje . učvršćivač.

Jedinica za prihvaćanje sile sastoji se od metalnog učvršćivača na ručicu poluge i povezuje polugu sa stanicom opterećenja koja prevađa mišićnu silu u električni signal. Ručica poluge giba se radijalno oko osovine stroja. Ispitanik primjenjuje određenu silu na polugu koja predstavlja ulazni dio samog dinamometra. Na ovaj način nastaje rotacijska kretnja koja je posljedica nastalog momenta sile. On predstavlja umnožak sile ekstremiteta prenesene na polugu te kraka koji predstavlja usmjerenu dužinu od točke u kojoj se promatra moment do pravca nosioca same sile (moment sile = krak x F ) Kutna brzina se kontinuirano prati tijekom cijelog izvođenja testa. U okviru središnjeg mehanizma nalazi se i zaustavni mehanizam koji održava konstantnu brzinu tijekom cijelog testiranja i njegova aktivacija ovisi o promjenama brzine za vrijeme izvođenja kretnje. Zaustavni mehanizam omogućava usporavanje ili ubrzavanje poluge preko koje stroj dobiva ulazne podatke o tome povećava li se ili usporava brzina tijekom izvođenja testa. Naime, prije svakog izvođenja testa jedan od parametara koje treba odrediti je brzina izvođenja izokinetičkog gibanja (Dekerle, Barstow, Regan, & Carter, 2013.; Hislop & Perrine, 1967.; Thistle et al., 1967.). Ukoliko se poluga kreće brže od zadane vrijednosti aktivira se zaustavni mehanizam koji povratnim mehanizmom usporava gibanje. Suprotno se dešava kad je brzina poluge manja, tada zaustavni mehanizam omogućava ubrzavanje poluge te bržu rotacijsku kretnju. Ova kontrola moguća je radi senzora brzine koji je povezan sa zaustavnim mehanizmom. Senzor brzine prima informaciju o trenutnoj brzini gibanja oko 1000 puta u sekundi i svaki put je usporedi s zadanom vrijednošću te poveća ili smanji zaustavni otpor ovisno o situaciji. Kao što vidimo, nije moguće u potpunosti održati konstantnu brzinu, ali zahvaljujući visokoj frekvenciji rada senzora i zaustavne petlje, stvara se gotovo konstantna brzina koja odgovara zadanoj vrijednosti. Mehanizam koji stvara otpor i služi za održavanje konstantne brzine može biti hidraulični, elektromagnetski ili kombinacija oba sustava. Valja naglasiti kako moment sile koji nastaje kao posljedica mišićne kontrakcije mora biti maksimalan. U izokinetičkoj dinamometriji dobivamo numeričke vrijednosti, ali jednako tako dobivamo i grafički prikaz na displeju računalnog sustava. Testirati možemo elemente snage i izdržljivosti, a na nalazu možemo pratiti i čimbenike umora. Snagu testiramo s najmanjim brojem kontrakcija maksimalne snage za što koristimo niže kutne brzine, dok ćemo pak izdržljivost testirati pri većim kutnim brzinama, ali s većim brojem ponavljanja. Parametre koje promatramo možemo podijeliti u dvije skupine od kojih je jedna ovisna o zglobu, a druga neovisna o zglobu kojeg testiramo. O zglobu ovisni parametri mijenjaju se ovisno o zglobu kojeg testiramo i tu spadaju:

- opseg kretnji
- kutna brzina
- pozicioniranje ispitanika
- način kontrakcije.



Osnovni parametar ove skupine je opseg kretnji koji opisuje dozvoljene pomake ručice poluge tijekom testiranja. Ovaj opseg ne smije se zamijeniti s biološkim opsegom kretnji koji je ponekad veći nego onaj koji je zadan testiranjem zbog tehničkih mogućnosti stroja. Sljedeći promatrani parametar je kutna brzina i mjeri se u stupnjevima po sekundi ( $^{\circ}/\text{sec}$ ), a odnosi se na gibanje poluge dinamometra. Kutna se brzina postiže nakon određenog vremena gibanja, a može se dogoditi, ukoliko propišemo veliku brzinu, da ne dobijemo izokinetičko gibanje te je navedeno potrebno imati na umu pri propisivanju zadane kutne brzine testa. Radi navedenog je potrebno, tijekom izokinetičkog testiranja, pratiti na monitoru računala brzinu izvođenja i oblik krivulje kako bismo utvrdili radi li se stvarno o izokinetičkom gibanju.

Amortizer, izometrička preaktivacija i povratno djelovanje spadaju u parametre snage koji nisu ovisni o zglobu. Amortizer ili prigušivač element je ovog stroja koji kontrolira ubrzavanje i usporavanje te omogućava dobivanje krivulje izokinetičkog testiranja koja nema oscilacije i šiljke. Oscilacije i šiljci nastaju kao posljedica gore navedenog zaustavnog mehanizma koji nastoji održati na već opisani način brzinu konstantnom. Neki autori navode kako su šiljci zapravo posljedica međureakcije ručice poluge i zaustavnog mehanizma koji sprječava ubrzanje te ga nazivaju prebačaj momenta (Sale, Dvir-Eger) ili umjetni udarac. Izokinetička preaktivacija je statička napetost mišića koja nastaje prije pokretanja ili prije kretnje ručice. Sama izokinetička izvedba može biti pod utjecajem povratne sprege koju karakteriziraju slušni ili vizualni oblik (Peacock i suradnici). Postoje razni radovi koji govore o efektima izvedbe u kombinacije s vidnim i slušnim podražajima. Tako su Figoni i Morris u svojoj studij pokazali na pozitivan učinak vizualnih podražaja u testovima nižih kutnih brzina dok se taj učinak ne javlja pri radu pod većim kutnim brzinama (Figoni & Morris, 1984.). Uz ovaj učinak bilježi se povećani umor što se objašnjava višim početnim vrijednostima u testu snage. Ostali parametri testiranja snage su:

- moment sile
- obrtni moment sile
- vrh momenta sile
- kut momenta sile
- prosječni moment sile
- odnos vrha momenta sile i prosječnog momenta sile
- kontraktilni rad
- snaga kontrakcije
- kontrakcijski impuls.

Moment sile je fizikalna veličina koja predstavlja umnožak mišićne sile i dužine poluge na koju je segment pričvršćen. Navedena dužina nije ništa drugo nego udaljenost od držača segmenta na poluzi dinamometra do osovine rotacije. Mjerna je jedinica Newton po metru te iz vrijednosti ove veličine možemo izvući druge parametre. Obrtni moment sile u praksi se naziva ili opisuje kao torque te se pojavljuje u jednoj točki tijekom pokreta i ovisi o brzini, spolu, dobi te statusu lokomotornog sustava. Ukoliko se obrtni moment sile postavi u odnos prema tjelesnoj težini, dobiveni odnos predstavlja kvocijent, koji pomnožen sa sto, daje relativnu vrijednost. Mayer i suradnici su u okviru svog istraživanja mladih sportaša i nesportaša analizirali određene antropometrijske vrijednosti. Mjerali su biakromijalni i bikristalni raspon, te debljinu kožnog nabora nadlaktice. Njihovi rezultati ukazuju kako nema razlike u navedenim parametrima kod ispitanika približno jednakih karakteristika tjelesnih masa, pa navode kako tjelesna masa ima znatno veći značaj u odnosu na ostale antropometrijske parametre. Ta nam vrijednost omogućuje usporedbu funkcionalnih sposobnosti mišića kod različitih osoba. Mjera za mjerenje obrtnog momenta sile je također Newton po metru, a relativna vrijednost izražava se u Newton metru po kilogramu (Mayer, Horstmann, Küsswetter, & Dickhuth, 1994..).

Pojedini autori maksimalnom snagom smatraju vrh momenta sile (Dvir, 1995.). Sam naziv ne prejudicira i položaj, odnosno specifikaciju položaja. Pošto su vrijeme i kutni položaj dvije međusobno ovisne varijable za vrijeme perioda ubrzanja, alternativna metoda prikazivanja je kutni moment sile i može se koristiti kao usporedba s metodom proizvedenog kapaciteta što su u svom radu na ekstensorima koljena radili Kramer i suradnici (Kramer, Vaz, & Hakansson, 1991.). U isto vrijeme, omogućava nam standardizaciju metode uspoređujući vrijednosti kod istih duljina poluge, odnosno kod istih duljina segmenata. Kut pri kojem se javlja vrh momenta sile naziva se kutom vrha momenta sile, i on se mijenja prilikom promjene brzine. Pri testovima s većom kutnom brzinom javlja se kasnije ostvarivanje vrha momenta sile te samim time i veći kut nego što to jest pri testovima s manjom kutnom brzinom. Ove vrijednosti variraju od pojedinca do pojedinca pa im je primjena u kliničkoj praksi upitna. Jednako tako varijacije nisu jednako zastupljene kod testiranja svih zglobova, rame je jedan od zglobova kod kojeg su ove varijacije naročito izražene.

Prosječni moment sile se također koristi kao jedan od parametara snage, a dobiva se podjelom zbrojenih vrijednosti momenata sile u pojedinim točkama s brojem samih točaka. Rothenstein i Land, smatraju kako nije nužno uvijek koristiti i ovaj parametar jer ne opisuje snagu ništa preciznije ni bolje nego što to čini vrh momenta sile (Rothstein, Lamb, & Mayhew, 1987.). Potrebno je naglasiti kako se savjetuje računanje prosječnog momenta sile samo na jednom sektoru kako bi se izbjegla greška u računanju, pa tako kod testiranja koljena zanemarujemo početnih i završnih 10° kretnje. Problem se javlja i kod osoba koje imaju smanjen opseg kretnji, ali i pri testovima viših brzina. Ukoliko previše smanjimo promatrani sektor gibanja, dogodit će nam se približavanje vrijednosti prosječnog

momenta sile i vršnog momenta sile. Rad tijekom testa usko je povezan s prosječnim momentom sile jer odgovara površini ispod krivulje kutnog momenta sile, a mjeri se u Jouleima.

Vrijednosti kontraktilnog rada mogu biti snižene i kod urednih vrijednosti vrha momenta sile, naime kod pojedinih ozljeda ispitanik nije u mogućnosti obaviti cjelokupnu kretnju istim intenzitetom pa se može dogoditi uredna vrijednost vrha momenta sile, a smanjena površina ispod krivulje. Takvo što se najbolje vidi na grafičkom prikazu jer njime dobivamo atipične prikaze kretnji (Davis; A compendium of isokinetic in clinical usage, Onalaska, Sands publisher 1992.). Snagu kontrakcije mišića mjerimo u watima i smatramo je jednom od važnijih parametara sposobnosti mišića. Računamo je kao omjer učinjenog rada u odnosu na vrijeme koje je potrebno za izvršiti rad. Ukoliko pomnožimo moment sile s vremenom trajanja dobit ćemo kontrakcijski impuls koji nam ukazuje na razliku funkcionalnih sposobnosti ispitivanih skupina i kad su vrhovi momenta sile približno jednaki. Osim parametara snage, izokinetičkim dinamometrom testiramo izdržljivost i pratimo čimbenike umora. Pri testovima izdržljivosti koristimo se višim kutnim brzinama i većim brojem ponavljanja. Ovim testovima promatramo skup kontrakcija, stoga će sniženje vrha momenta sile značiti pozitivne znakove umora. Razni autori su prikazali različite testove izdržljivosti i umora koji se razlikuju po samom broju mišićnih kontrakcija čiji broj varira od 10 (Barnes, 1981.) pa sve do 150 (Elert & Gerdle, 1989.) za vrijeme cijelog testa. Autori su ispitivali odnose vrha momenta sile naspram broja ponavljanja. Pokazalo se kako se svaki test može podijeliti u dvije faze. Prva je faza umora kod koje dolazi do sniženja momenta sile, a za vrijeme druge faze, faze izdržljivosti, dolazi do stabilizacije promatranih vrijednosti testa. Svi se autori slažu kako nema izdržljivosti bez prethodne faze umora. Za razliku od testova snage, pri kojima možemo analizirati jednu maksimalnu voljnu kontrakciju, u ovim testovima promatramo cijeli skup kontrakcija pa tako sniženje vrha momenta sile možemo promatrati kroz omjer prve i zadnje kontrakcije. Veći broj autora se slaže kako je bolje promatrati omjer prvih pet i zadnjih pet mišićnih kontrakcija kako bi se osigurao što pouzdaniji rezultat (Thorstensson & Karlsson, 1976.)

Gray i Chandler u svom istraživanju promatrali su tri najviša vrha momenta sile od pet početnih i pet završnih kontrakcija ekstenzorne muskulature koljena (Gray & Chandler, 1989.). U ranijim radovima nalazimo i na testove maksimalnog umora kod kojih nije bio zadan broj mišićnih kontrakcija, već bi svaka osoba u ovisnosti o svojim mogućnostima napravila svoj vlastiti maksimalni broj ponavljanja. Vrijeme umora se dobivalo na način da bi se izračunalo vrijeme koje je potrebno za pad vrijednosti maksimalne mišićne sile ispod 50% njene početne vrijednosti. Ovi testovi se nisu pokazali najuspješnijima jer dovode do potpunog mišićnog iscrpljenja koje zahtjeva značajno dulje vrijeme oporavka za ponovno testiranje ili uključivanje u program vježbanja.

Po završetku testiranja i dobivanja navedenih parametara snage i izdržljivosti mogu se usporediti antagonističke skupine mišića. Pošto se uvijek testira parni zglob, moguća je usporedba zdrave i bolesne, odnosno dominantne i nedominantne strane tijela. Omjeri dobivenih vrijednosti antagonističkih skupina mišića značajni su u procjeni stanja kod ciljanih testnih skupina kao što su sportaši. Nerazmjernost ili mišićni disbalans može dovesti do nestabilnosti zgloba i prenaprezanja jedne mišićne skupine što u konačnici može dovesti do ozljede i oštećenja samoga zgloba ili okolnih struktura koje aktivno ili pasivno stabiliziraju promatrani zglob. Uz navedene i već opisane mehaničke i fiziološke čimbenike, na krajnji rezultat također utječu i psihološki čimbenici jer se mjeri aktivna i voljna kretanja. Bez suradnje ispitanika test se ne može adekvatno provesti i rezultati se ne mogu pravilno interpretirati.

## **1.7 Ozljede**

Pojam sportske ozljede u širem smislu obuhvaća ozljedu nastalu tijekom kineziološke aktivnosti. Važno je poznavanje uzroka jer bez toga ne možemo provesti prevenciju kako bi spriječili nastanak iste. Ozljede mogu nastati direktnim kontaktom, kao posljedica prenaprezanja, jednokratnim dinamičkim opterećenjem. Također mogu nastati uslijed drugih promjena u samome tkivu, kao što je osjetljivost tkiva zbog drugih bolesti i oštećenja, uslijed nestabilnosti zgloba koje mogu nastati kao posljedica oštećenja ligamentarnog sustava ali i kao posljedica poremećaja antagonističkih mišićnih skupina. Prema Američkom društvu za rehabilitaciju sportske traume razlikuju se tri kategorije ozljeda, to su ozljede direktnim kontaktom, sindromi prenaprezanja, te ozljede mekih česti koje su izdvojene radi određenih specifičnosti, a mogu sadržavati karakteristike prethodno navedenih skupina. Sindrome prenaprezanja svrstavamo u skupinu mikrotraumatskih bolesti i danas ih više ne nazivamo ozljedama u klasičnom smislu, već ih nazivamo oštećenjima. Ono što uvijek stvara dilemu u području sportske traume je kvalifikacija akutne, odnosno kronične sportske ozljede. Publicirani su brojni radovi i postoje različita mišljenja. James Flint i suradnici su u svome radu sistematizirali 116 različitih radova vezanih uz ovu tematiku, te su na taj način pokušali dati određene smjernice za šest ozljeda za koje se smatra da spadaju u učestalije ozljede lokomotornog sustava (Flint, Wade, Giuliani, & Rue, 2014.). To su: ruptura Ahilove tetive, ruptura tetive bicepsa, ruptura tetive *m.pektoralisa majora*, ruptura prednjeg križnog ligamenta, prednja nestabilnost ramena i oštećenje akromioklavikularnog ligamenta. Preko 70% članaka, obrađenih u ovom pregledu definira akutne ozljede ramena kao one u trajanju 10 do 14 dana dok se za kroničnu nestabilnost ramena opisuju smetnje koje traju preko 6 mjeseci nakon ozljede, što znači da bi se sve smetnje i nestabilnosti koje

se javljaju unutar 2 tjedna nakon ozljede smatrale akutnim stanjem. Izrade epidemioloških studija vezanih uz sportske ozljede značajne su radi razvoja strategije u prevenciji sportskih ozljeda i oštećenja (sindroma prenaprezanja). Prva značajnija istraživanja pojavila su se u obliku upitnika šezdesetih godina i rađena su na velikom broju američkih sportaša koji su se bavili studentskim sportom i to američkim nogometom. Podaci koji se danas dobivaju također se mogu uzimati na osnovu upitnika, te smo svjedoci kako se na svim velikim natjecanjima prijavljuju ozljede i vrši obrada dobivenih podataka. Na taj se način prati incidencija ozljeda po pojedinim sportovima. Engebretzen i suradnici su u radu Sportske ozljede i bolesti za vrijeme Olimpijskih igara u Londonu 2012. objavili rezultate prema kojima je tijekom samih igara bila prijavljena 1361 ozljeda, što je iznosilo 128.8 ozljeda na 1000 sportaša ili gledajući ukupni broj sudionika njih 11% je prijavilo ozljedu (Engebretsen et al., 2013.). Incidencija ozljeda varira od sporta do sporta, te se putem ovakvih studija mogu dobiti smjernice u prevenciji sportskih ozljeda. Slično istraživanje su 2004. god. tijekom Olimpijskih igara u Grčkoj radili Junge i suradnici (Junge et al., 2006.), s tim što su promatrali ozljede u kolektivnim sportovima te su svojim istraživanjem obuhvatili 14 muških i ženskih kolektivnih sportova. Pokazalo se kako su na 1000 sportaša prijavljene 54 ozljede te kako je bilo 0.8 ozljeda po utakmici. Gledajući lokalizaciju ozljede, 50% od svih ozljeda otpadalo je na donje ekstremitete, dok je 24% ozljeda bilo u području glave i vrata. Od ukupnog broja 78% ozljeda nastalo je kao posljedica direktnog kontakta s drugim igračem. Nažalost, ozljede direktnog kontakta su one na koje najmanje možemo utjecati. Istraživanja se također mogu raditi na temelju podataka osiguravajućih društava koji osiguravaju sportaše, potom putem podataka ordinacija sportske medicine. Ono što se mora naglasiti je oprez pri interpretaciji svih ovih studija. Kao što smo vidjeli izneseni podatci prikazuju točno broj ozljeda prema broju sportaša prema sportu u kojem se ozljeda javila, kao i prema vrsti sportske ozljede. Na ovaj način smo sigurni kako smo uzeli u obzir sve relevantne podatke i da nam interpretacija neće biti upitna zbog nedostataka podataka. Rame je jedno od češće ozljeđivanih zglobova ljudskog tijela. Uzrok tome nalazi se u anatomske građi gdje postoji nerazmjer zglobnih tijela (relativno velika konveksna površina glave nadlaktične kosti u odnosu na malu konkavnu površinu na lopatici). Potporu i stabilnost ramena omogućuju mišićnotetivne strukture koje pojačavaju zglobnu čahuru i sprječavaju patološku gibljivost tijekom kretanja. Sportovi kod kojih se osnovna radnja odvija iznad vodoravne linije, te plivački sportovi imaju povećanu incidenciju ozljeda ramena. Scott A. Rodeo u svom radu iz 2009. god. (prema Wanivenhaus, Fox, Chaudhury, & Rodeo, 2012.) navodi kako je najčešći problem kod plivača bolno rame koje je posljedica stila plivanja pošto se 90% propulzivne snage ostvaruje putem gornjih ekstremiteta. Uzroci koji dovode do boli i ozljede su preopterećenje mišića ramenog obruča, lopatice i gornjeg dijela leđa, zatim glenohumeralna nestabilnost i sraz koji se javlja kao posljedica plivačkog zaveslaja. Ono što je ispitivanjem nađeno je nerazmjer antagonističnih skupina mišića, nefleksibilnost i gubitak elastičnosti pektoralnih mišića, a ponekad i

stražnjeg dijela tetivno mišićnog rukavca, te stražnjeg dijela zglobne čahure. Prevencija je najvažniji čimbenik u postupku rješavanja ramene boli u plivača. U tu svrhu savjetuju se vježbe za rotatornu skupinu mišića ramena, mišiće stabilizatore lopatice i donjeg dijela leđa kako bi se osigurala što bolja stabilnost tijela. Wanivenhaus i suradnici su u svom epidemiološkom istraživanju o ozljedama i prevenciji ukazali na učestalost ozljeđivanja te vrste ozljeda kod plivača (Wanivenhaus et al., 2012). U petogodišnjem istraživanju Nacionalne sveučilišne sportske udruge u Sjedinjenim Američkim Državama, incidencija ozljeda kod muških plivača bila je četiri ozljede na 1000 sati treninga, s tim da je prevalencija ozljeda ramena iznosila od 40% do 90% svih ozljeda. Razlog visoke prevalencije ozljeda ramena je u tome što prosječni plivač svakodnevno prepliva do 10 km te kroz navedeno vrijeme napravi i do 2500 zaveslaja. Neovisno o tome što se radi o kretnjama s pauzom, u različitim vremenskim intervalima, taj veliki broj ponavljanja može dovesti do oštećenja i boli u ramenu. U navedenoj studiji 91% od 80 ispitanih vrhunskih mladih plivača, dobne skupine 13 do 25 godina, navodi najmanje jednu epizodu bolnog ramena, 84% ispitanika imali su pozitivan znak sraza, dok je 69% od 52 plivača kojima je rađena magnetska rezonanca, imalo tendinopatiju *m.supraspinatusa*. Stupanj oštećenja tetive korelirao je s razinom natjecanja (Sein et al., 2010.). Najveća snaga u plivanju ostvaruje se aktivnošću mišića gornjih udova prilikom izvođenja adukcije i unutarnje rotacije, a pojačana snaga unutarnjih rotatora i aduktora dovodi do smanjene stabilnosti u glenohumeralnom zglobu. Vanjski rotator *m. teres maior* stabilizira glavu nadlaktične kosti tijekom aktivnosti *m. pectoralis maiora*. *M. serratus anterior* pomaže u stabilizaciji lopatice dok *m. subscapularis* obavlja funkciju rotacije. Nerazmjer mišićnih skupina dovodi do nestabilnosti ramenog zgloba i povećanog rizika za ozljedu i oštećenje samog zgloba. Ovo nije specifično samo za plivanje, već i za druge sportove koji imaju aktivnost ruke iznad 90° i pojačano opterećenje ramenog zgloba. U svojoj studiji Marlin M Pink i James E Tibone (Pink & Tibone, 2000.b) navode kako 66% plivača ima problema s ramenom, kao i 57% profesionalnih bacača bejbola, 44% odbojkaša studenata i 20% studenata skakača s motkom. Vaterpolo je također jedan od sportova kod kojeg se javljaju tegobe s ramenom. To je plivački sport, te se uz sve smetnje koje se javljaju kao posljedica opterećenja ramena u plivanju, pojavljuje i opterećenje pri igranju s loptom (dodavanje i udarac). Larry Drum u svom radu navodi ozljede koje se češće javljaju kod vaterpolista (Franić, Ivković, & Rudić, 2007.). Rameni zglob je najčešće ozljeđivan kod ovih sportaša bilo da se radi o akutnoj ili kroničnoj ozljedi. Na osnovu svih navedenih podataka razvidno je kako je rame izuzetno opterećeno kod svih vodenih sportova, no za razliku od plivanja postoji relativno mali broj radova koji se bave ramenom kod vaterpolista. Odnosi antagonističkih skupina ramenog zgloba sigurno igraju značajnu ulogu u stabilizaciji ramena pri kretnjama koje se obavljaju pri svakodnevnom treningu sportaša. Relativna slabost mišića povećava rizik od ozljede, te pravovremenim prepoznavanjem tog stanja može se prevenirati bol u ramenu. Mjerenjem omjera snage antagonističkih skupina mišića i dobivanjem optimalnih vrijednosti može se

smanjiti rizik od nastajanja oštećenja ramenog zgloba. Svaka od sportskih disciplina ima svoje specifičnosti u treningu i natjecanju, stoga snaga mišićnih skupina i omjer antagonističkih mišićnih skupina moraju biti prilagođeni opterećenju koje se javlja tijekom navedenih aktivnosti. Uspoređivanjem plivača i vaterpolista sa zdravim pojedincima dobit će se preporuke o potrebnim omjerima mišićne sile antagonističkih skupina mišića ramenog obruča kako bi se smanjio rizik od oštećenja. Dobiveni podaci pokazat će koje skupine mišića treba dodatno osnažiti kako bi se rameni zglob sačuvao od preopterećenja. Na taj način bi se izbjegla moguća nestabilnost koja je posljedica maksimalnog napora i umora uslijed velikog broja ponavljanja . Ono što se također javlja kao problem u istraživanjima su referentne vrijednosti za zdrave pojedince. Naime, za hrvatsku populaciju još ne postoje izmjerene vrijednosti za rameni zglob, već postoje samo vrijednosti za kuk, koljeno i gležanj dobivene u radu dr.sc. S. Dubravčić Šimunjak. Zbog toga se u istraživanje uvodi kontrolna skupina zdravih pojedinaca, bez boli u ramenu, koji se ne bave sportom niti ikakvim aktivnostima kod kojih dolazi do opterećenja ramenog zgloba.

## 2 Dosadašnja istraživanja

Istraživanja na temu izokinetičkog testiranja i povezanosti mjera dobivenih izokinetičkim testiranjem s ozljedama su u posljednje vrijeme relativno česta. Neka od njih navedena su u daljem tekstu. U drugom podpoglavlju obrađena su istraživanja koja se bave karakteristikama vaterpolo igre.

### *Izokinetička mjerenja*

Gozlan i suradnici uspoređivali su snagu lateralnih i medijalnih rotatornih mišića obaju ruku u tenisu, plivanju i odbojci (Gozlan et al., 2006.). Testirana su 42 vrhunska sportaša na izokinetičkom dinamometru tipa Cybex u dvobrzinskom testu pod kutnim brzinama od 60 i 180 stupnjeva u sekundi, a zatim su uspoređeni dobiveni vršni momenti sile (peak torque) lateralnih i medijalnih rotatornih mišića te je prikazan njihov omjer. Što se tiče tenisa, vršni moment sile medijalnih rotatora dominantne ruke bio je značajno veći nego što je to bio slučaj kod nedominantnog ramena. Omjer lateralnih i medijalnih rotatora kod žena je bio značajno manji kod dominantnog ramena. Snaga lateralnih mišića i omjer dominantnog ramena kod plivača je bio veći kod dominantne ruke kod muškaraca prilikom zakretanja od 60 stupnjeva. Odbojkašima i odbojkašicama snaga mišića dominantnog i nedominantnog ramena je bila jednaka. Veća snaga medijalnih rotatornih mišića bila je zabilježena i prije kod dominantne ruke tenisača. U plivanju, sportu simetričnih pokreta, pronađene su razlike u snazi mišića dok je u odbojci izmjerena snaga jednaka.

Tsekouras i suradnici testirali su profesionalne vaterpoliste s ciljem utvrđivanja fizičkih i psihičkih napora samog sporta. Testiranja su provedena na način da se ispituje izokinetička snaga samog ramena. Rezultati istraživanja pokazali su kako je snaga unutarnjih rotatora veća u odnosu na vanjske rotatore i to u omjeru 2: 1. (Tsekouras et al., 2005.)

Michael i suradnici nastojali su opisati disbalans mišića koji se pojavljuje u igrača rukometa. Trideset je sportaša podvrgnuto testiranju na dinamometru tipa Cybex 6000 na kojem se ispitivali koncentrična unutarnja i vanjska rotacija pri kutu otklona od 60 i 180 stupnjeva. Rezultati istraživanja pokazali su kako postoje razlike među spolovima, ali nisu doveli do toga da se definiraju kvalitetni koncepti treniranja za sportaše sa problemima u ramenom zglobu (J. W. Michael, König, Bertram, Hessling, & Eysel, 2005.).



Francuski istraživači Bernard i Codine u nekoliko su studija određivali značaj izokinetičke metode mjerenja snage mišića te treninga. Došli su do zaključka kako su izokinetička mjerenja, pogotovo što se disbalansa antagonističkih i agonističkih grupa mišića tiče, referentna metoda za evaluaciju snage mišića ramena. Također navode važnost vezanu za otkrivanje raznih poteškoća u specifičnim mišićnim grupama koje su viđene u određenim abnormalnostima ramena (Bernard & Codine, 1997.; Bernard, Codine, & Minier, 2004.; Codine, Bernard, Pocholle, & Herisson, 2005.).

Wong i Ng su proveli transversalnu studiju na 58 osoba od kojih je 31 bio iskusen penjač. Uspoređivali su koncentrično i ekscentrično stezanje mišića pri čemu su se gledale unutarnja i vanjska rotacija od 110 stupnjeva. Uspoređivala su se četiri različita omjera snage antagonista, koja su uspoređena među skupinama. Svi su omjeri bili manji kod penjača nego što je to bio slučaj kod nepenjača. Studija je pokazala kako postoji značajna razlika u omjerima, no kliničke implikacije ovog istraživanja su zasad nepoznate (Wong & Ng, 2008.).

Reid i suradnici su zbog važnosti ramenog zgloba u tenisu osoba u kolicima smatrali kako ispitivanje karakteristika istog može znatno doprinijeti prevenciji i rehabilitaciji ozljeda. Uz pomoć A 12 kamere s 250 Hz uređajem za analizu pokreta (viconmotionanalysis sistem) snimani su servisi dvoje vrhunskih svjetskih igrača tenisa u kolicima. Dobiveni podatci uspoređeni su i međusobno i sa snimkama istih pokreta 12 vrhunskih tenisača koji nisu u kolicima. Igračima u kolicima izmjerene su manje brzine u apsolutnoj sili te brzine pred udar. Razlika u brzini koja varira javlja se neovisno o tipu koji servira te najvjerojatnije ovisi o ozbiljnosti same ozljede sportaša. Ova studija dovela je autore do zaključka kako obje skupine igrača imaju jednak rizik od ozljeda ramenog zgloba (Reid, Elliott, & Alderson, 2007.).

Dale i suradnici su odlučili testirati igrače baseballa upravo zato što taj sport zahtjeva eksplozivne, snažne kontrakcije mišića koje su međusobno odvojene trenutcima odmora. Upravo ovakva aktivnost uslijed umora mišića za vrijeme kratkotrajni intenzivnih perioda rada dovesti do smanjenih rezultata. Cilj samog istraživanja je bio opisati učinke ponavljanog bacanja iznad glave na mišićnu izvedbu rotatora ramena. Testiranje je provedeno na 10 bacača koji su bili testirani u dva navrata: tjedan prije i odmah nakon vježbi pri kojoj je rađeno 60 bacanja maksimalnog opterećenja. Pri zakretanju od 300 stupnjeva mjereni su unutarnji i vanjski rotatori 12 koncentričnih i ekscentričnih kontrakcija. Pokazalo se kako su vrijeme, interakcija mišićnih grupa te tip kontrakcije značajni za zamor. Post hoc analiza otkriva kako igrači imaju veći umor IR pri ekscentričnoj kontrakciji (13.3 +-1%) u usporedbi s pre-testiranjem (7.3 +-2%). Donesen je zaključak kako je umor vezan uz bacanje utjecao na obje mišićne grupe (poglavito IR) što je imalo direktne implikacije na dinamičku stabilnost glenohumeralnog zgloba. Rehabilitacija bi po autorima trebala staviti naglasak na ekscentričnu

mišićnu izdržljivost pri treniranju rotatora ramena (Dale, Kovaleski, Ogletree, Heitman, & Norrell, 2007.).

Silva i suradnici željeli su ustanoviti normalne vrijednosti abdukcije i adukcije u maloljetnih vrhunskih tenisača stoga su testirali grupu od 36 sportaša od kojih je bilo 23 tenisača, a 13 tenisačica; prosječne dobi od 14 godina (raspon 12 do 18). Testiranja su pokazala kako je dominantno rame jače u svim segmentima osim u ER i HAB/ HAD omjeru. Abduktori su značajno ( $p < 0.05$ ) slabiji od aduktora u svim segmentima. Godine su se pokazale kao značajna razlika uspoređujući ih s dobivenim apsolutnim vrijednostima testa, ali ne i u usporedbi s relativnim vrijednostima (omjeri). Zaključak je, kako su abduktori i aduktori jači u dominantnom ramenom zglobu no kliničke su implikacije istraživanja zasad još uvijek nepoznate (Silva et al., 2006.).

Wang i suradnici su evaluirali razliku u snazi i mobilnosti rotatorne manžete ramena dominantne i nedominantne ruke kod vrhunskih odbojkaša (Wang, Macfarlane, & Cochrane, 2000). Testiranje su radili na izokinetičkom dinamometru pri kutnim brzinama od 60 i 120 stupnjeva. Uz testiranje ispitanici su ispunjavali upitnik koji je uključivao pitanja o boli. U rezultatima su dobili kako je opseg kretnji unutarnje rotacije dominantne ruke bio manji u odnosu na nedominantnu ruku. Prosječni moment sile u testu od 60 stupnjeva, gdje se ispitivala ekscentrična kontrakcija vanjske rotacije, manja je od koncentrične kontrakcije unutarnjih rotatora dominantne ruke, ali je jača na nedominantnoj ruci. Šest od deset ispitanika prijavilo je probleme s ramenom koju je opisalo kao difuznu bol u području lateralnog dijela ramena. Ovaj rad pokazuje kako vrhunski odbojkaši imaju manji opseg kretnji unutarnje rotacije i jedan relativni disbalans dominantnog ramena u odnosu na nedominantno rame. Ovo bi se moglo pravdati pojačanom snagom i smanjenom elastičnošću mekih tkiva što mi ne očekujemo s obzirom na medij

McMaster i suradnici su ispitivali odnos između labilnosti i ometajuće boli kod plivača. Pošli su od činjenice kako je bol koja se javi kod plivača tijekom treninga nešto što znatno ometa i dovodi do slabijih rezultata. Testirali su 40 plivača i koristili su se upitnikom. Nestabilnost ramena ispitana je testovima i po njima su napravljeni stupnjevi nestabilnosti. Dokazana je statistički značajna korelacija između boli i stupnja nestabilnosti (McMaster, Long, & Caiozzo, 1991.).

Slični rad radili su Bigliani i suradnici na profesionalnim igračima baseballa. Oni su na jednoj širokoj studiji, koja je uključivala 72 bacača i 76 pozicijskih igrača, ispitivali opseg kretnji i nestabilnost dominantnog i nedominantnog ramena (Bigliani et al., 1997.). Navedeni igrači nisu do tada imali smetnje s ramenom. Prosječna vanjska rotacija u položaju ramena 90 stupnjeva abdukcije statistički je bila veća, dok je prosječna unutarnja rotacija bila statistički manja na dominantnom ramenu u obje skupine ispitanika. Oba ramena kod bacača imali su prosječno veći opseg kretnji elevacije vanjske

rotacije te manju prosječnu ostvarenu vrijednost unutarnje rotacije u odnosu na pozicijske igrače. Pri ispitivanju nestabilnosti Sulcus test je bio pozitivan na dominantnoj ruci u 61% bacača u odnosu na 47% pozicijskih bacača. Isto tako stupanj stražnje nestabilnosti je znatno veći u bacača. Razlika opsega kretnji i nestabilnost kod bacačkog ramena uključena je u kretnje izbacivanja pri položaju iznad glave i mora se uzet u obzir pri rehabilitaciji i operativnim zahvatima.

Bak je ispitivao snagu i opseg kretnji ramena kod plivača koji su osjećali bol kao i one koji nisu osjećali ikakve smetnje (Bak & Magnusson, 1997.). Ispitana koncentrična i ekscentrična unutarnja rotacija ostvarila je niže vrijednosti u bolnim ramenima nego što to jest kod plivača bez smetnji u ramenom zglobu. Obje grupe ispitanika pokazuju povećan opseg kretnji vanjske rotacije i smanjeni opseg kretnji unutarnje rotacije u odnosu na standardne vrijednosti, ali nije pronađena razlika između i unutar samih grupa. Ovo upućuje da prevencija ili rehabilitacija ramena kod plivača ne bi trebala uključivati jačanje vanjskih rotatora. Pažnju bi trebalo usmjeriti na korekciju mogućeg deficita snage unutarnjih rotatora. Promjene opsega kretnji ne upućuju na mogući uzrok boli.

McMaster i suradnici su na izokinetičkom dinamometru ispitivali disbalans mišićne sile rotatorne manžete kod vaterpolista (McMaster, Roberts, & Stoddard, 1998.). Poput igrača baseballa, i vaterpolisti ponavljaju specifične kretnje adukcije i vanjske rotacije. U ovom su radu autori testirali na izokinetičkom dinamometru tipa Cybex-2 vaterpoliste i skupinu zdravih pojedinaca koja im je služila kao kontrola. Pri testu vaterpolo igrači ostvarili su veću mišićnu silu u odnosu na kontrolnu skupinu i još značajniji je disbalans pri testiranju snage rotatorne manžete AB/AD i EX/IN. Ove promjene su iste kao i one opisane u bacača baseballa. Unutrašnji rotatori su pokazali relativno veću snagu što je dovelo do smanjenja omjera vanjske i unutarnje rotacije. Pronađene promjene su izraženije u testovima nižih kutnih brzina. Nisu pokazane značajne razlike između dominantnih i nedominantnih ramena.

Kaçanski i suradnici su analizirali mobilnost ramena u sportova kod kojih je položaj ruke iznad ramena (*overhead sportovi*) prije i nakon specifičnih vježbi (Kačanski, Gava, & Soldatovic, 2011.). Autori su podijelili sportaše u dvije grupe od koji je jedna obavljala kineziološke aktivnosti u vremenu od 6 mjeseci. Rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika u gibljivosti i elastičnosti svih grupa mišića. U zaključku autori ukazuju na značaj treninga na mogućnosti kod sportaša koji se bave sportovima kod kojih je položaj ruke iznad ramena (*overhead sportovi*)

Cowderoy i suradnici istraživali su preopterećenje i sindrom sraza kod sportaša (Cowderoy, Lisle, & O'Connell, 2009.). Predisponirajući faktor sindroma prenaprezanja i sindroma sraza je nestabilnost glenohumeralnog zgloba koja se obično javlja kao posljedica ponavljano prenaprezanja rotatorne manžete pripadajuće ramene muskulature ili kao posljedica ozljede statičkih i dinamičkih stabilizatora

ramena. Prirodna hipermobilnost također može dovesti do ovih sindroma u pojedinih osoba. Pokret bacanja može dovesti do niza ozljeda statičkih i dinamičkih stabilizatora posterosuperiornog glenohumeralnog zgloba što je posljedica ponavljanja visoke energije akcije. Ozljeda anterosuperiornog stabilizatora glenohumeralnog zgloba može dovesti do anterosuperiornog sindroma sraza. Uloga MR-a u sindromu prenaprezanja i sindromu sraza ramena jest da potvrdi dijagnozu strukturne promjene i omogući liječniku odabrati adekvatni kirurški ili konzervativni tretman.

Michael J, König D i suradnici istraživali su snagu vanjskih i unutarnjih rotatora u dvobrzinskom testu pod kutnim brzinama od 60 i 180 0/ sec. Dobiveni rezultati na vrhunskim odbojkašima ukazivali su na poremećeni omjer vanjskih i unutarnjih rotatora kod testiranih sportaša (J. Michael, König, Hessling, Popken, & Eysel, 2003.).

Leroux i suradnici istraživali su u svojoj studiji disbalans rotatora ramena kod osoba s sindromom sraza te kod kontrolne skupine. Dobiveni rezultati ukazuju na statistički značajno različite omjere rotatora dominantne i nedominantne ruke u kontrolnoj skupini u odnosu na vrijednosti ostvarene u sportaša (Leroux et al., 1994.).

## ***2.1 Istraživanja karakteristika vaterpola i vaterpolista***

Dopsaj i Aleksandrović (Dopsaj & Aleksandrović, 2009.) su pokušali definirati osnovne antropološke značajke vrhunskih srpskih vaterpolista zavisno od njihove igračke pozicije. Trideset jedan vaterpolista je sudjelovao u istraživanju i svi su bili pripadnici srpske nacionalne vrste te su bili grupirani zavisno od igračke pozicije: 1. Vratari (N=6), 2. Vanjski igrači (N=13), 3. Bekovi braniči (N=6), i 4. Centri napadači (N=6). Za procjenu osnovnih antropoloških varijabli korištene su slijedeće: visina igrača (cm), tjelesna masa (kg), BMI indeks tjelesne mase ( $\text{kg/m}^2$ ), i ukupan volumen tijela ( $\text{cm}^3$ ). Rezultati su pokazali da između testiranih varijabli zavisno po pozicijama postoje statistički značajne razlike, u težini, visini i volumenu tijela. Generalno govoreći, autori rada su zaključili da je potrebno odabirati više igrače, dok se težina i BMI mogu formirati tijekom posljednje faze rasta (18-20 godina starosti), čak i u seniorskom uzrastu.

Lozovina i Pavičić rade istraživanje (V Lozovina & L Pavicic, 2004.) s ciljem utvrđivanja razlika u antropometrijskim parametrima, potkožnom masnom tkivu, indeksu tjelesne mase i tjelesne gustoće kao pokazateljima sportsko specifičnih antropometrijskih karakteristika dviju generacija (80. i 95.) vaterpolista. U istraživanju je bilo obuhvaćeno 160 elitnih Hrvatskih vaterpolista. U generaciji iz 1980.

godine je bilo 95 igrača (71,9% od tadašnjeg ukupnog broja vaterpolista) starosti između 18 i 32 godine, a u generaciji 1995 je bilo 65 igrača (50% od tadašnjeg ukupnog broja vaterpolista) starosti između 19 i 29 godina. Mjerene su 23 antropometrijske mjere koje opisuju ljudsko tijelo u 5 dimenzija i to: longitudinalnoj dimenzionalnosti, opsezima, dijametrima, potkožno masno tkivu i masi. Rezultati ovog istraživanja su utvrdili da postoje razlike u antropometrijskim mjerama između dvije generacije i to pozitivan trend razlika u longitudinalnoj dimenzionalnosti, a negativni u mjerama gustoće. Najveće razlike su zapažene u porastu u visinu (37,3 mm) i smanjenju tjelesne gustoće dok u tjelesnoj masi nije bilo razlika. Autori ovog rada su zaključili kako su se antropometrijske karakteristike elitnih hrvatskih vaterpolista značajno promijenile tijekom analiziranih 15 godina. Tjelesni oblik se mijenjao u smjeru povećanja visini i dužine ekstremiteta, s manjim opsegom struka i većom širinom ramena. pri tom je pokazano da je tjelesna masa je ostala nepromijenjena a udio mišića i masti se povećao u korist mišića.

Melchiorri i suradnici su proveli istraživanje (Melchiorri et al., 2010) s ciljem da se pokušaju odrediti razlike u fiziološkim karakteristikama vaterpolo igrača u tri različite igračke kvalitete (nacionalna selekcija (NT), juniorska nacionalna vrsta (Milanović, Jukić, Čustonja, & Šimek), i klupski igrač (AC)). Za procjene fizioloških sposobnosti je korišten više stanični plivački test (SST) i klasični test rasta laktata. SST test se zasniva na maksimalnom intenzitetu bez potpunog oporavka. Za usporedbu sportaša su korištene njihove morfološke značajke, razlike brzine pri određenim vrijednostima laktata od 2 mmol/l aerobni prag (AT) i 4mmol/l (anaerobni prag (Ant) i na SST testu (brzina, otkucaji srca i koncentracija laktata). Rezultati dobiveni ovim testiranjima pokazali su da su otkucaji srca na kraju SST bili 164 otkucaja/min., za NT 166 otkucaja/min., za NJ (nema statistički značajne razlike) i 178 otkucaja/min. za AC (statistički značajno od NT i NJ). Pri aerobnom i anaerobnom pragu brzina je bila statistički značajno veća u NT nego kod NJ i AC, dok kod NJ i AC nije dobiven a statistički značajna razlika u brzinama na pragovima. Nadalje, statistički značajna razlika nije dobivena za laktatne vrijednosti kod sve tri grupe. Pritom je kod sve tri grupe dobivena značajna korelacija između SST laktata u krvi i AT ili AnT brzine plivanja.

Aleksandrović i suradnici su svojim istraživanjem (M Aleksandrović, Radovanović, Okičić, Madić, & Georgiev, 2011.) pokušali procijeniti utjecaj funkcionalnih sposobnosti na specifično motoričke sposobnosti. U istraživanju je obuhvaćeno 92 vaterpolista (starosti  $12,0 \pm 0,5$  godina, tjelesne visine  $156,96 \pm 22,3$  cm, tjelesne težine  $51,02 \pm 33,18$  kg) sa minimalnim igračkim stažem od dvije godine. U radu su korištene standardne antropometrijske mjere, maksimalni primitak kisika, plućna funkcija, specifični plivački test i plivački test s loptom. Faktorskom analizom se pokušao odrediti latentni prostor specifičnih motoričkih sposobnosti, a regresijskom analizom utjecaj funkcionalnih sposobnosti na specifične motoričke sposobnosti. Od ukupnog broja korelacija (15) za funkcionalne

sposobnosti njih 6 je imalo značajnu povezanost na pouzdanosti od 95% (varijable aerobnih kapaciteta i plućne funkcije), a sve korelacije za varijable specifičnih motoričkih sposobnosti su bile značajne na pouzdanosti od 99%. Kod testiranja faktorskom analizom specifičnih motoričkih varijabli samo se jedan faktor generirao (GFSWP) te se može kazati kako ovi testovi predstavljaju latentni prostor specifičnih motoričkih sposobnosti. Regresijskom analizom je dobivena povezanost funkcionalnih sposobnosti i forsiranog ekspiratornog volumena s GFSWP-om. Rezultat ovog istraživanja istaknuo je utjecaj funkcionalnih sposobnosti na specifične motoričke sposobnosti odabranih mladih vaterpolista. Također je utvrđeno kako se ovi rezultati mogu koristiti u selekciji mladih vaterpolista te kod kvalitetnije izrade specifičnih trenažnih programa.

Goodwin i Cumming (Goodwin & Cumming, 1966.) proveli su istraživanje prikupljajući uz pomoć plastičnih i srebrenih elektroda zalijepljenih na kožu srčane frekvencije šestorici takmičara za vrijeme natjecanja. Minimalne vrijednosti otkucaja srca za vrijeme utakmice su bile u prosjeku 156 otkucaja/min.; prosjek maksimalnih otkucaja je bio 186 otkucaja/min. Prosjek maksimalnih otkucaja za vrijeme testiranja na biciklu je bio 188 otkucaja/min. Maksimalni primitak kisika ( $VO_2max$ ) za 14 vaterpolo igrača je testiran na biciklu i iznosio je 53,3 ml./kg. Fizički radni kapacitet (PWC 170) je iznosio 1310 kilopond metar po metru kvadratnom (k.p.m./ m<sup>2</sup>). PWC 170 je poprilično dobro korelirao s  $VO_2max$  za ovu malu grupu ( $r = 0,77$ ). Primitak kisika je mjereno pri tri različite brzine plivanja i četiri nivoa opterećenja na biciklističkom ergometru.  $VO_2max$  plivanja je bio na 88% dobivenog na biciklističkom ergometru. Nagib krivulje za primitak kisika i otkucaje srca je bio manji kod plivanja u odnosu na testiranje na biciklu. Kod približno maksimalne brzine plivanja respiratorni koeficijent je bio 0,95 a kod bicikla 1,27.

Ferraguti i njegovi suradnici u svom su radu postavili tri cilja (C Ferragut et al., 2011.): analizu specifične građe elitnih vaterpolista grupiranih po pozicijama, procjenu brzine izbačaja u različitim uvjetima (bez golmana, s golmanom i uz promjenu mjesta šutiranja), utvrđivanje povezanost između istraživanih antropometrijskih značajki i brzine izbačaja lopte. Devetnaest vaterpolo igrača Španjolske nacionalne vrste je sudjelovalo u istraživanju (9 vanjskih igrača, te po 5 centara i 5 bekova). Pokazalo se da centri imaju veće vrijednosti tjelesne težine, indeks tjelesne mase i mišićne mase u odnosu na ostale pozicije u igri, što je ukazalo na specifični morfološki profil ovih sportaša. Pri tom je također pokazano da su krila umjereno mezomorfna a centri i bekovi endomezomorfni. Nadalje, značajne razlike u brzini izbačaja lopte nisu utvrđene.

Marrin i Bampouras (Marrin & Bampouras, 2008.) su u ovom istraživanju analizirali promjene u fiziološkim i antropološkim značajkama vaterpolistica tijekom perioda treninga u godini dana. Četrnaest takmičarki je sudjelovalo u testiranju. Međutim samo je 6 takmičarki (dobi  $22,8 \pm 3,7$  godina, visine  $171,0 \pm 10,8$  cm, tjelesne mase  $66,3 \pm 4,7$  kg) završilo cijelu sezonu i one su uzete za

analizu. Ispitivanje je provedeno u više faza i to u općoj pripreмноj fazi, u specifičnoj pripreми i u natjecateljskoj fazi, s finalnim testiranjem u špici natjecateljske sezone kada se smatralo da je najviša forma takmičarki. U laboratoriju su se provela fiziološka testiranja i ispitanicama su izmjerene varijable: maksimalnog primitka kisika, anaerobnih sposobnosti, snage nogu, snagu i fleksibilnost, dok antropometrijska mjerenja uključuju postotak potkožne tjelesne masti. Specifični testovi su uključivali Multistage Swimming Shuttle Test (MSST) i 30-sekundne iskoke na голу. Za statističku obradu podataka je korištena ANOVA za zavisne uzorke s kojom je utvrđena statistički značajna razlika između mjerenja u tjelesnoj težini, potkožnom masnom tkivu, MSST i iskocima na голу, dok za ostale varijable nije zabilježena statistički značajna razlika. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da dolazi do promjena u antropometrijskim značajkama i igračkoj izvedbi tijekom godine dana, ali da pri tome nema značajnih promjena u rezultatima laboratorijskih testiranja fizioloških parametara.

Curiš (Curiš, 1988.) je u istraživanju pokušao utvrditi da li i u kojoj mjeri su rezultati općih testova povezani s rezultatima specifičnih motoričkih testova u vaterpolu. Uzorak ispitanika su bila 56 polaznika vaterpolo škole starosti 12 do 14 godina. Rezultatima istraživanja je dobivena povezanost prediktorskih varijabli s svakom kriterijskom varijablom. U radu je zaključeno kako pri selekciji a kasnije i u trenažnom procesu akcent treba staviti na razvoj snage ruku, ramenog i trbušnog pojasa, te u nešto manjoj mjeri snaga nogu, brzina, koordinacija, izdržljivost i preciznost.

Aleksandrović i suradnici rade istraživanje u kojem je cilj (M. Aleksandrović, Madić, & Okičić, 2004.) bio utvrditi utjecaj bazičnih motoričkih sposobnosti i antropometrijskih sposobnosti na specifične motoričke sposobnosti vaterpolista u latentnom prostoru. Uzorak ispitanika su sačinjavala 89 vaterpolista, uzrasta od 12 godina  $\pm$  6 mjeseci, koji su se najmanje dvije godine bavili vaterpolom i nastupali na najmanje jednom turniru saveznog ranga u okviru Vaterpolo saveza Srbije i Crne Gore. Utvrđivanje nivoa morfoloških karakteristika (14 testova), bazično (12 testova) i specifično (6 testova) motoričkih sposobnosti izvršeno je primjenom standardiziranih testova. Faktorskom analizom odredila se morfološka, bazična i specifična motorička struktura. Za utvrđivanje povezanosti utjecaja manifestnog morfološkog i bazično-motoričkog prostora na latentni prostor specifične motorike, primijenjena je regresijska analiza. Ustanovljena je statistički značajna povezanost prediktora i kriterijske varijable.

Royal i suradnici (Royal et al., 2006.) su u njihovom istraživanju pokušali procijeniti utjecaj umora na donošenje odluka i šutiranje na gol u vaterpolo igri. Četrnaest vrhunskih juniora (starosti  $17,2 \pm 0,5$  godina; tjelesne mase  $84,2 \pm 7,6$  kg; visine  $1,85 \pm 0,05$  m) pristupilo je testiranju. Svaki ispitanik je kompletirao 4 specifična vaterpolo poligona od približno osamnaest sekundi. Progresivno smanjivanje svakog slijedećeg odmora nakon poligona imao je za zadatak povećanje umora i zahtjeva igre. Uz pomoć video zapisa se procjenjivala točnost donošenja odluka i procijene tehnike kod

izvođenja šuta nakon svakog seta vježbi. Srčana frekvencija, razina uočenih napora (RPE) i koncentracija laktata u krvi su bili prikupljeni u ovom istraživanju. Srčana frekvencija ( $159\pm 12$ ,  $168\pm 13$ ,  $176\pm 12$ ,  $181\pm 12$  otkucaja po minuti;) i RPE su rasli s progresivnim smanjenjem trajanja odmora. Pri vrlo visokim umoru donošenja odluka je bila  $18,0+21,8\%$  što je bolje nego kod nižih vrijednosti umora. Preciznost i brzina šutiranja nisu bili pod utjecajem povećanog umora ali je zato tehnika izvođenja šuta značajno opala između početka i kraja testa ( $43+24\%$ ). Zaključak ovog rada je kako progresivno povećanje umora različito djeluje na donošenje točnih odluka (poboljšanje) u odnosu na tehničku izvedbu (smanjenje), kao i točnost i brzinu leta lopte (nepromijenjene) kod šuta u vaterpolo igri.

Šimenc i suradnici (Šimenc, Vuleta, & Bokor, 1996.) su proveli eksperiment sa svrhom da pokušaju utvrditi utjecaj povezanosti tromjesečnog vaterpolskog treninga na neke bazične i situacijske varijable o kojima hipotetski ovisi uspjeh u ovom sportu. Ispitivanje je provedeno na ispitanicima u dobi od 11 godina polaznika vaterpolo škole. Mjerenje je izvršeno na početku i na kraju tromjesečnog trenažnog procesa primjenom ukupno 11 testova. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je došlo do promjena u svim varijablama koje su istodobno pokazatelj primarnih motoričkih sposobnosti tipa eksplozivne snage, preciznosti i koordinacije. Također se promjene nisu mogle utvrditi u onim varijablama koje su pokazatelji znanja plivanja.

Hraste (Hraste, 2001.) je pokušao utvrditi utjecaj programa treninga na transformacije pojedinih motoričkih sposobnosti mladih vaterpolista, koji su bili sudionici programa u polugodišnjem makrociklusu treninga. Istraživanje je provedeno na uzorku od 20 vaterpolista kadeta kronološke dobi od 13-14 godina. Mjerenje je izvršeno na početku i na kraju šestomjesečnog trenažnog procesa primjenom 10 testova. Analizom varijance je utvrđena statistički značajna razlika u varijablama koje su pokazatelji brzine, izdržljivosti i koordinacije, dok na varijablama koje su pokazatelji preciznosti i eksplozivne snage nije bilo statistički značajnih promjena.

Hraste (Hraste, 2003.) je u istraživanju pokušao utvrditi utjecaj eksperimentalnog programa 1 i 2 na transformacije pojedinih motoričkih sposobnosti mladih vaterpolista. Uzorak je bio sastavljen od 36 vaterpolista kronološke dobi 13 i 14 godina koji su bili podijeljeni u dvije skupine različitog šestomjesečnog tretmana (20 u prvoj i 16 u drugoj skupini). Za potrebe ovog istraživanja je korištena baterija od 10 motoričkih testova. Kako u prostoru motoričkih obilježja ispitanika je došlo do promjena koje nisu uvjetovane jednoznačno za obje grupe autor navodi kako postoji mogućnost interaktivnog djelovanja nekih od mogućnosti. Te navodi pozitivno djelovanje trenažnog programa, kao i pojavu učenja motoričkog zadatka koji se izvodi pri testiranju te nastale promjene u okviru biološkog i fiziološkog razvoja.



Petrić (Petrić, 1988.) u stručnom radu daje pregled načina treniranja vaterpolista te izlaže problematiku treniranja gdje se naglasak stavlja na ekstenzitet a ne na intenzitet. Također kao problem navodi i to da se ne ide u korak s vremenom već se jako dugo koriste zastarjele metode treninga što ne dovodi do unaprjeđenja treniranosti. Nadalje analizira i druge metode koje nisu standardne u vaterpolskoj praksi te iznosi dobre i loše strane takvog načina rada. Pri tom navodi i testove koji se mogu koristiti u dijagnostici treniranosti te napominje i problematiku tj. Da se obavezno treba voditi računa o metrijskim karakteristikama testova koje se korist.

Platenou je u svom istraživanju (Platanou, 2006.) pokušao razviti specifični terenski test te procijeniti točnost i pouzdanost tog testa kod vaterpolista. Testirala se vertikalna skočnost iz vode. Sedamnaest vaterpolo igrača koji igraju u Grčkoj prvoj ligi sudjelovalo je u istraživanju te su testirani na dva načina: prvi test je bio laboratorijski i to 2-dimenzionalna kinematička analiza (2D), a drugi je bio specifični terenski test. Rezultati terenskog testa su je bila  $68,6 \pm 5,4$  cm, raspona rezultata  $56,5 - 79,5$  cm. A s druge strane procijenjena srednja vrijednost iskoka iz vode mjerena 2D kinematičkom tehnikom je bila  $65,3 \pm 5,9$  cm. Rezultati ANOVA testa višestrukog mjerenja su pokazali da ne postoji statistički značajna razlika između tri mjerenja kod terenskog testa i da je najbolja izvedba izmjerena s 2D tehnikom. Među čestična korelacija se za tri pokušaja skoka kretala između 0,91 i 0,98, gdje je također korelacija između najboljeg rezultata terenskog testa i 2D video snimke bila 0,96. Pouzdanost ovog testiranja je procijenjena s metodom Bland i Altman. Rezultati nam pokazuju da je specifični terenski test pouzdan te da ga se može koristiti za procjenu skočnosti iz vode.

Bampouras i Marrin (Bampouras & Marrin, 2010.) u svom istraživanju ukazuju na važnost redovitog testiranja specifičnih motoričkih sposobnosti kod vrhunskih natjecatelja. Test 30 sekunda iskoka na gredu je čest test koji se koristi u vaterpolu za procjenu sposobnosti višestrukog dizanja tijela iznad površine vode. Cilj ovog istraživanja bio je dokazivanje pouzdanosti ovog testa. Trinaest vrhunskih vaterpolistica je testirano dva puta u različitim fazama treninga. Rezultati istraživanja ukazuju na to da test nije dovoljno osjetljiv za otkrivanje promjena sposobnosti kod elitnih vaterpolistica. Također, nije dobivena korelacija antropometrijskih značajki s iskocima na gredu. Autori su predložili da se test 30 sekundi iskoka na gredu ne bi trebao koristiti za procjenu sposobnosti igrača kod višestrukog iskoka iz vode iz razloga što nije pouzdan.

Lozovina i suradnici (V. Lozovina, Pavičić, & Lozovina, 2003.) smatraju da vaterpolo, kao aktivnost, pripada kategoriji polistrukturalnih sportova složenog kretanja. Aktivnosti igrača u ulozi napadača druge linije promatrana je na uzorku natjecateljskih utakmica u prvoj nacionalnoj ligi. Cilj studije bio je definirati skupinu novih mjerenih varijabli u cilju objektivnog bilježenja količine, intenziteta i trajanja aktivnosti igrača, te procjene putem kriterija faktorske validnosti. Na uzorku od 87 igrača, primijenjeno je 29 varijabli. Osnovni statistički podaci za sve mjerene varijable prikazani su kao

referentne vrijednosti različitih aktivnosti igrača. Faktorskom analizom dobivena su tri značajna faktora koji objašnjavaju 84,6% varijabilnosti. Faktori su interpretirani kao: količina akcije, intenzitet aktivnosti u vertikalnom stavu tijela, te kao intenzitet i ekstenzitet aktivnosti u horizontalnom stavu tijela. Zadnja dva faktora, su opisana kao karakterističan stav tijela u vaterpolu, a sve zbog specifičnosti igre u vodi. Zaključeno je da su predložene varijable i procedura mjerenja dobro prilagođen i objektivan instrument za mjerenje energetskih aspekata analize kineziološke aktivnosti

### 3 Cilj rada

Cilj istraživanja je utvrditi je li omjer snage vanjskih i unutarnjih rotatora ramena (UVR) faktor koji utječe na ozljeđivanje ramena u vaterpolo sportu.

Parcijalni ciljevi su:

1. utvrditi pouzdanost i stabilnost izokinetičkog mjerenja ramenog zgloba
2. utvrditi UVR kod vaterpolista
3. utvrditi UVR kod plivača (odgovarajući po dobi i spolu)
4. utvrditi UVR kod zdravih pojedinaca - kontrolna skupina (odgovarajući po dobi i spolu)
5. utvrditi razlike UVR između analiziranih skupina (vaterpolisti; plivači; kontrolna)
6. utvrditi povezanost UVR kod vaterpolista s incidencijom ozljeđivanja ramena u jednogodišnjem periodu
7. utvrditi povezanost UVR kod plivača s incidencijom ozljeđivanja ramena u jednogodišnjem periodu
8. utvrditi povezanost UVR kod kontrolne skupine s incidencijom ozljeđivanja ramena u jednogodišnjem periodu

## 4 Metode i ispitanici

### 4.1 Uzorak ispitanika

Ispitivanje je rađeno na uzorku od 100 muških pojedinaca koji su podijeljeni u tri skupine. Prvu skupinu sačinjavali su vaterpolisti koji se natječu u regionalnoj vaterpolo ligi. Drugu skupinu sačinjavali su plivači, aktivni natjecatelji, a treća se skupina sastojala od zdravih pojedinca koji se ne bave sportom, a po dobi su slični drugim skupinama. Prva skupina u kojoj se nalazilo 50 ispitanika podijeljena je u dvije podskupine ovisno o poziciji u igri. Prvu podskupinu sačinjavali su igrači koji igraju na vanjskoj poziciji, a drugu skupinu sačinjavali su igrači na poziciji centra i beka. Svaki od ispitanika je upoznat sa protokolom testa, s istraživanjem te je pristao na sudjelovanje u testu.

U prvoj su se skupini nalazili igrači regionalne vaterpolo lige koji su članovi 6 različitih klubova. Prosječna starost ispitanih vaterpolista bila je 23,7 godina, prosječna visina 191,2 cm a prosječna težina 93,4 kg. Prosječno bavljenje vaterpolom kao sportom u ovoj grupi iznosilo je 10,4 godine, uz prosječno 9 treninga po tjednu, a tijekom sezone igranja igrač je prosječno odigrao 28,6 utakmica. Praćenje vaterpolo grupe odvijalo se kroz 2 godine s obzirom na to kako se radilo o relativno velikom broju natjecatelja. Pred samo testiranje dobiveni su podatci o eventualnim ozljedama ramena kroz prethodnih godinu dana te načinu liječenja, visini, težini i dobi ispitanika.

Drugu skupinu sačinjavali su plivači klubova koji spadaju u prvu nacionalnu ligu, a koji su članovi su tri kluba. Njihova prosječna duljina treniranja je 11 godina, prosječni broj treninga je 9,1 po tjednu. Prosječna dob iznosila je 19,7 godina, prosječna visina 186,6 cm a prosječna težina 78,8 kg

Treću ispitanu skupinu ispitanika sačinjavali su zdravi pojedinci, a uvjet je bio da se ne bave sportom kod kojeg do opterećenja ramenog obruča („overhead“ sport). Prosječna starost ove skupine iznosila je 24,1 godinu, prosječna visina 184,7 cm a težina 85,5 kg.

## **4.2 Protokol istraživanja**

Istraživanje je rađeno na izokinetičkom dinamometru Cybex 300. Softverski program izokinetičkog dinamometra je HUMAC koji je ovlaštenu program za ovaj tip dinamometra. Koristio se standardizirani dvobinski test vanjskih i unutarnjih rotatora ramena. Kutne brzine pri kojima se izvodilo istraživanje bile su  $60^{\circ}$  / sekundi i  $180^{\circ}$  / sekundi. Broj ponavljanja koji se promatrao u testu od  $60^{\circ}$  / sec je pet maksimalnih ponavljanja, dok je u testu izdržljivosti broj promatranja bio 15. Test je izveden u ležećem supinacijskom položaju s abdukcijom ramena i lakta pod  $90^{\circ}$ . Testirana je prvo nedominantna ruka, a potom i dominantna ruka. Testirana ruka postavi se u držač i fiksira za polugu. Tijelo se fiksira s trakama kako bi se osigurao stabilan položaj tijela tijekom izvođenja testa. Osovina zgloba postavi se u razinu osovine dinamometra kad je to obavljeno započne se s protokolom testa. Prvo se provodi test niže kutne brzine s tim što se prije samog mjerenja napravi 3 ponavljanja submaksimalne, a potom 3 ponavljanja maksimalne snage kako bi se osoba upoznala s opterećenjem te kako bi se omogućilo zagrijavanje mišića koje testiramo. Nakon pauze od 20 sekundi, izvede se 6 maksimalnih voljnih kontrakcija. Po završetku i pauze od 30 sekundi ponavlja se postupak zagrijavanja na višoj kutnoj brzini i prema protokolu obavi testiranje ali pri ovoj kutnoj brzini izvede se 18 ponavljanja. Postupak se potom ponavlja s dominantnom rukom prema istom protokolu: prvo niža kutna brzina 6 ponavljanja te potom viša s 18 ponavljanja. Po završetku testa dobiju se vrijednosti na osnovu 5 maksimalnih vrijednosti u testu od  $60^{\circ}$  / sekundi, te na osnovu 15 kontrakcija u testu  $180^{\circ}$  / sekundi

Kako bi utvrdili pouzdanost izokinetičkog stroja kao mjernog instrumenta rađeno je ispitivanje pouzdanosti izokinetičkog stroja putem test retest metode. Istraživanje je napravljeno na 10 zdravih muškaraca prosječne starosti 21 god. Prosječna visina ispitanika je 187 cm, a težina 82 kg i koji se nisu aktivno bavili sportom. Desna ruka je svim ispitanicima bila dominantna. Promatrao se maksimalni moment sile kroz 5 ponavljanja u testu  $60^{\circ}$  / sekundi i kroz 15 ponavljanja u testu  $180^{\circ}$  / sekundi. Testirana je prvo nedominantna ruka, a potom dominantna ruka. Testirana ruka postavljena je u držač i fiksirana za polugu. Tijelo se fiksira s trakama kako bi se osigurao stabilan položaj tijela tijekom izvođenja test. Osovina zgloba postavi se u razinu osovine dinamometra i te se nakon toga započne s protokolom testa. Prema protokolu prvo se provodi test niže kutne brzine s tim što se prije mjerenja napravi 3 ponavljanja submaksimalne potom 3 ponavljanja maksimalne snage kako bi se osoba upoznala s opterećenjem i omogućilo zagrijavanje mišića koje testiramo. Nakon pauze od 20 sekundi izvodi se 6 maksimalnih voljnih ponavljanja. Po završetku i pauze od 30 sekundi ponovio se postupak

zagrijavanja na višoj kutnoj brzini i po istom se protokolu obavilo testiranje jedina je razlika što se pod ovom kutnom brzinom kretnja izvodila 18 puta. Postupak se tada ponovi s dominantnom rukom prema istom protokolu: prvo niža kutna brzina s 6 ponavljanja, a potom viša s 18 ponavljanja. Nakon obavljenog prvog testa, i 10 minutnog odmora test se ponovio pod istim uvjetima. Za utvrđivanje pouzdanosti izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije između rezultata testa i retesta. Za utvrđivanje homogenosti, izračunat je t test za zavisne uzorke između rezultata testa i retesta na istoj varijabli. Za utvrđivanje osjetljivosti, izračunat je Kolmogorov test normalne distribucije, a faktorskom analizom izračunata je faktorska valjanost. Pragmatična vrijednost testa utvrđena je primjenom t testa za zavisne uzorke i tu se promatrala razlika između dominantne i nedominantne ruke.

### **4.3 Statistička obrada**

Statistička obrada podrazumijevala je nekoliko faza obrade rezultata.

Prva faza obrade podataka podrazumijeva izračunavanje izlaznih parametara testiranja. Preciznije, po završenom testiranju promatra se ostvarena maksimalna vrijednost mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne i nedominantne ruke. Ostvarene vrijednosti svakog ramena postave se u omjer čime se dobije omjer antagonističkih skupina mišića za svakog pojedinca.

Deskriptivna statistička obrada podrazumijevala je izračunavanje deskriptivnih parametara. Za sve varijable iz testa određene su vrijednosti aritmetičkih sredina i standardnih devijacija (u slučaju parametrijskih varijabli) te frekvencija i postotaka (u slučaju neparametrijskih varijabli).

Pouzdanost mjerenja utvrdila se test-retest metodom na prethodno opisanom prigodnom uzorku ispitanika uzorku ispitanika. Ovaj dio statističke obrade uključivao je izračunavanje test- retest korelacije te t-test za zavisne uzorke (razlike dvaju testiranja). Dodatno je utvrđen normalitet distribucije rezultata (osjetljivost testova) izračunavanjem Kolmogorov-Smirnov testa za zavisne uzorke.

Razlike među grupama (vaterpolo, plivanje, kontrolna i ozlijeđeni u odnosu na neozlijeđene) su se utvrdile primjenom analize varijance s odgovarajućom post-hoc analizom kod parametrijskih varijabli, i Kruskal- Wallis testom kod neparametrijskih varijabli. Dodatno se utvrđivalo i multivarijatne razlike primjenom forward conditional diskriminativne analize.

Za testiranje povezanosti se koristila logistička regresijska analiza primjenom forward logističke analize.

## 5 Rezultati

Rezultati će biti prikazani u narednim poglavljima

- Analiza metrijskih karakteristika mjerenja na izokinetičkom stroju
- Analize povezanosti izokinetičkog testiranja i ozljeđivanja ramenog zgloba
- Analiza razlika u izokinetičkim parametrima između skupina



## 5.1 Analize metrijskih karakteristika mjerenja na izokinetičkom stroju

Tablica 1. Korelacija vrijednosti izokinetičkog mjerenja testa i retesta koji se izvodi desnom rukom pod kutnom brzinom 60°/s (\*označava značajne koeficijente korelacije)

|      |           | RETEST |         |        |          |
|------|-----------|--------|---------|--------|----------|
|      |           | D60ex  | D60exbw | D60int | D60intbw |
| TEST | D60ex     | 0,91*  |         |        |          |
|      | D60 ex bw |        | 0,80*   |        |          |
|      | D60int    |        |         | 0,88*  |          |
|      | D60intbw  |        |         |        | 0,76*    |

LEGENDA: D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarjni rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw - unutarjni rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost

Tablica 2. Korelacija vrijednosti izokinetičkog mjerenja testa i retesta koji se izvodi desnom rukom pod kutnom brzinom 180°/s (\*označava značajne koeficijente korelacije)

|      |           | RETEST |          |         |           |
|------|-----------|--------|----------|---------|-----------|
|      |           | D180ex | D180exbw | D180int | D180intbw |
| TEST | D180ex    | 0,84*  |          |         |           |
|      | D180exbw  |        | 0,77*    |         |           |
|      | Dint180   |        |          | 0,62    |           |
|      | D180intbw |        |          |         | 0,58      |

LEGENDA: D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarjni rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarjni rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost

Tablica 3. Korelacija vrijednosti izokinetičkog mjerenja testa i retesta koji se izvodi lijevom rukom pod kutnom brzinom 60°/s (\*označava značajne koeficijente korelacije)

|      |          | RETEST |         |        |          |
|------|----------|--------|---------|--------|----------|
|      |          | L60ex  | L60exbw | L60int | L60intbw |
| TEST | L60ex    | 0,89*  |         |        |          |
|      | L60exbw  |        | 0,80*   |        |          |
|      | L60int   |        |         | 0,75*  |          |
|      | L60intbw |        |         |        | 0,69*    |

LEGENDA: L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost

Tablica 4. Korelacija vrijednosti izokinetičkog mjerenja testa i retesta koji se izvodi lijevom rukom pod kutnom brzinom 180°/s (\*označava značajne koeficijente korelacije)

|      |           | RETEST |          |         |           |
|------|-----------|--------|----------|---------|-----------|
|      |           | L180ex | L180exbw | L180int | L180intbw |
| TEST | L180ex    | 0,84*  |          |         |           |
|      | L180exbw  |        | 0,64*    |         |           |
|      | L180int   |        |          | 0,65*   |           |
|      | L180intbw |        |          |         | 0,31      |

LEGENDA: L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost

U tablicama 1 do 4 prikazani su rezultati analize pouzdanosti kroz koeficijente korelacija između testa i retesta za svaku pojedinu varijablu. Pouzdanost mjerenja najbolje se iščitava kroz postotak zajedničke varijance testa i retesta, a kojeg je lako izračunati kvadriranjem svakog pojedinog koeficijenta korelacije. u tom smislu 50% zajedničke varijance smatrati će se zadovoljavajućom pouzdanošću (koeficijent korelacije 0.7). kod testiranja desnom rukom (dominantna ruka svim ispitanicima), primjećuju se generalno viši koeficijenti korelacije nego kod testiranja lijevom rukom. Stoga se može govoriti o nešto boljoj pouzdanosti mjerenja koje se izvodi dominantnom rukom. To se u prvom redu odnosi za mjerenja koja se izvode pri kutnoj brzini od 60°/s, to jest kod sporijih kretnji.

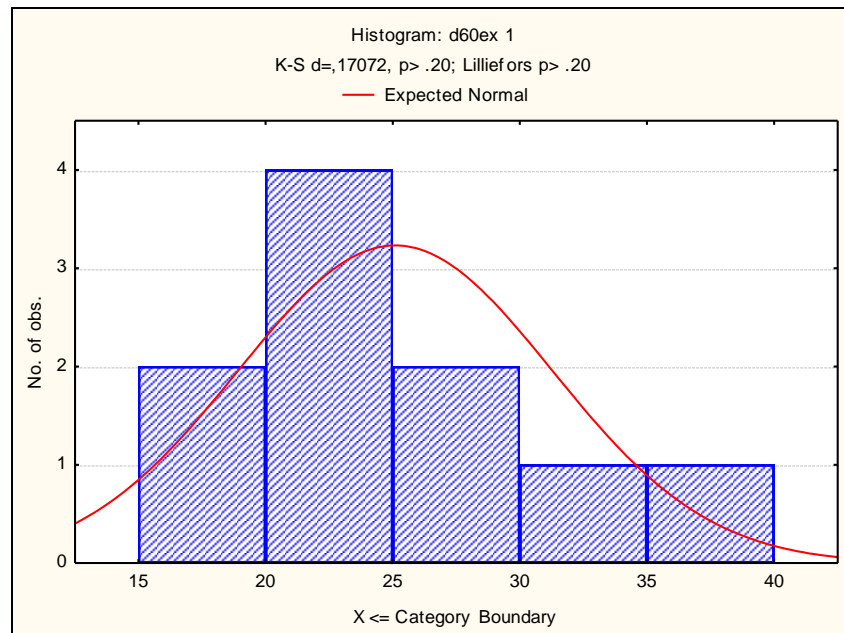
Tablica 5. Deskriptivni podatci – t test za zavisne uzorke – homogenost mjerenja

|           | TEST  |       |       |       | RETEST |       |       |       | T TEST |      |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|------|
|           | AS    | MIN   | MAX   | SD    | AS     | MIN   | MAX   | SD    | T TEST | p    |
| D60ex     | 25,10 | 18,00 | 38,00 | 6,17  | 26,40  | 21,00 | 38,00 | 6,02  | -1,59  | 0,15 |
| D60 exbw  | 13,80 | 11,00 | 19,00 | 2,39  | 14,60  | 11,00 | 19,00 | 2,50  | -1,63  | 0,14 |
| D60int    | 46,60 | 29,00 | 67,00 | 11,14 | 50,10  | 39,00 | 70,00 | 10,29 | -2,09  | 0,07 |
| D60intbw  | 25,50 | 19,00 | 34,00 | 5,08  | 27,60  | 22,00 | 35,00 | 4,40  | -1,98  | 0,08 |
| D180ex    | 19,00 | 13,00 | 24,00 | 4,22  | 20,20  | 14,00 | 31,00 | 5,59  | -1,25  | 0,24 |
| D180exbw  | 10,60 | 8,00  | 13,00 | 1,90  | 11,00  | 7,00  | 15,00 | 2,45  | -0,80  | 0,44 |
| Dint180   | 33,00 | 25,00 | 47,00 | 7,32  | 36,30  | 25,00 | 56,00 | 10,25 | -1,28  | 0,23 |
| D180intbw | 18,30 | 14,00 | 26,00 | 3,89  | 20,10  | 15,00 | 31,00 | 5,28  | -1,30  | 0,22 |
| L60ex     | 24,20 | 18,00 | 37,00 | 5,55  | 24,20  | 14,00 | 37,00 | 6,30  | 0,00   | 1,00 |
| L60exbw   | 13,60 | 11,00 | 19,00 | 2,32  | 13,40  | 9,00  | 19,00 | 2,67  | 0,39   | 0,71 |
| L60int    | 38,00 | 25,00 | 59,00 | 11,82 | 41,50  | 26,00 | 61,00 | 11,51 | -1,33  | 0,22 |
| L60intbw  | 20,90 | 14,00 | 31,00 | 5,90  | 22,90  | 17,00 | 31,00 | 5,28  | -1,42  | 0,19 |
| L180ex    | 17,60 | 14,00 | 24,00 | 3,17  | 18,20  | 13,00 | 25,00 | 4,73  | -0,70  | 0,50 |
| L180exbw  | 10,00 | 8,00  | 12,00 | 1,15  | 10,30  | 8,00  | 14,00 | 2,11  | -0,58  | 0,58 |
| L180int   | 30,10 | 18,00 | 38,00 | 6,33  | 31,40  | 23,00 | 43,00 | 6,92  | -0,74  | 0,48 |
| L180intbw | 15,80 | 11,00 | 21,00 | 3,29  | 17,10  | 14,00 | 24,00 | 3,67  | -1,00  | 0,34 |

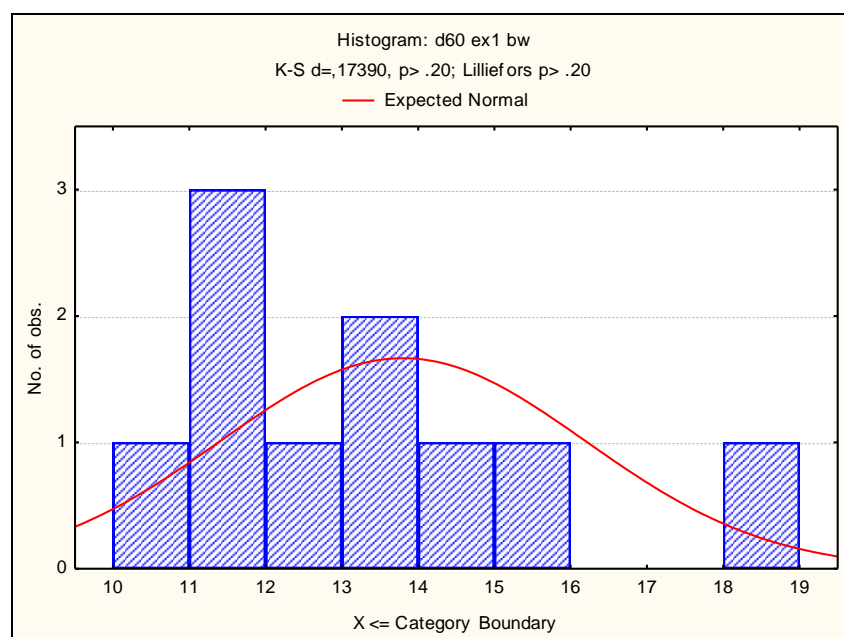
LEGENDA: D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost, AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija, MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat

Kao što se može vidjeti iz tablice 5, svi testovi imaju zadovoljavajuću homogenost. Dakle, pored činjenice da je su neki testovi imali lošu pouzdanost ( Dint 180 , D180 intBW, L180intBW), niti jedan test nije u svom prosječnom rezultatu prilikom retesta bio drugačiji nego u prosječnom rezultatu kod testa. Uvidom u dobivene rezultate primijeti se kako je dio ispitanika ostvario bolje rezultate u incijalnom testu dok su drugi ispitanici ostvarili bolje rezultate u retestu. Ovo se vjerojatno dogodilo zbog toga jer su neki ispitanici prilikom testa ustvari tek „naučili“ kretnju koja se izvodi, a neki su prilikom testa djelomično umorili miškulaturu koja izvodi kretnju pa je rezultat na testu logično bio lošiji. Međutim, generalno se može ustvrditi kako je homogenost (stabilnost) mjerenja dobra.

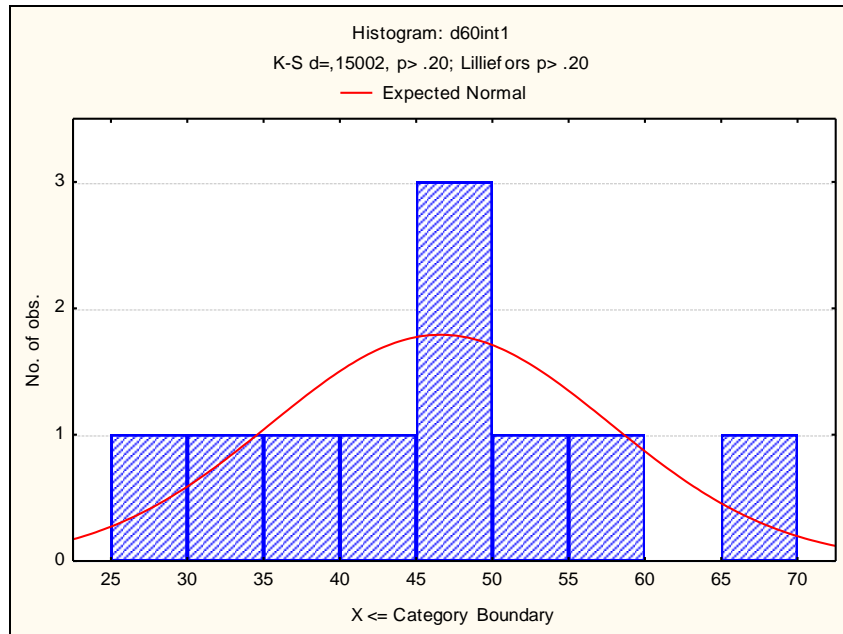
Slika 1. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s



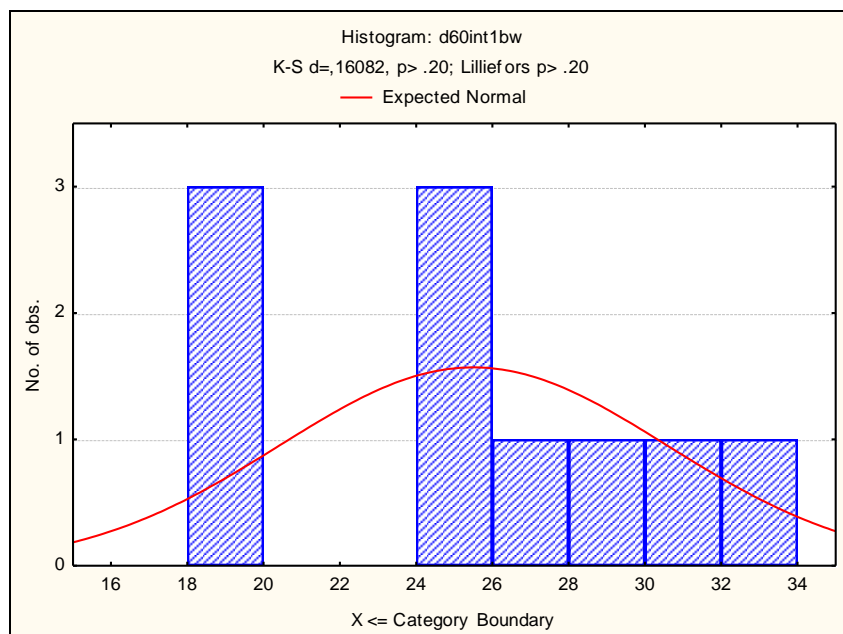
Slika 2. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



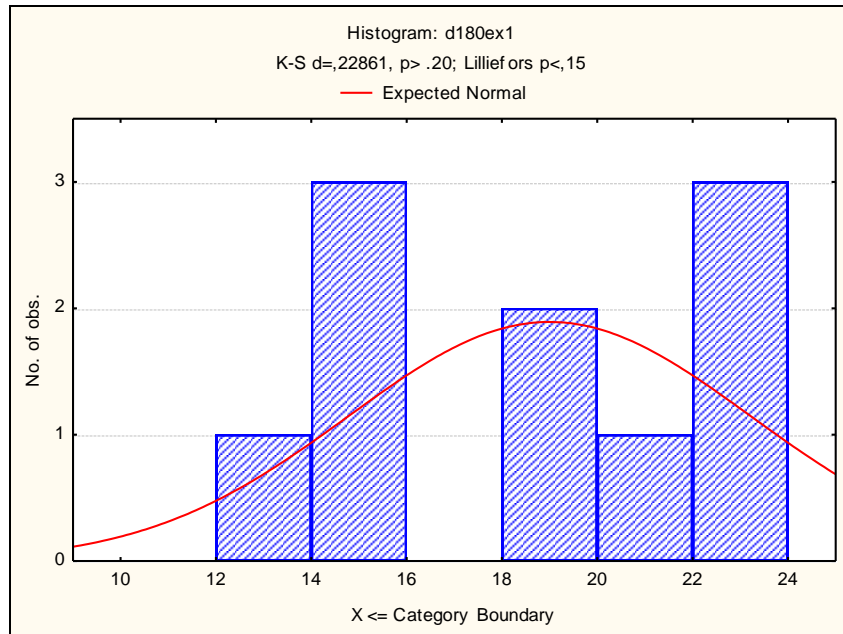
Slika 3. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s



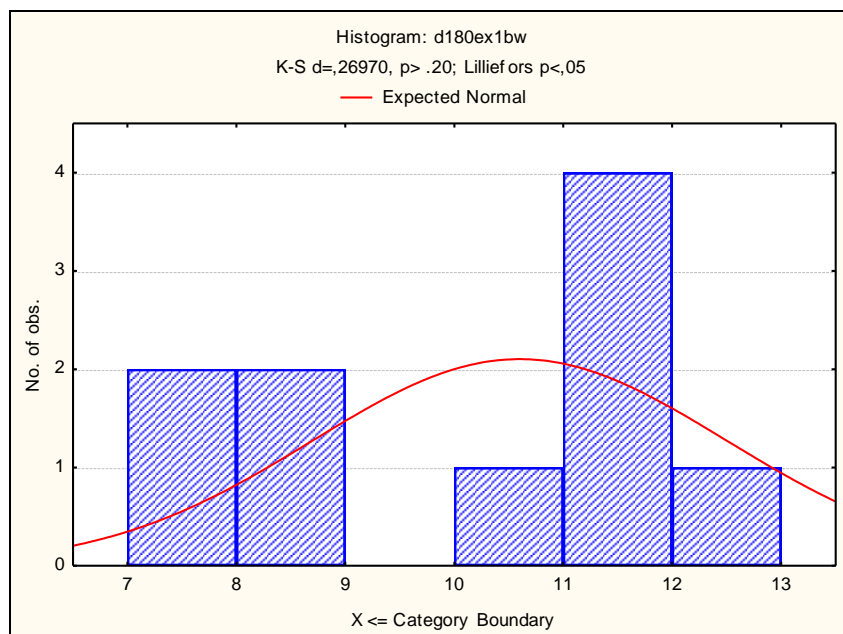
Slika 4. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage D60intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



Slika 5. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s

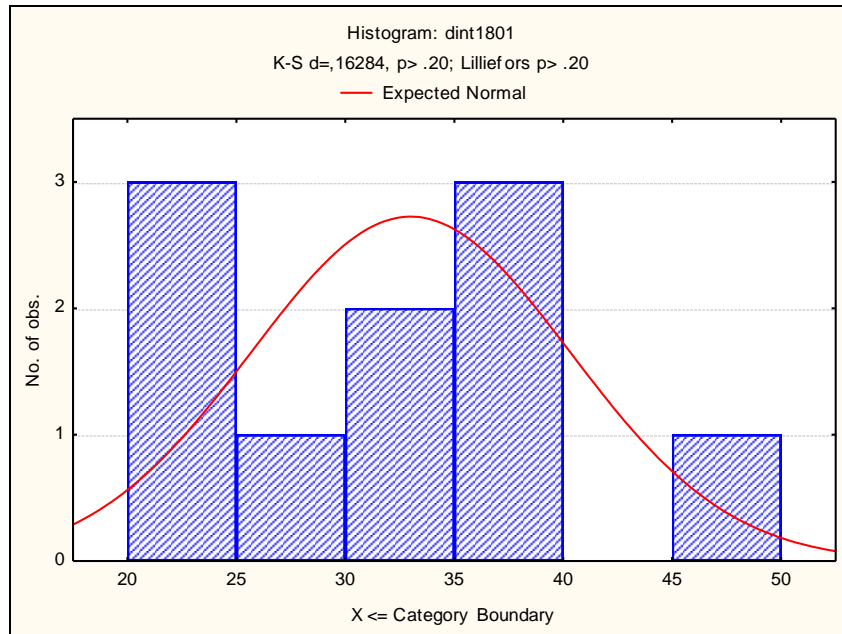


Slika 6. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s relativna vrijednost

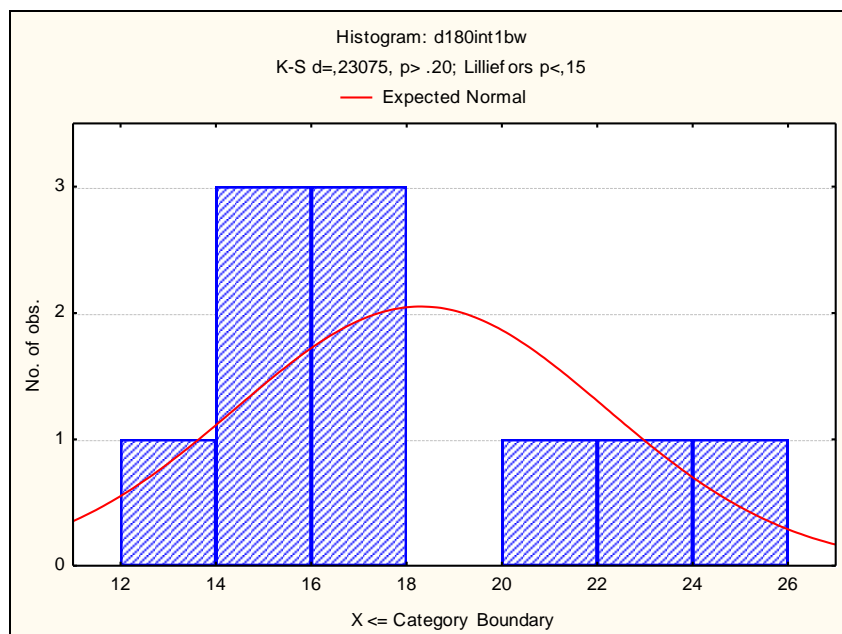




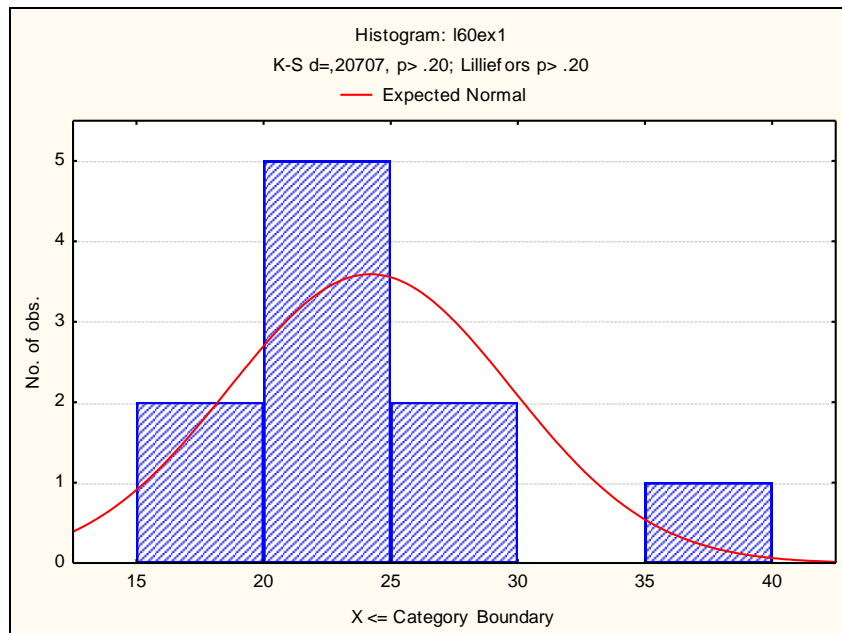
Slika 7. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s



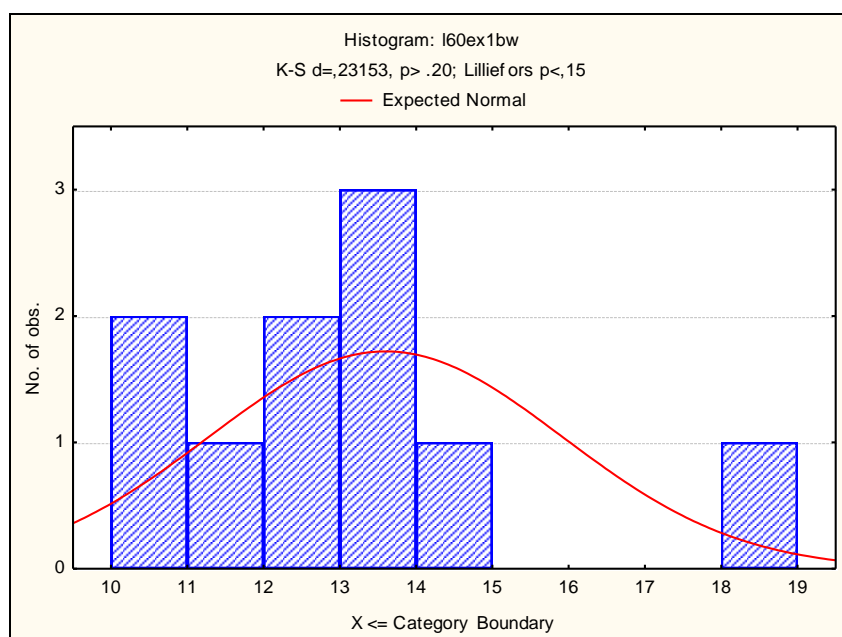
Slika 8. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



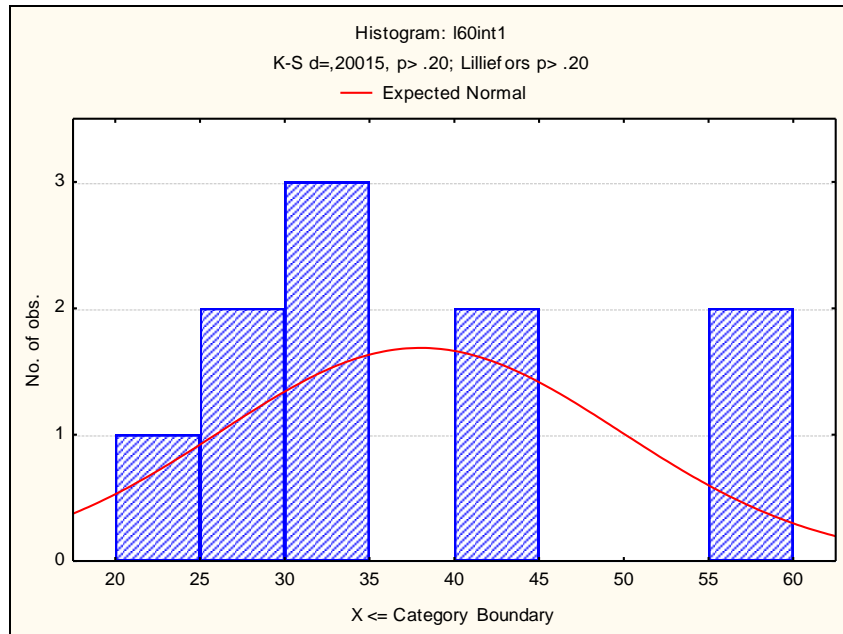
Slika 9. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s



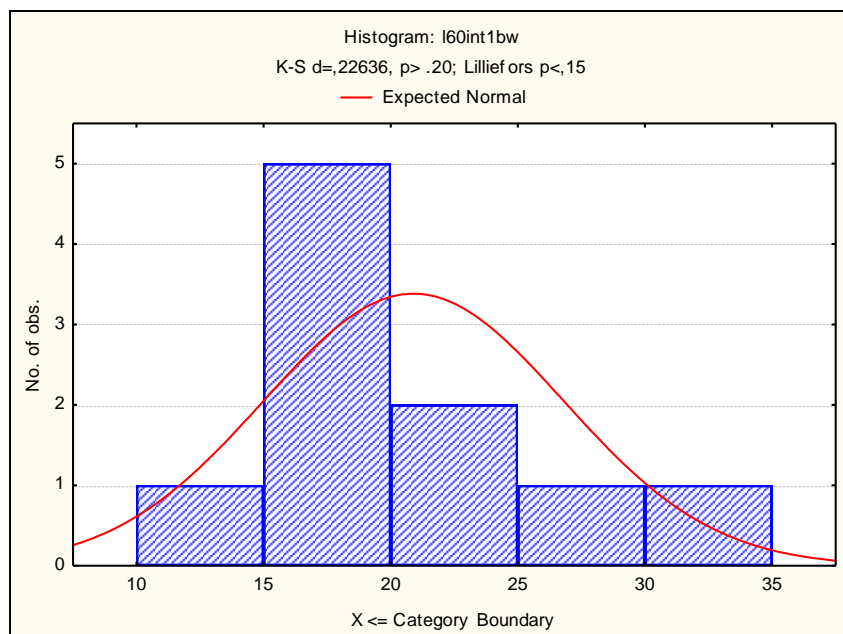
Slika 10. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



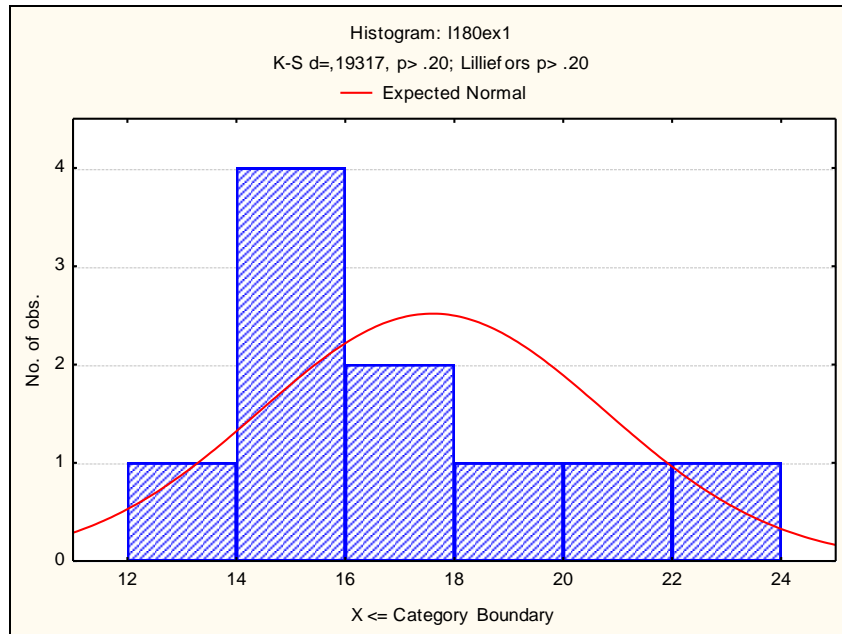
Slika 11. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s



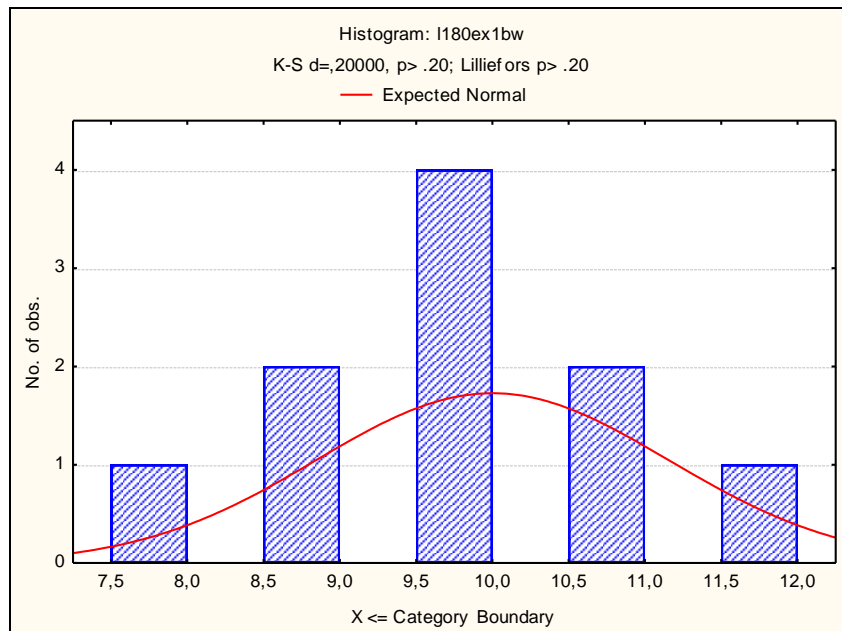
Slika 12. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja snage L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



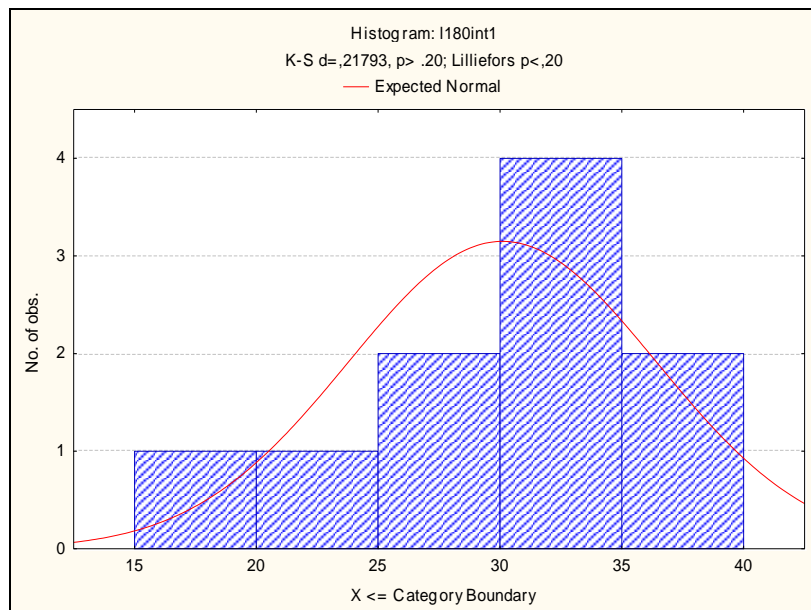
Slika 13. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti L180ex - vanjski rotator  
lijevog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s



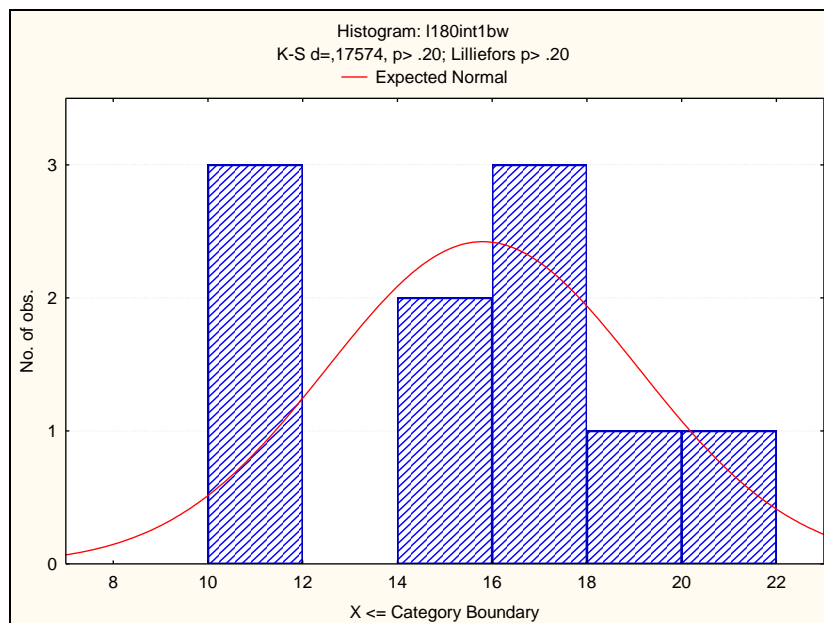
Slika 14. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti L180exbw - vanjski rotator  
lijevog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



Slika 15. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s



Slika 16. Prikaz distribucije rezultata izokinetičkog testiranja izdržljivosti L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180<sup>0</sup>/s relativna vrijednost



U slikama 1 do 16 prikazane su distribucije rezultata za sve testove.

Sve slike pokazuju normalne distribucije rezultata u svim testovima snage i izdržljivosti .

Svi testovi pokazuju dostatnu osjetljivost

Tablica 6. Valjanosti faktorske analize – APSOLUTNE VRIJEDNOSTI

| APSOLUTNE  |      |      |
|------------|------|------|
|            | F1   | F2   |
| D60ex      | 0,90 | 0,40 |
| D60int     | 0,48 | 0,81 |
| D180ex     | 0,85 | 0,26 |
| Dint180int | 0,04 | 0,86 |
| L60ex      | 0,73 | 0,53 |
| L60int     | 0,38 | 0,82 |
| L180ex     | 0,90 | 0,11 |
| L180int    | 0,35 | 0,78 |
|            |      |      |
| Expl.Var   | 3,39 | 3,19 |
| Prp.Totl   | 0,42 | 0,40 |

LEGENDA: D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; F – projekcije na značajne faktore; Expl.Var – varijance faktora; Prp.Totl. – postotak ukupne varijance

Faktorska valjanost apsolutnih vrijednosti je potpuno adekvatna. Konkretno, na prvom su faktoru projicirane sve varijable kojima je procijenjena snaga u vanjskoj rotaciji, dok su na drugom faktoru projicirane sve varijable kojima je procijenjena snaga u vanjskoj rotaciji.

Tablica 7. Vrijednosti faktorske analize – RELATIVNE VRIJEDNOSTI

| RELATIVNE    |       |       |
|--------------|-------|-------|
|              | F1    | F2    |
| D60exbw      | 0,30  | 0,93  |
| D60intbw     | 0,86  | 0,23  |
| D180exbw     | 0,16  | 0,81  |
| Dint180intbw | 0,73  | -0,12 |
| L60exbw      | 0,52  | 0,66  |
| L60intbw     | 0,88  | 0,11  |
| L180exbw     | -0,29 | 0,88  |
| L180intbw    | 0,79  | -0,01 |
|              |       |       |
| Expl.Var     | 3,21  | 2,70  |
| Prp.Totl     | 0,40  | 0,34  |

LEGENDA: D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180, F – projekcije na značajne faktore; Expl.Var – varijance faktora; Prp.Totl. – postotak ukupne varijance

Faktorska valjanost relativnih vrijednosti nije potpuno adekvatna, jer nisu sve varijable projicirane na svoj faktori u onolikoj mjeri koliko su bile u prethodnoj analizi kad je utvrđena faktorska valjanost apsolutnih parametara. Međutim, kako se radi o minimalnim odstupanjima koja su moguće izazvana greškom mjerenja kod samo jednog ispitanika ni u ovom slučaju ne treba smatrati faktorsku valjanost neadekvatnom.

Iz rezultata faktorskih analiza jasno je kako se izdvajaju dva odvojena faktora izokinetičke snage i to snaga unutarnje i snaga vanjske rotacije. Očito je da kod zdravih ispitanika nema izravne veze između snage unutarnjih i vanjskih rotatora, pa se ove sposobnosti trebaju i razmatrati kao relativno nezavisne.

## 5.2 Analize povezanosti izokinetičkog testiranja i ozljeđivanja ramenog zgloba

Tablica 8. Prikaz deskriptivnih vrijednosti neozljeđjenih i ozljeđjenih vaterpolo ispitanika

| vaterp       | neozljeđjeni |       | ozljeđjeni |       | ANOVA |      |
|--------------|--------------|-------|------------|-------|-------|------|
|              | AS           | SD    | AS         | SD    | F     | p    |
| Dob          | 23,08        | 4,60  | 25,64      | 4,94  | 3,02  | 0,09 |
| D60ex        | 27,62        | 5,18  | 27,86      | 7,84  | 0,02  | 0,90 |
| D60exbw      | 14,51        | 5,23  | 14,79      | 4,15  | 0,03  | 0,86 |
| D60int       | 52,05        | 13,64 | 52,86      | 18,08 | 0,03  | 0,86 |
| D60intbw     | 27,24        | 10,53 | 26,00      | 9,20  | 0,15  | 0,70 |
| D180ex       | 20,76        | 4,60  | 20,86      | 6,16  | 0,00  | 0,95 |
| D180exbw     | 10,81        | 4,36  | 11,14      | 3,70  | 0,06  | 0,80 |
| Dint180int   | 39,54        | 11,13 | 38,07      | 13,29 | 0,16  | 0,69 |
| Dint180intbw | 20,73        | 8,74  | 18,64      | 6,67  | 0,65  | 0,42 |
| L60ex        | 27,03        | 6,50  | 26,71      | 5,53  | 0,03  | 0,87 |
| L60exbw      | 14,05        | 4,75  | 12,79      | 2,29  | 0,91  | 0,34 |
| L60int       | 47,30        | 13,63 | 47,36      | 10,72 | 0,00  | 0,99 |
| L60intbw     | 24,78        | 10,55 | 22,29      | 3,81  | 0,74  | 0,39 |
| L180ex       | 20,54        | 6,26  | 19,57      | 5,20  | 0,27  | 0,61 |
| L180exbw     | 10,68        | 4,29  | 9,43       | 2,34  | 1,06  | 0,31 |
| L180int      | 33,92        | 10,20 | 33,71      | 7,14  | 0,00  | 0,95 |
| L180intbw    | 17,59        | 7,95  | 16,36      | 3,30  | 0,32  | 0,58 |
| D ratio      | 54,00        | 13,23 | 56,86      | 13,25 | 0,47  | 0,49 |
| L ratio      | 59,14        | 12,96 | 56,93      | 9,24  | 0,34  | 0,56 |

LEGENDA: Dob – starost ispitanika; D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna



vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija) i razlike među ozlijeđenim i neozlijeđenim vaterpolistima (ANOVA; F – F test; p – razina značajnosti)

U tablici 8 su prikazani rezultati osnovnih statističkih parametara i univarijatne analize varijance, a kojom su utvrđene razlike između dviju skupina igrača vaterpola i to onih ozlijeđenih i neozlijeđenih. Kao što se može primijetiti ne postoje značajne razlike ni u jednoj od mjerenih varijabli na izokinetičkom stroju, a značajne razlike nisu uočene ni po pitanju dobi što ukazuje kako dob nije faktor koji bi mogao utjecati ili pridonijeti razlikovanju skupina i u varijablama izokinetičkog testiranja.

Tablica 9. Multivarijatne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih vaterpolista – diskriminativna forward stepwise analiza (p – razina značajnosti)

|            | Wilks' | p    |
|------------|--------|------|
| Dob        | 0,89   | 0,03 |
| D ratio    | 0,91   | 0,01 |
| L ratio    | 0,84   | 0,14 |
| D60int     | 0,85   | 0,09 |
| D60ex      | 0,82   | 0,25 |
| L60int     | 0,81   | 0,30 |
|            |        |      |
| Wilkslamba | 0,79   |      |
| p          | 0,10   |      |

LEGENDA: Dob – starost ispitanika; D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; D ratio – odnos interne i eksterne rotacije na desnoj ruci; L ratio – odnos interne i eksterne rotacije na lijevoj ruci

U tablici 9 su prikazane analize kojima je u multivarijantnom prostoru utvrđena razlika između skupina ispitanika. Radi se o diskriminativnoj analizi „forward stepwise“, a koja je kao potencijalno značajne varijable u identificiranju razlika ozlijeđenih i neozlijeđenih igrača sadržala varijable: dob, omjer ostvarene mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora desnog ramena, omjer ostvarene mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora lijevog ramena, ostvarenu mišićnu silu unutarnjih rotatora desnog ramena pri kutnoj brzini 60°/sek, ostvarenu mišićnu silu vanjskih rotatora desnog ramena pri kutnoj brzini 60°/sek, ostvarenu mišićnu silu unutarnjih rotatora lijevog ramena pri kutnoj brzini 60°/sek

Pored primijenjene diskriminativne analize izračunata je i logistička regresijska analiza kojom se pokušao definirati utjecaj pojedinih varijabli na kriterijsku varijablu ozljeda pa je u tom smislu primijenjena metoda stupnjevane logističke regresije koja ima mogućnost odabiranja najboljih prediktorskih varijabli u pogledu predikcije kriterijske varijable (ozlijeđeni/ neozlijeđeni). No međutim rezultati logističke regresijske analize izračunate na ukupnom uzorku vaterpolista pokazuju da nema značajnog utjecaja prediktorskih varijabli na kriterijsku varijablu ozljeđivanja kod ovog uzorka ispitanika.

Tablica 10. Prikaz deskriptivnih vrijednosti neozlijeđenih i ozlijeđenih vaterpolo ispitanika igrači na unutarnjim pozicijama (bek i centar)

| vaterp    | ozlijeđeni |       | neozlijeđeni |       | ANOVA |      |
|-----------|------------|-------|--------------|-------|-------|------|
|           | AS         | SD    | AS           | SD    | F     | p    |
| dob       | 26,38      | 4,84  | 24,58        | 4,54  | 0,71  | 0,41 |
| D60ex     | 29,00      | 5,40  | 29,83        | 4,34  | 0,15  | 0,71 |
| D60exbw   | 13,38      | 2,62  | 13,75        | 1,60  | 0,16  | 0,69 |
| D60int    | 57,50      | 20,83 | 53,75        | 10,52 | 0,29  | 0,60 |
| D60intbw  | 26,88      | 10,44 | 25,25        | 5,59  | 0,21  | 0,66 |
| D180ex    | 21,13      | 6,38  | 22,25        | 3,67  | 0,25  | 0,62 |
| D180exbw  | 11,50      | 3,70  | 10,33        | 1,92  | 0,86  | 0,37 |
| D180int   | 41,63      | 16,47 | 42,42        | 8,91  | 0,02  | 0,89 |
| D180intbw | 18,63      | 8,60  | 20,75        | 4,79  | 0,00  | 0,03 |
| L60ex     | 28,00      | 5,32  | 30,42        | 5,65  | 0,92  | 0,35 |
| L60exbw   | 12,75      | 1,91  | 14,08        | 2,07  | 2,12  | 0,16 |
| L60int    | 49,63      | 12,66 | 49,17        | 11,58 | 0,01  | 0,93 |
| L60intbw  | 21,75      | 4,20  | 22,92        | 5,63  | 0,25  | 0,62 |
| L180ex    | 20,00      | 3,63  | 22,25        | 4,88  | 1,23  | 0,28 |
| L180exbw  | 9,13       | 0,99  | 10,25        | 2,26  | 1,73  | 0,20 |
| L180int   | 32,63      | 5,78  | 36,42        | 9,00  | 1,10  | 0,31 |
| L180intbw | 15,00      | 2,27  | 16,33        | 4,42  | 0,61  | 0,44 |
| D ratio   | 53,75      | 15,11 | 61,08        | 11,73 | 0,15  | 0,04 |
| L ratio   | 58,13      | 11,62 | 63,92        | 15,92 | 0,78  | 0,39 |

LEGENDA: Dob – starost ispitanika; D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw -

unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija) i razlike među ozlijeđenim i neozlijeđenim vaterpolistima (ANOVA; F – F test; p – razina značajnosti

U tablici 10 prikazane su univarijatne razlike između igrača koji su ozlijeđeni i igrača koji nisu ozlijeđeni, a koji igraju na unutarnjim pozicijama. Razlike su uočene u dvije varijable i to varijabla omjer desna i varijabla ostvarena mišićna sila unutarnjih rotatora desnog ramena u odnosu na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 180<sup>0</sup>.

Tablica 11. Multivarijatne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih vaterpolista – diskriminativna forwardstepwise analiza (p – razina značajnosti) – igrači na unutarnjim pozicijama

|            | Wilks' | p    |
|------------|--------|------|
| D180intbw  | 0,98   | 0,04 |
| D ratio    | 0,89   | 0,13 |
|            |        |      |
| Wilkslamba | 0,78   |      |
| p          | 0,11   |      |

LEGENDA: D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D ratio – odnos interne i eksterne rotacije desne ruke

U tablici 11 su prikazani rezultati diskriminativne analize kojom se multivarijatno pokušalo utvrditi postoje li razlike između analiziranih skupina (ozlijeđeni i neozlijeđeni igrači) u varijablama izokinetičkog testiranja. Forward-step-wise analiza nije ukazala na postojanje značajnog diskriminativnog faktora te se može govoriti kako u multivarijatnom prostoru ne postoje značajne razlike po pitanju vrijednosti izokinetičkog testiranja za igrače koji igraju na vanjskim pozicijama kada se diferenciraju ozlijeđeni od neozlijeđenih igrača.



Tablica 12. "Prikaz vrijednosti Forward conditional" logističke analize za kriterij ozljeda kod vaterpolista koji igraju na poziciji centra – unutarnji igrači (OR – odds ratio (omjer izgleda); p – razina značajnosti; CI – interval povjerenja)

|        |           | OR     | p     | 95% CI |        |
|--------|-----------|--------|-------|--------|--------|
|        |           |        |       | Lower  | Upper  |
| Step 1 | DOB       | 3.011  | 0.018 | 1.211  | 7.800  |
|        | KONSTANTA | 36.232 | 0.004 | -      | -      |
| Step 2 | DOB       | 3.083  | 0.016 | 1.234  | 7.704  |
|        | D180intbw | 0.289  | 0.009 | 0.122  | 0.906  |
|        | KONSTANTA | 5.405  | 0.242 | -      | -      |
| Step 3 | DOB       | 4.122  | 0.007 | 1.478  | 11.495 |
|        | D180intbw | 0.274  | 0.007 | 0.106  | 0.722  |
|        | D ratio   | 0.244  | 0.006 | 0.088  | 0.672  |
|        | KONSTANTA | 5.840  | 0.038 | -      | -      |

Utjecaj prediktora na ozljeđivanje vaterpolista koji igraju na vanjskim pozicijama analizirao se i putem logističke regresijske analize. Ovom analizom utvrđena je značajna povezanost odnosno utjecaj prediktorskih varijabli dobivenih na testiranju na izokinetičkom stroju s kriterijskom varijablom ozljeda kod igrača koji igraju na poziciji centra i beka. Očito je kako igrače koji igraju na poziciji a koji su ozljeđeni tijekom jedne natjecateljske sezone determiniraju dvije izokinetičkog testiranja i to: D180intbw, D ratio te Dob - starost igrača. Radi se o kombinaciji prediktora koji uključuju niže vrijednosti na varijablama izokinetičkog testiranja D180intbw i D ratio, te stariju dob igrača

Tablica 13. Prikaz deskriptivnih vrijednosti neozlijeđenih i ozlijeđenih vaterpolo ispitanika – igrači na vanjskim pozicijama

| vaterp       | ozlijeđeni |       | neozlijeđeni |       | ANOVA |      |
|--------------|------------|-------|--------------|-------|-------|------|
|              | AS         | SD    | AS           | SD    | F     | p    |
| dob          | 24,67      | 5,35  | 22,36        | 4,54  | 1,17  | 0,29 |
| D60ex        | 26,33      | 10,69 | 26,56        | 5,28  | 0,01  | 0,94 |
| D60exbw      | 16,67      | 5,28  | 14,88        | 6,27  | 0,41  | 0,53 |
| D60int       | 46,67      | 12,74 | 51,24        | 15,05 | 0,47  | 0,50 |
| D60intbw     | 24,83      | 8,04  | 28,20        | 12,20 | 0,41  | 0,53 |
| D180ex       | 20,50      | 6,44  | 20,04        | 4,89  | 0,04  | 0,85 |
| D180exbw     | 10,67      | 3,98  | 11,04        | 5,17  | 0,03  | 0,87 |
| Dint180int   | 33,33      | 5,68  | 38,16        | 11,98 | 0,91  | 0,35 |
| Dint180intbw | 17,33      | 2,94  | 21,20        | 10,17 | 0,83  | 0,37 |
| L60ex        | 25,00      | 5,80  | 25,40        | 6,34  | 0,02  | 0,89 |
| L60exbw      | 12,83      | 2,93  | 14,04        | 5,65  | 0,25  | 0,62 |
| L60int       | 44,33      | 7,42  | 46,40        | 14,64 | 0,11  | 0,74 |
| L60intbw     | 23,00      | 3,46  | 25,68        | 12,24 | 0,28  | 0,60 |
| L180ex       | 19,00      | 7,16  | 19,72        | 6,75  | 0,05  | 0,82 |
| L180exbw     | 9,83       | 3,54  | 10,88        | 5,01  | 0,23  | 0,63 |
| L180int      | 35,17      | 9,02  | 32,72        | 10,69 | 0,27  | 0,61 |
| L180intbw    | 18,17      | 3,76  | 18,20        | 9,20  | 0,00  | 0,99 |
| D ratio      | 61,00      | 10,06 | 53,00        | 14,01 | 1,72  | 0,20 |
| L ratio      | 55,33      | 5,24  | 56,84        | 10,90 | 0,11  | 0,75 |

LEGENDA: Dob – starost ispitanika; D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina

180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija i razlike među ozlijeđenim i neozlijeđenim vaterpolistima (ANOVA; F – F test; p – razina značajnosti)

U tablici 13 su prikazani rezultati univarijatne analize varijance kojom su definirane razlike između ozlijeđenih odnosno neozlijeđenih igrača, samo na uzorku vanjskih igrača (krilni igrači i vanjski šuteri) te u ovom istraživanju nisu nađene značajne razlike analiziranih skupina u nijednoj od promatranih varijabli dobivenih izokinetičkim testiranjem.



Tablica 14. Multivarijatne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih vaterpolista – diskriminativna forwardstepwise analiza (p – razina značajnosti) – igrači na vanjskim pozicijama

|            | Wilks' | p    |
|------------|--------|------|
| D60intbw   | 0,88   | 0,09 |
| D ratio    | 0,87   | 0,16 |
|            |        |      |
| Wilkslamba | 0,81   |      |
| p          | 0,13   |      |

LEGENDA: D60intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D ratio – odnos interne i eksterne rotacije desne ruke

U tablici 14 su prikazane multivarijatne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih igrača a u promatranim varijablama dobivenih testiranje na izokinetičkom stroju (za vanjske igrače). Multivarijatna analiza nije značajna. Generalno nisu utvrđene značajne multivarijatne razlike između skupina kada se gledaju igrači koji igraju na poziciji centra i beka

Ove se rezultate obradilo i putem logističke regresijske analize kojom je utvrđen utjecaj izokinetičkih prediktora (varijable dobivene izokinetičkim testiranjem) na kriterijsku varijablu binomnog tipa (ozlijeđeni – neozlijeđeni). Nisu utvrđene značajne povezanosti između prediktorskih varijabli i kriterijske varijable ozljeđivanja.

### 5.3 Analiza razlika u izokinetičkim parametrima između skupina

Tablica 15. Prikaz deskriptivnih vrijednosti izokinetičkog testiranja vaterpolista , plivača i kontrolne skupine ispitanika

|           | vaterpolo |       | plivanje |       | kontrolna |       | ANOVA  |      |
|-----------|-----------|-------|----------|-------|-----------|-------|--------|------|
|           | AS        | SD    | AS       | SD    | F         | p     | F TEST | p    |
| dob       | 23,78     | 4,79  | 19,76    | 2,73  | 24,17     | 3,32  | 7,33   | 0,00 |
| D60ex     | 27,69     | 5,94  | 24,94    | 4,41  | 24,31     | 5,53  | 3,90   | 0,02 |
| D60exbw   | 14,59     | 4,92  | 16,12    | 9,41  | 13,00     | 2,17  | 1,85   | 0,16 |
| D60int    | 52,27     | 14,80 | 40,29    | 9,99  | 40,07     | 9,05  | 11,25  | 0,00 |
| D60intbw  | 26,90     | 10,10 | 22,82    | 5,57  | 21,55     | 3,80  | 4,64   | 0,01 |
| D180ex    | 20,78     | 5,01  | 21,65    | 5,54  | 19,17     | 4,87  | 1,51   | 0,23 |
| D180exbw  | 10,90     | 4,16  | 12,18    | 2,40  | 10,21     | 1,93  | 1,84   | 0,16 |
| D180int   | 39,14     | 11,64 | 33,94    | 8,91  | 30,03     | 5,47  | 8,37   | 0,00 |
| D180intbw | 20,16     | 8,21  | 19,24    | 4,64  | 16,17     | 2,52  | 3,59   | 0,03 |
| L60ex     | 26,94     | 6,19  | 24,35    | 4,97  | 23,52     | 5,61  | 3,56   | 0,03 |
| L60exbw   | 13,71     | 4,23  | 13,88    | 2,50  | 12,52     | 2,03  | 1,32   | 0,27 |
| L60int    | 47,31     | 12,79 | 40,29    | 10,39 | 36,24     | 9,31  | 9,12   | 0,00 |
| L60intbw  | 24,10     | 9,23  | 22,88    | 5,84  | 19,38     | 4,26  | 3,67   | 0,03 |
| L180ex    | 20,27     | 5,95  | 19,06    | 4,70  | 19,14     | 5,04  | 0,55   | 0,58 |
| L180exbw  | 10,33     | 3,87  | 10,71    | 1,96  | 10,38     | 2,61  | 0,09   | 0,92 |
| L180int   | 33,86     | 9,39  | 32,18    | 10,47 | 26,59     | 6,29  | 6,41   | 0,00 |
| L180intbw | 17,25     | 6,97  | 18,00    | 4,87  | 14,38     | 2,93  | 3,05   | 0,05 |
| D ratio   | 54,78     | 13,17 | 64,24    | 12,90 | 61,93     | 12,47 | 4,81   | 0,01 |
| L ratio   | 58,53     | 12,00 | 61,76    | 14,85 | 69,03     | 25,90 | 3,26   | 0,04 |

LEGENDA: Dob – starost ispitanika; D60ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D60int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60; D60intbw -

unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; D180ex - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180exbw - vanjski rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; D180int - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180; D180intbw - unutarnji rotator desnog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L60ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L60int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60; L60intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 60 relativna vrijednost; L180ex - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180exbw - vanjski rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost; L180int - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180; L180intbw - unutarnji rotator lijevog ramena kutna brzina 180 relativna vrijednost AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija i razlike među vaterpolistima plivačima i kontrolnom skupinom (ANOVA; F – F test; p – razina značajnosti)

Analiza razlika između promatranih skupina vaterpolista i plivača, te kontrolne skupine ukazuje na značajne razlike u slijedećim varijablama: dob, vanjska rotacija dominantne ruke pri kutnoj brzini od 60°/sec, pri unutarnjoj rotaciji dominantne ruke pod kutnom brzinom od 60°/sec, kod dobivenih vrijednosti snage unutarnjih rotatora dominantne ruke u odnosu na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 60°/sec, unutarnjih rotatora dominantne ruke pod kutnom brzinom od 180°/sec, kod dobivenih vrijednosti snage unutarnjih rotatora dominantne ruke u odnosu na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 180°/sec, vanjskih rotatora lijeve ruke pod kutnom brzinom od 60°/sec, kod vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantne ruke pod kutnom brzinom od 60°/sec, zatim to isto kod vanjskih rotatora, zatim kod dobivenih vrijednosti snage unutarnjih rotatora nedominantne ruke u odnosu na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 60°/sec unutarnja, zatim unutarnjih rotatora nedominantne ruke pod kutnom brzinom od 180°/sec, u omjeru ostvarene mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora na dominantnoj i na nedominantnoj ruci.

Post hoc analiza utvrdila je značajne razlike u dobi između vaterpolista i plivača. Vaterpolisti su stariji od plivača, kao i između skupine plivača i kontrolne skupine. Kontrolna skupina je starija od skupine plivača. Ne postoji značajna razlika u dobi između skupine vaterpolista i kontrolne skupine. U varijabli vanjska 60D, odnosno mišićnoj sili vanjskih rotatora dominantne ruke pod kutnom brzinom 60°/sec između skupine vaterpolista i kontrolne skupine. Prosječna vrijednost kod vaterpolista je 26.78, a u kontrolnoj skupini 24.3. Testirajući mišićnu silu dominantne ruke vanjskih rotatora nema statistički značajne razlike u ostvarenoj snazi između vaterpolista i plivača. Kod varijable 60D UN, odnosno unutarnje rotacije dominantne ruke pod kutnom brzinom od 60°/sec, postoji statistički značajna razlika između sve tri skupine, te su tako vaterpolisti ostvarili prosječnu vrijednost 52, plivači su ostvarili 40.29, a kontrolna skupina 40.07. Između kontrole i plivača nema statistički značajne razlike.

Promatrajući ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena u omjeru na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 60°/sec nalazimo na statistički značajnu razliku između vaterpolista i

kontrolne skupine, ali ne postoji statistički značajna razlika između vaterpolista i plivača. Iako promatrajući samo apsolutne vrijednosti postoji vidljiva razlika u ostvarenim rezultatima.

Sljedeća značajna razlika veže se uz varijablu koja determinira vrijednost ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $180^\circ/\text{sec}$ . Razlika je uočena samo između vaterpolista i kontrolne skupine, iako i ovdje postoji razlika u apsolutnim vrijednostima između plivača i vaterpolista (vaterpolisti su ostvarili 39.13, plivači 33.94, a kontrolna skupina 30.0). Ista je situacija i s varijablom koja determinira vrijednosti ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $180^\circ/\text{sec}$  u omjeru na mišićnu masu., kod nje također značajna razlika u vrijednostima između vaterpolista i kontrolne skupine (vaterpolisti 20.16, kontrolna skupina 16.17, plivači 19.20). Vrijednosti kod plivača nisu statistički značajno različite ni od jedne ni od druge skupine. Varijabla 60L koja determinira ostvarenu mišićnu silu vanjskih rotatora nedominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $60^\circ/\text{sec}$ : vaterpolisti su ostvarili značajno veće vrijednosti od kontrolne skupine (vaterpolisti 26.94, plivači 24.35, kontrola 23.51). Ono što treba napomenuti je da nema značajnih razlika nedominantne ruke kod skupina vaterpolista i plivača. Kod 60 L unutarnja rotacija, postoji statistički značajna razlika u ostvarenoj mišićnoj sili između vaterpolista i kontrolne skupine. Apsolutno gledano vaterpolisti su ostvarili 47.31, plivači 40.29, kontrola, a 36.24. Ista situacija se javlja i kod vrijednosti kod kojih se ostvarena mišićna sila unutarnjih rotatora nedominantnog ramena ostvarena pod kutnom brzinom od  $60^\circ/\text{sec}$  postavi u omjer u odnosu na tjelesnu masu (vaterpolisti 24.09, plivači 22.88, kontrola 19.37). Postoji značajna razlika između vaterpolista i kontrolne skupine. Promatrajući varijablu koja determinira mišićnu silu unutarnjih rotatora nedominantnog ramena ostvarenu pod kutnom brzinom  $180^\circ/\text{sec}$  primjećujemo kako postoji razlika između vaterpolista i kontrolne skupine (vaterpolisti 33.86, kontrola 26.38). Plivači su ostvarili značajno veću vrijednost u odnosu na kontrolnu skupinu, ali se, najvjerojatnije, zbog malog broja ispitanika, ne dobiva statistički značajna razlika u ove dvije skupine, iako se razlika primjećuje u apsolutnim vrijednostima.

Omjer ostvarene mišićne sile između vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke pokazuje statistički značajnu razliku između plivača i vaterpolista. Omjer kod plivača je 64.23, a kod vaterpolista 54.78.

## 6 Rasprava

Rezultati koji su prethodno prikazani ukazuju na nekoliko glavnih nalaza ove studije

- Nisu utvrđene povezanosti mjera dobivenih izokinetičkim testiranjem s ozljeđivanjem kod ukupnog uzorka vaterpolista
- Utvrđene su značajne povezanosti i značajan utjecaj testiranih izokinetičkih mjera kod vaterpolista na poziciji bek centar
- Utvrđene su značajne razlike u ozljeđivanju vaterpolista u odnosu na plivače, a te razlike prate ili ne prate rezultate dobivene izokinetičkim testiranjem.
- Nisu utvrđene razlike u izokinetičkim mjerama kod ozljeđenih i neozljeđenih plivača

O svakoj od ove tri skupine nalaza raspravljat će se dalje u tekstu nakon što se analiziraju parametri pouzdanosti izokinetičkog testiranja i diskutirani dobivene razlike među skupinama.

## 6.1 Pouzdanost izokinetičkog testiranja

Mjerenja u kineziologiji i srodnim znanostima mogu se provoditi na terenu i u laboratorijskim uvjetima. Oba načina mjerenja imaju svoje dobre i loše strane. Dobre strane terenskog mjerenja su jednostavnost primjene i cijena izvedbe koja nije visoka, ali zato im je pouzdanost manja i mogućnost upadanja u grešku mjerenja veća. Kod laboratorijskih mjerenja imamo puno veću preciznost i pouzdanost, ali zato su ta testiranja skuplja jer zahtijevaju posebnu opremu i prostor.

Kako mjerni instrumenti zauzimaju važno mjesto u kineziološkim istraživanjima u ovom radu ispituje se jedan od mjernih instrumenta koji se koristi u laboratorijskom radu. Ovaj mjerni instrument ne koristi se u terenskom radu jer se izokinetička kontrakcija može izvesti samo uz pomoć izokinetičkih strojeva.

U okviru istraživanja prediktorske vrijednosti antagonističkih skupina mišića i ozljede ramena trebalo je utvrditi pouzdanost izokinetičkog stroja kao mjernog instrumenta. Prva hipoteza na kojoj se zasnivaju ostale pretpostavke je kako je izokinetički dinamometar pouzdan mjerni instrument pomoću kojeg se mogu precizno utvrditi mišićne sile testiranih skupina mišića.

U ovu svrhu rađeno je istraživanje na 10 zdravih muških osoba prosječne starosti 21 god, prosječne visine 187 cm, a težine 82 kg. Radilo se o zdravim osobama koje se nisu bavili aktivno sportom. Sam protokol testa opisan je u poglavlju metode i ispitanici zajedno sa statističkom obradom rezultata. Ovu vrstu istraživanja radi mjerenja pouzdanosti mjernog instrumenta radili su i drugi autori (David H Perrin, 1986.).

Mjerenje je rađeno pod dvije kutne brzine od 60<sup>0</sup>/sekundi i 180<sup>0</sup>/sekundi. Dobiveni koeficijent pouzdanosti za dominantnu ruku u navedenom istraživanju pri kutnoj brzini 60<sup>0</sup>/sekundi za vanjske rotatore ramena iznosi 0,91, dok je u istom istraživanju koeficijent korelacije za unutarnje rotatore 0,88. Pouzdanost mjerenja u testu pod kutnom brzinom 180<sup>0</sup>/sekundi pokazuje značajni koeficijent korelacije u testu vanjskih rotatora dok za unutarnje rotatore nije dobivena značajna test korelacije (vrijednost 0,62). Tijekom ispitivanja nedominantne ruke postoji značajni koeficijent korelacije za vanjske i za unutarnje rotatore pri kutnoj brzini od 60<sup>0</sup>/sekundi i pri kutnoj brzini od 180<sup>0</sup>/sekundi. Pri testiranju dominantne ruke generalno se primijete viši koeficijenti korelacije nego što se primijeti pri testiranju nedominantne ruke. Na osnovu navedenog može se govoriti o boljoj pouzdanosti mjerenja dominantne ruke. Navedeno je izraženije u testu pri 60<sup>0</sup>/sekundi, što je nešto što se može očekivati s obzirom na to kako se ispituje mišićna snaga jer se radi o testu minimalnog broja maksimalnih kontrakcija, čimbenici umora koji mogu utjecati na rezultate retesta, a samim time i na

ukupnu vrijednost, manje izraženi. Promatrajući pouzdanost mjerenja, ona je najveća kod mišića u vanjskoj rotaciji što je također posljedica toga što su ti mišići snažniji u odnosu na one koji izvode vanjsku rotaciju. U rezultatima pouzdanosti primijeti se kako je korelacija u varijablama unutarnje rotacije pri kutnoj brzini od  $180^{\circ}$ /sekundi niska i to kod obje ruke što je posljedica nemogućnosti kvalitetnog izvođenja kretnje pri većoj brzini, a u ovom se ispitivanju radi o tri puta većoj brzini u odnosu na test snage. Na kraju se može utvrditi kako navedeni rezultati pokazuju dobru pouzdanost pod uvjetom da se radi o standardiziranim uvjetima, jer svaka greška mjerenja može generirati visoku pogrešku pri procjeni stanja. Promatrajući faktorsku valjanost apsolutnih i relativnih vrijednosti u odnosu na tjelesnu masu, iz rezultata se primjećuje kako je faktorska valjanost apsolutnih vrijednosti adekvatna, dok kod relativnih vrijednosti postoji minimalno odstupanje koje je moguće i uslijed greške mjerenja. Iz rezultata faktorske analize jasno je da se izdvajaju dva čimbenika a to su: snaga unutarnje i snaga vanjske rotacije. Kod zdravih ispitanika nema razlike između vanjskih i unutarnjih rotatore, te se ove vrijednosti trebaju razmatrati kao nezavisne. Testom su utvrđene razlike u varijablama unutarnje rotacije, a takvo se što moglo očekivati jer ovu kretnju izvode jače mišićne skupine koje inače ostvaruju ukupno veću mišićnu snagu. Promatrajući cjelokupno ispitivanje test – retest na izokinetičkom stroju, može se utvrditi kako je riječ o mjernom instrumentu dobre pouzdanosti ukoliko standardiziramo uvijete, jer promjena uvjeta rada generira grešku pri procjeni. Perin i suradnici su u okviru svog istraživanja napravili analizu pouzdanosti izokinetičkog dinamometra tipa Cybex po metodi test-retest (David H Perrin, 1986.). Testirana su dva zgloba: rame i koljeno. Kod ramena su rađene fleksija i ekstenzija te unutarnja i vanjska rotacija. Testirana skupina sastojala se od 15 studenata prosječne starosti 20,5 god., težine 73,5 kg i visine 177,3 cm. Svi su bili dobrovoljci upoznati s načinom testiranja i mogućim rizicima. Izlazne varijable su bile maksimalni obrtni moment u testovima  $60^{\circ}$ /sekundi i  $180^{\circ}$ /sekundi, sila ubrzanja u testu  $180^{\circ}$ /sekundi, izdržljivost na  $180^{\circ}$ /sekundi. Testiranje se provodilo na način da se uspoređivao ukupni rad između prvih pet i posljednjih pet od ukupno 25 ponavljanja. Promatrala se i prosječna snaga te ukupni rad u testu od  $180^{\circ}$ /sekundi. Najveći koeficijent pouzdanosti dobiven je pri testiranju vanjskih rotatora desne ruke pri kutnoj brzini od  $60^{\circ}$ /sekundi i on je iznosio 0.93. U istom testu pri testiranju unutarnjih rotatora desne ruke koeficijent pouzdanosti iznosi 0.92. Najniže dobiveni rezultat testa je pri testiranju unutarnjih rotatora lijeve ruke pri kutnoj brzini od  $180^{\circ}$ /sekundi i iznosi 0.74. Navedeni podaci ukazuju na visoku pouzdanost izokinetičkog stroja kao mjernog instrumenta. Treba naglasiti kako je neophodno paziti na pravilno pozicioniranje ispitanika i strogo se pridržavati standardiziranih uvjeta za izvođenje mjerenja, jer svako nepridržavanje navedenih postavki može dovesti do pogrešnog mjerenja, što nas u konačnici vodi do pogrešnog zaključka o funkcionalnom statusu testiranog dijela lokomotornog sustava. Iz svega navedenog zaključujemo kako naši rezultati ne odudaraju od rezultata koje su iskazali Perin i suradnici. Treba napomenuti kako je početni položaj

naših ispitanika bio supinacijski, ležeći, kako bi što bolje simulirali položaj pri treningu i natjecanju plivača i vaterpolista dok su Perin i sur testirali u sjedećem položaju svoje ispitanike dok je položaj lakta i ramena u odnosu na tijelo bio isti u oba istraživanja. Iz ove male modifikacije početnog položaja proizašla je vjerojatno i mala razlika u dobivenim vrijednostima. Dobiveni rezultati navedenih istraživanja ukazuju na vrijednost izokinetičkog dinamometra kao mjernog instrumenta te potvrđuju potrebu za pravilnim izvođenjem testa kako bi izbjegli grešku pri mjerenju koja se može pojaviti naročito pri testiranju ramenog zgloba.



## 6.2 Razlike skupina

Post hoc analiza utvrdila je značajne dobne razlike između vaterpolista i plivača. Vaterpolisti su stariji od plivača, a razlika je i između skupine plivača i kontrolne skupine. Kontrolna skupina je starija od skupine plivača. Ne postoji značajna razlika u dobi između skupine vaterpolista i kontrolne skupine. U varijabli vanjska 60D, odnosno mišićnoj sili vanjskih rotatora dominantne ruke pod kutnom brzinom  $60^\circ$ /sekundi postoji statistički značajna razlika između skupine vaterpolista i kontrolne skupine. Prosječna vrijednost kod vaterpolista je 27.68, a u kontrolnoj skupini 24.3. Testirajući mišićnu silu dominantne ruke vanjskih rotatora nema statistički značajne razlike u ostvarenoj snazi između vaterpolista i plivača. Ove statistički značajne razlike vaterpolista i kontrole vezane su za opterećenje pri plivanju. Ovu tvrdnju potvrđuje usporedba ostvarenih vrijednosti između testirane skupine plivača i vaterpolista gdje ne nalazimo statistički značajnu razliku.

Kod varijable 60D UN, odnosno unutarnje rotacije dominantne ruke pod kutnom brzinom od  $60^\circ$ /sekundi, postoji statistički značajan razlika između sve tri skupine, tako su vaterpolisti ostvarili prosječnu vrijednost 52, plivači su ostvarili 40.29, a kontrolna skupina 40.07. Između kontrole skupine i skupine plivača nema statistički značajne razlike: Uzrok ovih statistički značajnih razlika između plivača koji treniraju u vodenom mediju, kao i vaterpolista možemo tražiti u pojačanom opterećenju unutarnjih rotatora ramena pri fazi igre u takozvanom okomitom položaju kod kojeg se izvodi dodavanje s loptom i udarac na gol. Ove dvije akcije predstavljaju dodatno opterećenje na opterećenje koje se inače javlja pri plivanju te upravo to tvori razliku radi koje vaterpolisti pri testiranju imaju ostvarene veće mišićne sile unutarnjih rotatora.

Navedeno zapravo predstavlja glavni uzrok radi kojeg su omjeri antagonističkih skupina mišića u vaterpolista različiti u odnosu na kontrolnu skupinu. Slična promjena omjera mišićne sile antagonističkih skupina mišića opisana je i u radovima istraživača koji su se bavili drugim takozvanim "overhead" sportovima.

Portugalski istraživači su proučavali odnos rotatora ramena kod vrhunskih tenisača mlađe životne dobi (Pezarat-Correia, 2005). U tu svrhu testirali su četiri skupine koje su podijelili po spolu i po dobi. Prema dobnoj skupini podijelili su ispitanike na 2 grupe: jednu od 14 do 16 godina starosti, a drugu od 16 do 18 god starosti. Testirana je koncentrična izokinetička kontrakcija pri kutnim brzinama  $60^\circ$ /sekundi i  $180^\circ$ /sekundi u sjedećem položaju, pri fleksiji lakta od  $90^\circ$ . Mjeren je maksimalni obrtni moment iz kojeg se dobio omjer vanjske i unutarnje rotacije. Uz navedena mjerenja napravljena je i usporedba dominantne i nedominantne ruke te su t- testom istraživane razlike skupina kako bi se ispitao utjecaj dobi i spola. Dobiveni rezultati pokazuju kako je dobiveni maksimalni moment sile

unutarnjih rotatora u svim skupinama bio statistički značajno veći na dominantnoj ruci ( $p=0.01$ ). Maksimalni moment sile vanjskih rotatora bio je nešto veći na dominantnoj ruci, ali statistički značajna razlika je nađena samo kod muškaraca. Ispitivanje je pokazalo statistički značajno niži omjer pri obje kutne brzine u svih ispitanika. Ovo ukazuje kako i u tenisu kao sportu kod kojeg se opterećuje rameni obruč dolazi do promjene u omjeru vanjskih i unutarnjih rotatora zbog dominacije unutarnjih rotatora ramena. a

U provedenom istraživanju promatrala se ostvarena mišićna sila u odnosu na tjelesnu masu. Rezultati ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena u omjeru na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od  $60^\circ$ /sekundi nalazi se statistički značajnu razliku između vaterpolista i kontrolne skupine, dok ne postoji statistički značajna razlika između vaterpolista i plivača. Mada promatrajući apsolutne vrijednosti postoji vidljiva razlika u ostvarenim rezultatima. Ovo bi se moglo objasniti time kako ova varijabla ovisi o ukupnoj tjelesnoj masi pa se na ovaj način izražavaju vrijednosti u postotku na cjelokupnu tjelesnu masu, a postoji razlika u mišićnoj masi između plivača i vaterpolista.

Perrin i suradnicu su istraživali također tri skupine ispitanika, prvu skupinu sačinjavali su plivači, drugu bacači kod bejzbola (pitchers), a treću nesportaši (David H Perrin, Robertson, & Ray, 1987.). U okviru istraživanja ispitivali su bilateralnu snagu ekstenzora koljena i ramena te rotatora ramena. Dobiveni rezultati upućuju kako postoji razlika u ostvarenim vrijednostima ekstenzora ramena dominantne i nedominantne ruke kod sve tri skupine ispitanika u korist dominantne strane. Sličan odnos bilježi se i kod unutarnjih rotatora ramena ali samo kod ispitanika bacača, dok se ne bilježi razlika kod druge dvije skupine ispitanika. Ovo je posljedica pojačanog opterećenja unutarnjih rotatora dominantnog ramena koje se javlja radi igre s lopticom. Slično se događa i kod drugih sportova pri kojima se opterećuje rame u položaju abdukcije iznad  $90^\circ$  (overhead sportovi). Ovo treba uvažavati pri propisivanju rehabilitacijskih postupaka ali i u sklopu provođenja vježbi radi prevencije od ozljeda.

Slijedeća značajna razlika vezana je uz varijablu koja determinira vrijednost ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $180^\circ$ /sekundi. Razlika je uočena samo između vaterpolista i kontrolne skupine, iako i ovdje postoji razlika u apsolutnim vrijednostima između plivača i vaterpolista (vaterpolisti su ostvarili 39.13, plivači 33.94, a kontrolna skupina 30.0). Ista je situacija i s varijablom koja determinira vrijednosti ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora dominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $180^\circ$ /sekundi u omjeru na mišićnu masu., kod koje postoji značajna razlika u vrijednostima između vaterpolista i kontrolne skupine (vaterpolisti 20.16, kontrolna skupina 16.17, plivači 19.20). Vrijednosti kod plivača nisu statistički značajno različite ni od jedne ni od druge skupine.

Promatrajući vrijednosti vanjskih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom  $60^{\circ}$ /sekundi primjećujemo kako su vaterpolisti ostvarili značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolnu skupinu (vaterpolisti 26.94, plivači 24.35, kontrola 23.51), ali ne i u odnosu na ispitivanu skupinu plivača. Ovo je posljedica plivanja gdje se opterećuju dominantna i nedominantna ruka te je očekivano kako su vrijednosti kod vaterpolista i plivača značajno veće u odnosu na kontrolnu skupinu. Slične omjere nalazimo i kod promatranja vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom od  $60^{\circ}$ /sekundi, postoji statistički značajna razlika u ostvarenoj mišićnoj sili između vaterpolista i kontrolne skupine. Apsolutno gledano vaterpolisti su ostvarili 47.31, plivači 40.29, kontrola 36.24. Ista situacija javlja se i kod vrijednosti kod kojih se ostvarena mišićna sila unutarnjih rotatora nedominantnog ramena ostvarena pod kutnom brzinom od  $60^{\circ}$ /sec postavi u omjer u odnosu na tjelesnu masu (vaterpolisti 24.09, plivači 22.88, kontrola 19.37). Postoji značajna razlika između vaterpolista i kontrole. Kao što vidimo opterećenje nedominantne ruke kod vaterpolista radi plivanja i kontakta tijekom igre dovodi do pojačanog opterećenja mišićnih skupina nedominantne ruke što rezultira povećanim vrijednostima snage kako u apsolutnim tako i u relativnim vrijednostima u odnosu na kontrolnu skupinu ispitanika.

Promatrajući varijablu koja determinira mišićnu silu unutarnjih rotatora nedominantnog ramena ostvarenu pod kutnom brzinom  $180^{\circ}$ /sec primjećujemo kako postoji razlika između vaterpolista i kontrolne skupine (vaterpolisti 33.86, kontrola 26.38). Plivači su ostvarili značajno veću vrijednost u odnosu na kontrolnu skupinu ali se najvjerojatnije radi malog broja ispitanika ne dobiva statistički značajna razlika u ove dvije skupine, iako se razlika primjećuje u apsolutnim vrijednostima.

Omjer ostvarene mišićne sile između vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke pokazuje statistički značajnu razliku između plivača i vaterpolista. Omjer kod plivača je 64.23, a kod vaterpolista 54.78. Dakle, plivači u odnosu na referentne vrijednosti dosadašnjih studija imaju vrijednosti omjera koje su bliže omjeru nesportaša (Hughes, Johnson, O'Driscoll, & An, 1999; Ivey, Calhoun, Rusche, & Bierschenk, 1985.; Murray, Gore, Gardner, & Mollinger, 1985.; Shklar & Dvir, 1995.; Yian, Ramappa, Arneberg, & Gerber, 2005.). Promatrajući omjere vanjskih i unutarnjih rotatora ramena nedominantne ruke dobivaju se nešto drugačije vrijednosti. Kod nedominantne ruke situacija je suprotna, vrijednost kontrolne skupine je 69, skupine plivača 62, a skupine vaterpolista 58. Iz ovog omjera je evidentno kako su ramena kod vaterpolista radi učestalih ponavljanja određene vrste kretnji izuzetno opterećena te kako dolazi do nerazmjera u opterećenju i promjene u omjeru ostvarene mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora. To konstantno preopterećenje u konačnici može dovesti do tendinopatije i ozljede dominantnog ramena. Iz tog razloga posebnu pažnju treba posvetiti preventivnim vježbama. Time bi se održale vrijednosti mišića ramenog zgloba u poželjnim vrijednostima, optimalno rasporedilo opterećenje i spriječio nastanak

bolnog stanja. Vaterpolisti imaju, radi medija, ali i dodatnih opterećenja pri poziciji šuta i dodavanja povećani rizik od ozljeda ramena.

Promatrajući istraživanja provedena na plivačima, dokazano je kako uslijed ponavljanih kretnji i povećanog opterećenja njihova ramena imaju veću incidenciju ozljeda u odnosu na kontrolne skupine. Razlika opterećenja kod plivača i vaterpolista, koji se natječu u istom mediju, evidentna je prema podacima koje smo dobili usporedbama ostvarenih mišićnih sila u testiranju dominantne i nedominantne ruke. Bez obzira na nešto više ostvarene vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantne ruke u skupini vaterpolista, ne postoji statistički značajna razlika u odnosu na skupinu plivača dok kod dominantne ruke postoji statistički značajna razlika. Jedini zaključak koji se nameće u razlici rezultata ove dvije ruke jest taj što je dominantna ruka kod vaterpolista opterećena u fazi šuta i u fazi dodavanja. Razlike koje postoje, ali nisu statistički značajne kod nedominantne ruke posljedica su također aktivacije mišićnih skupina nedominantne ruke u navedenom okomitom položaju tijela, jer se stabilnost prilikom šuta i dodavanja ostvaruje i uz pomoć aktivnosti nedominantne ruke. Ta aktivnost, sudeći prema svim ovim podacima, nije tolika da stvori statistički značajnu razliku, ali je dovoljna da pokaže veće rezultate mišićnih skupina nedominantne ruke u vaterpolu.

Promatrajući dobivene rezultate primijeti se kako su ispitanici u skupini vaterpolista i u skupini plivača ostvarili više vrijednosti ostvarenih mišićnih sila dominantne ruke u testu pod kutnom brzinom od  $60^\circ/\text{sec}$ . Tako su pod tom kutnom brzinom unutarnji rotatori dominantne ruke kod vaterpolista ostvarili vrijednosti 52. Plivači su ostvarili 40.29, dok je kontrolna skupina 40.07. Ovdje postoji statistički značajna razlika između skupine vaterpolista u odnosu na plivače i kontrolnu skupinu, a premda postoji nešto veća vrijednost u skupini plivača u odnosu na kontrolnu skupinu nema statistički značajne razlike u odnosu na ove dvije skupine. U rezultatima ostvarene mišićne sile vanjskih rotatora dominantne ruke nema statistički značajne razlike iako su i vaterpolisti i plivači ostvarili nešto više prosječne vrijednosti u odnosu na kontrolnu skupinu. Navedeni rezultati ukazuju kako je dominantna ruka jače opterećena kod vaterpolista, odnosno bolje rečeno kako su radi specifičnih kretnji dodatno opterećeni unutarnji rotatori samog ramena, što se iščitava iz dobivenih rezultata maksimalno ostvarene mišićne sile, kako u apsolutnim tako i u relativnim vrijednostima pri ovoj kutnoj brzini

Omjer ostvarene mišićne sile između vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke pokazuje statistički značajnu razliku između plivača i vaterpolista. Omjer kod plivača je 64.23, a kod vaterpolista 54.78. Dakle, plivači u odnosu na referentne vrijednosti dosadašnjih studija imaju manje "poremećen" omjer ostvarene mišićne sile antagonističkih skupina mišića u odnosu na vaterpoliste, jer se ovaj omjer kod plivača približava omjeru "urednih" vrijednosti, što znači da je rame koje ima bolje održane omjere manje opterećeno, odnosno manje sklono sindromima prenaprezanja (Pecina

& Bojanic, 2003.). Kod nedominantne ruke situacija je suprotna, vrijednost kontrolne skupine je 69, plivači 62, a vaterpolisti 58. Iz ovih omjer je evidentno kako su ramena kod vaterpolista radi učestalih ponavljanja određene vrste kretnji izuzetno opterećena, te da dolazi do nerazmjera u ostvarenoj mišićnoj sili antagonističke skupine mišića. To konstantno preopterećenje u konačnici može dovesti do tendinopatije i ozljede navedenog ramena. Radi navedenog posebnu pažnju treba posvetiti preventivnim vježbama koje bi održavale vrijednosti mišića ramenog zgloba u poželjnim vrijednostima, optimalno rasporedili opterećenje i spriječili nastanak bolnog stanja. Vaterpolisti imaju radi medija ali i dodatnih opterećenja pri poziciji šuta i dodavanja povećani rizik od ozljeda ramena. Razni autori uspoređivali su omjere vanjskih i unutarnjih rotatora ramena kod sportaša i zdrave populacije. tako su Ivey i suradnici (Ivey Jr, Calhoun, Rusche, & Bierschenk, 1985.)u svojoj studiji na skupini od 18 muškaraca prosječne dobi 27 godina istraživali utvrdili omjer vanjskih i unutarnjih rotatora od 0,65.

Lategan Leon je istraživao vrijednosti mišićne snage gležnja, koljena, ramena i podlaktice kod mladih južnoafrikanaca(Lategan, 2011.). U svojoj populacijskoj studiji testirao i ramena kod mladih južnoafrikanaca starosti 19,06 godina na izokinetičkom dinamometru Cybex 340 Omjer mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora u ovom istraživanju iznosi 0.79, Slične rezultate su dobili Brown i sur pri istraživanju igrača bejzbola, ali na nedominantnoj strani dok je rezultat omjera vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke iznosi 0.61, što upućuje na činjenicu kako se radi ciljanog opterećenja uslijed specifičnosti sporta ovaj omjer mijenja i različit je kod sportaša i nesportaša.

Promatrajući istraživanja provedena na plivačima, dokazano je kako uslijed ponavljanih kretnji i povećanog opterećenja njihova ramena imaju veću incidenciju ozljeda u odnosu na kontrolne skupine. Razlika opterećenja kod plivača i vaterpolista, koji se natječu u istom mediju evidentna je prema podacima koje smo dobili usporedbama ostvarenih mišićnih sila u testiranju dominantne i nedominantne ruke. Naime, kao što je razvidno iz rezultata, bez obzira na nešto više ostvarene vrijednosti unutarnjih rotatora vaterpolista nedominantne ruke, ne postoji statistički značajna razlika u odnosu na skupinu plivača. Kod dominantne ruke postoji statistički značajna razlika. Jedini zaključak koji se nameće u razlici rezultata ove dvije ruke je što dominantne ruka kod vaterpolista je opterećena u fazi šuta i u fazi dodavanja. Razlike koje postoje, ali nisu statistički značajne, kod nedominantne ruke, posljedica su također aktivacije mišićnih skupina nedominantne ruke u navedenom okomitom položaju tijela, jer se stabilnost prilikom šuta i dodavanja ostvaruje i uz pomoć aktivnosti nedominantne ruke. Ta aktivnost prema svim ovim podacima nije tolika da stvori statistički značajnu razliku, ali je dovoljna da pokaže veće rezultate mišićnih skupina nedominantne ruke u vaterpolista.

McMaster i Roberts u svom istraživanju navode kako i plivači i vaterpolisti imaju relativno povećanje snage unutrašnjih rotatora što ponekad može uzrokovati nestabilnost ramena. Zanimljiv je odnos ostvarene mišićne snage plivača i vaterpolista (McMaster et al., 1998.). Iz njega je očito pravo opterećenje rotatora jer plivači imaju jednako opterećenje oba ramena prilikom plivanja, a razlika između dvije skupine nije dakle vezana za medij, već je vezana isključivo za igru s loptom. Povećane vrijednosti ostvarene mišićne sile vanjskih i unutarnjih rotatora našli su Tsekouras i suradnici koji su u okviru ispitivanja psihičkih i fizičkih karakteristika vaterpolista i maksimalno ostvarena mišićna sila vanjskih rotatora u njihovom testu iznosila je 68.5 Nm, dok su ostvarene vrijednosti vanjskih rotatora iznosile 37.1 Nm. Ovaj omjer antagonističkih skupina, odnosno vanjskih i unutarnjih rotatora također je promijenjen u odnosu na vrijednosti istraživanja na zdravim pojedincima, što su iznijeli i Ivey i suradnici. Oni su u svom radu dobili omjer na zdravim ispitanicima u omjeru 3.2 bez statistički značajne razlike između dominantne i nedominantne ruke. Kao što se vidi u kontrolnoj skupini ni mi nismo dobili statistički značajnu razliku između dominantne i nedominantne ruke kontrolne skupine. Uspoređujući ostvarene mišićne vrijednosti u odnosu na tjelesnu masu pri kutnoj brzini od 60°/sekundi ne nalazimo statistički značajnu razliku u ostvarenim rezultatima između plivača i vaterpolista, iako su ostvarene veće vrijednosti. Razlog tome je u antropometrijskim mjeranjima vaterpolista koji su u prosjeku viši i teži u odnosu na plivače pa se u relativnim vrijednostima u odnosu na mišićnu masu dobiju ovakvi rezultati. Naši ispitanici po svojim antropometrijskim mjerama visini i težini približno su jednaki ispitanicima u navedenom istraživanju Tsekourasa i suradnika. Iz navedenih rezultat i radova vidljivo je kako su promijenjeni omjeri antagonističkih skupina mišića što će u konačnici dovesti do povećanog umora i opterećenja mišićnih skupina. Do sličnih zaključaka došli su i Barry Dale i suradnici koji su ispitivali umor koji se javlja prilikom ponavljanih pokreta bacanja iz ramena. Zaključili su kako ponavljana mikrotrauma koja se javlja kod ovakvih kretnji pridonosi ozljedi tetivno-mišićnog rukavca. Uz navedeno moramo naglasiti kako svi testovi umora ukazuju kako je dobra priprema u prednatjecateljskoj sezoni potrebna kako bi se efekt umora u maksimalnim naporima tijekom natjecateljske sezone umanjio a samim tim i bolnost u ramenu kao posljedica ozljeda. Brojni autori promatrali su probleme ramena i kod drugih sportova koji su po mehanizmu izbačaja odnosno aktivnosti ramenog zgloba slični s vaterpolom, dok su drugi uspoređivali promjene u zglobu kod plivača i vaterpolista radi efekta plivanja i medija u kojem se sport odvija. Tako su McMaster i suradnici istraživali snagu tetivno-mišićnog rukavca u vaterpolista u odnosu na kontrolnu skupinu. U svom radu autor navodi istraživanje Whitinga i suradnika (Whiting, Puffer, Finerman, Gregor, & Maletis, 1985.) koji su prikazali sličnost pri bacanju bejzbola i vaterpola. Međutim, postoje razlike koje proizlaze iz medija u kojem se sport odvija, kao i različitih dimenzija odnosno težine lopte. Nedostatak čvrste podloge u vodi prilikom vaterpolo igre zahtijeva bolju stabilizaciju ramena pri pucanju na gol i dodavanju, te je tu potreban jači angažman mišića stabilizatora ramena i trupa. Uz to

kod plivanja i kod izbačaja lopte koristimo iste skupine mišića, aduktore i rotatore. Ovo posljednje omogućuje istraživanja na plivačima i vaterpolistima obzirom na medij u kojem se nalaze. dakle, možemo reći da uz određenu dozu opreza možemo koristiti u ispitivanju vaterpolista istraživanja koja su rađena s plivačima kao i istraživanja koja su rađena na drugim sportovima koji imaju sličnu kretanju u ramenu ( overhead sportovima). Razlika o kojoj moramo razmišljati pri donošenju zaključaka u odnosu na plivanje je specifičnost okomitog stava u vodi i rada s loptom, a za ovu drugu skupinu sportova specifičnost vode kao medija. U navedenom istraživanju McMaster je testirao na izokinetičkom stroju mišićnu silu rotatora i abduktora i aduktora ramena. Početni položaj za razliku od našeg istraživanja, bio je sjedeći. Omjeri ostvarenih mišićnih sila rotatornih skupina kod vaterpolista u testu pri kutnoj brzini od  $30^{\circ}$ /sekundi iznose 59, dok su u istom testu vrijednosti u kontrolnoj skupini iznosile 75. U našem istraživanju omjer kod vaterpolista iznosio je 54.78, a kod plivača 64.23. Promatrajući apsolutne vrijednosti naših ispitanika i ispitanika u istraživanju McMastersa i suradnika primijete se manje razlike u ostvarenim vrijednostima ali one su posljedica testiranja pod različitim kutnim brzinama, mi test provodili pod kutnom brzinom od  $60^{\circ}$ /sekundi a ne pri  $30^{\circ}$ /sekundi, i u različitom početnom položaju. U našem istraživanju testiranja smo vršili u ležećem položaju na leđima iz razloga što je najbliži položaju kojeg plivači i vaterpolisti zauzimaju pri sportskoj aktivnosti. To je razlog različitih vrijednosti u našem radu i u radu MacMastersa i suradnika, ali ostali rezultati i omjeri antagonističkih skupina ne pokazuju veća odstupanja. U njihovom radu nije dobivena statistički značajna razlika u omjeru ostvarene mišićne sile vanjskih rotatora nedominantne ruke. Također u našem istraživanju ne postoji statistički značajna razlika između ostvarenih vrijednosti vanjskih rotatora nedominantne ruke u testu pri kutnoj brzini od  $180^{\circ}$ /sekundi. Iz ovih rezultata vidljivo je kako postoje razlike u opterećenju dominantne i nedominantne ruke, iako moramo naglasiti kako se u testu pri kutnoj brzini od  $180^{\circ}$ /sekundi radi veći broj ponavljanja, što bi prije odgovaralo komponenti izdržljivosti nego li gruboj mišićnoj snazi. Kao što se vidi iz našeg istraživanja i istraživanja McMastersa i suradnika u oba istraživanja podudaraju se dobiveni rezultati istraživanja. Postoji statistički značajna razlika između svih testiranih skupina mišića kod kontrolne skupine i vaterpolista, osim u testiranju vanjskih rotatora nedominantnog ramena pod kutnom brzinom od  $180^{\circ}$ /sekundi.

### ***6.3 Izostanak utjecaja izokinetičkih parametara na ozljeđivanje ramenog obruča u ukupnom uzorku ispitanika***

Premda je u samom početku studije jedna od osnovnih hipoteza bila kako će se u ukupnom uzorku utvrditi povezanost izokinetičkih parametara i ozljeđa, to se u ovom slučaju nije dokazalo.

Osnovni razlog koji se nameće u objašnjavanju ove problematike treba tražiti u činjenici da je uzorak vaterpolista u ovom radu sastavljen od vrhunskih igrača koji su već niz godina u trenažnom procesu te su sudionici jedne od najjačih ako ne i najjače lige na svijetu. Visoko su trenirani te je moguće da u tome leži razlog manjeg broja ozljeđa jer ramena mogu podnijeti sva naprezanja, ne upadaju u sindrome preopterećenja koje dovode do promjene u mišićno tetivnom rukavcu i pojavu boli. MacMaster i suradnici istraživali su snagu tetivno-mišićnog rukavca kod vaterpolista, i dobivene vrijednosti usporedili su s vrijednostima dobivenim u kontrolnoj skupini. Postoji relativno mali broj istraživanja koja su rađena na vaterpolistima. Veći broj istraživanja proveden je na plivačima i na sportašima drugih sportova kod kojih se odvijaju bacačke kretnje u ramenu, što rezultira ozljedama uslijed prenaprezanja (Whiting et al., 1985.). Razlike koje postoje su posljedica različitih dimenzija lopte, te samog medija u kojem se sport odvija. Nedostatak čvrste podloge u vaterpolo igri zahtijeva bolju stabilizaciju ramenog zgloba pri izvođenju šuta i dodavanja. Plivanje i bacanje imaju sličnu biomehaničku osnovu, odnosno koriste iste skupine mišića aduktore i rotatore ramena. U tu svrhu autori su testirali dvije skupine: vaterpoliste i kontrolnu skupinu na izokinetičkom dinamometru te je rađen dvobrzinski test kutnih brzina  $30^\circ/\text{sekundi}$  i  $180^\circ/\text{sekundi}$ . Testirana su vanjska i unutarnja rotacija oba ramena, kao i abdukcija i adukcija. Položaj pri mjerenju snage vanjskih i unutarnjih rotatora ramena bio je sjedeći, a podatci su statistički obrađeni. Prosječna starost vaterpolista iznosila je 26 godina, prosječna tjelesna visina 192 cm, a težina 91 kg. Ostvarene vrijednosti vanjskih rotatora iznosile su 59% snage unutarnjih rotatora, te 54% u testu pri  $180^\circ/\text{sekundi}$ . Omjer snage vanjskih i unutarnjih rotatora kod vaterpolista je statistički značajno niži u testu pod kutnom brzinom od  $30^\circ/\text{sekundi}$ . Dokazana je i razlika kod testa od  $180^\circ/\text{sekundi}$  koja nije statistički značajna. Navedeni rezultati pokazuju kako ne postoji značajna razlika u ostvarenoj mišićnoj sili vanjskih rotatora nedominantne ruke u obje ispitivane skupine. Našim istraživanjem dobivene vrijednosti omjera snage vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke pri kutnoj brzini od  $60^\circ/\text{sekundi}$  također pokazuju razliku u odnosu na kontrolnu skupinu. Dokazana je i razlika u testu od  $180^\circ/\text{sekundi}$  između dvije promatrane skupine. Te je dokazana razlika u omjeru snage antagonističkih skupina mišića dominantne ruke između vaterpolista i plivača, s tim da nije dokazana statistički značajna razlika između dominantne i nedominantne ruke kod plivača. Navedeno se



objašnjava činjenicom da kod plivača dolazi do ravnomjernog snaženja u procesu plivanja i dominantne i nedominantne strane te se taj odnos dominantne i nedominantne ruke donekle mijenja. Za razliku od navedenog, kod vaterpolista, osim faze plivanja, tijekom igre postoji i faza takozvanog uspravnog stava pri kojoj sportaš puca i dodaje loptu. Radi specifičnosti medija, u ovom slučaju vode u kojoj sportaš nema oslonca na nogu, druga ruka također sudjeluje u stabilizaciji kod šuta i dodavanja, ali ta dva opterećenja šuta i dodavanja su ipak veća za pojedine skupine mišića dominantne ruke u odnosu na drugu ruku koja pomaže pri stabilizaciji. Navedeno upućuje kako možemo očekivati veće promjene u području tetive ramenog obruča dominantne ruke, a samim time i veću incidenciju bola u ramenu dominantne ruke. To se podudara s drugim radovima koji ukazuju na preopterećenje i tendinopatiju kao glavni uzrok bolova, odnosno ukazuju da tendinopatija i sindrom sraza dovode do nestabilnosti i bola te su u tu svrhu napravili opsežno istraživanje na plivačima. Tom prilikom su koristili kliničko ispitivanje, dok je jedan dio ispitanika imao i nalaz MR ramena (Sein et al., 2010.). Njihovi rezultati ukazuju kako je ipak tendinopatija, uzrokovana intenzivnim plivačkim opterećenjem, glavni uzrok bolova u ramenu, a kako je nestabilnost ramena znatno manje povezana s nastankom sekundarnog sindroma sraza

Promatrajući rezultate istraživanja može se zaključiti kako također nije dokazana direktna veza ozljede i izokinetičkih parametara, osim kod pozicije beka i centra gdje je statistički dokazana povezanost između poremećenog omjera dominantne ruke, ali u kombinaciji s dobi. Iz ovog proizlazi kako su starije osobe koje se i dulje bave vaterpolom (ispitivana skupina su vrhunski vaterpolisti koji su prošli sve niže selekcije i predstavljaju reprezentativni uzorak) skloniji ozljedama ukoliko imaju poremećen omjer vanjskih i unutarnjih rotatora. Sama dob, odnosno duljina izloženosti ramenog obruča opterećenju, sigurno dovodi do degenerativnih promjena tetiva mišićno-tetivnog rukavca koji postaje sve osjetljiviji, te ga svaka promjena omjera antagonističkih skupina mišića stvara podložnim za ozljedu, odnosno dovodi do pojave simptoma bola prenapregnutog ramena.

Samo prenaprezanje mišića ramenog obruča, prvenstveno supraspinatusa za čiju se tendinopatiju i povezuje bol i oštećenje ramena očituje se u promjeni jakosti tj. poremećenom omjeru antagonističkih skupina mišića ramenog pojasa.

Omjer antagonističkih skupina mišića u kontrolnoj skupini razlikuje se znatno od omjera testiranih skupina plivača i vaterpolista. Colville i Robinson, su u svojoj studiji usporedili vrijednosti mišićne sile vaterpolista i nesportaša te dobili također poremećene omjere antagonističkih skupina tj. vanjskih i unutarnjih rotatora. Time su potvrdili vrijednosti koje su iznijeli McMasteri suradnici testirajući na izokinetičkom dinamometru vaterpoliste kod kojih je omjer bio 0,64 odnosno manji u odnosu na rezultat 0,75 kod kontrolne skupine. Isti autori su iznijeli podatak kako je 26% natjecatelja prijavilo

ozljedu ramena tijekom praćenja kroz natjecateljsku sezonu međutim vjerojatnost da će se javiti ozljeda je dva puta veća ukoliko je omjer antagonista bio iznad 0,63 na početku sezone

Omjer antagonističkih skupina, dakle ostvarene mišićne vrijednosti vanjskih i unutarnjih rotatora dominantne ruke kontrolne skupine u našem istraživanju iznosi, omjer u skupini ispitivanih plivača iznosi 0,62, dok je omjer istih skupina mišića ramena kod vaterpolista, dominantne ruke, još niži i iznosi 0,54. Nešto niži omjer antagonista, tj. dominacija unutarnjih rotatora, kod ispitanika u studiji u odnosu na rezultate istraživanja navedenih autora treba tražiti u činjenici kako naši ispitanici spadaju u višu kategoriju natjecatelja u odnosu na ispitanike u navedenim studijama. Kao što je opterećenje ramena kod testiranih plivača u ovom istraživanju niže u odnosu na svjetske studije koje smo naveli tako je skupina ispitanika vaterpolista u našem istraživanju znatno iznad ispitanika kod McMastera i suradnika. Potvrda toga su rezultati na natjecanjima koje naši vaterpolisti ostvaruju u odnosu na rezultate drugih zemalja u kojima su studije rađene. Treba naglasiti uz to, kako je uzorak ispitanika istraživani u ovom radu na kvalitativnom višoj razini od nivoa ispitanika u drugim istraživanjima. Imaju, što je jako važno, veće iskustvo u vaterpolo sportu te postoji mogućnost kako su osobe koje nisu mogle podnijeti ovo opterećenje selektirane tijekom vremena odnosno nisu dostigle ovaj nivo natjecanja (genetska predispozicija, struktura kolagena), te su otpale tijekom godina bavljenja sportom. Ovo nameće potrebu daljnjih istraživanja na mlađim dobnim skupinama kod kojih još nije došlo do selekcioniranja radi promjena uvjetovanih ozljedama te smatramo kako prateći upravo ove dobne skupine može istražiti utjecaj genetskih čimbenika, a naspram procesa treniranja kod nastanka ozljeda ramena. Ujedno time ćemo doći do boljih zaključaka o tome koji preventivski procesi mogu smanjiti ozljede ramena. Svjedoci smo kako je jedan broj izuzetno talentiranih mladih sportaša, ne samo u vaterpolu, morao prekinuti bavljenje sportom radi ozljede tj. oštećenja ili je morao smanjiti intenzitet treninga i nije ostvario očekivane rezultate

## **6.4 Značajni utjecaj izokinetičkih parametara na ozljeđivanje ramenog obruča kod vaterpolista – pozicijsko specifični pristup**

Naredni nalaz studije veže se uz podatke o povezanosti prediktorskih varijabli s ozljeđivanjem, ali kada se razmatraju odvojeno igrači koji igraju na dvije glavne pozicije u vaterpolo igri, dakle pojedinačno za bekove i centre (u daljnjem tekstu centri) i posebno za igrače koji igraju na vanjskim pozicijama (u daljnjem tekstu vanjski).

Igrači koji igraju na poziciji centra, a koji su pretrpjeli ozljedu ramena u natjecateljskoj sezoni determinirani su od dvije varijable: starija dob i omjera ostvarene mišićne sile antagonističkih skupina mišića dominantne ruke. S druge strane, za vanjske igrače nije utvrđena značajna logistička regresija, mada je to statistički možda bilo prije za očekivati jer ih je dvostruko više nego što je centara. Upravo je taj broj vrlo vjerojatno razlog radi kojeg u prethodnim analizama kod kojih su promatrani svi igrači zajedno nije utvrđena značajna povezanost promatranih prediktora s kriterijskom varijablom ozljeđivanja. U objašnjavanju razloga povezanosti kod centara treba voditi računa o dvije stvari, prvo – igrači koji igraju na poziciji centra i beka značajno su teži i veći od igrača koji su na krilnim pozicijama. O tome govori čitav niz istraživanja (Alcaraz et al., 2011.; Aleksandrovic, Radovanovic, Okicic, Madic, & Georgiev, 2011.; Kondric et al., 2012.; M. Lozovina, Durovic, & Katic, 2009.; V. Lozovina & L. Pavicic, 2004.; Tan, Polglaze, Dawson, & Cox, 2009.). Druga bitna razlika kod onih koji igraju na poziciji centra i beka je u tome što su ovi igrači ukupno gledano puno duže u fizičkom kontaktu nego igrači na vanjskim pozicijama, što su također istraživali razni autori. Ove dvije glavne odrednice koje su objašnjene ustvari određuju razlike radi čega se ustanovila statistički značajna razlika za igrače na poziciji centra i beka, a nije ustanovila za pozicije vanjskih igrača. Sigurno produženi fizički kontakt u svakom napadu odnosno obrani na pozicijama beka i centra dovodi do pojačanih opterećenja u području mišića ramenog obruča. Također i borba za poziciju između beka i centra dovodi do kretnji u ramenom zglobu koju mogu dovesti do mehaničkih trauma tetivno mišićnog rukavca. Kvalitetna i jaka muskulatura s vremenom biva sve više istraumatizirana, a ne može se ni zanemariti čimbenik umora koji kako napreduje utakmica ovu skupinu mišića stvara podložnijom nastajanju trauma. Kao što znamo svaka ponavljana mikrotrauma s vremenom dovodi do oštećenja i promjena u tkivu. Tendinoze koje se javljaju kao posljedica ponavljanih mikrotaruma i prenaprezanja jedan su od glavnih uzroka pojave boli kod vaterpolista (Sein et al., 2010.)

Iz toga proizlazi očita povezanost dobi i ozljede ramena u ovoj podskupini ispitanika, a to je u konačnici i statistički dokazano. Međutim i pored toga što na prvi pogled ova diskusija izgleda logično, u logističko regresijsko analizi pojavljuje se faktor dobi kao izuzetno važan u ozljeđivanju. Pojava dobi

kao čimbenika iako naizgled ne toliko značajna u konačnici daje potvrdu kako opterećenje mijenja tetive ramenog obruča dolazi do nastajanja tendinopatije te pojave boli jer što je viši nivo opterećenja, što vremenski dulje traje promjene na tetivama su veće i mogućnost pojave boli je sve veća (Sein et al., 2010)

Nakon ove diskusije nameće se vjerojatan zaključak, odnosno razlog za izostanak značajne povezanosti ozljeda i promatranih varijabli u ukupnom uzorku. Igrača na vanjskim pozicijama u igri ima dvostruko više nego igrača na poziciji beka i centra. U vaterpolo timu u igri nalaze se dva igrača na poziciji bek centar, dok su četiri igrača igrači vanjskih pozicija. Navedeno generira u konačnici dvostruko više ispitanika na vanjskim pozicijama nego na poziciji beka i centra. Primjedba studiji bi mogla biti zašto u skupini ispitanika nema jednakog broja vanjskih i ispitanika na poziciji beka i centra, međutim sama pravila igre formiraju vaterpolo ekipu u bazenu u omjerima koje smo naveli, te je to i razlog zašto je veći broj vanjskih u odnosu na centre. Riječ je o prirodnoj situaciji u vaterpolu. Međutim, ovaj omjer nije nedostatak već prednost zaključka za povezanost ozljeda na poziciji bek centar. Ako smo dobili povezanost u dvostruko manjem broju ispitanika, to znači da je ta statistički izražena povezanost valjana i da bi bila izražena jednako tako i u većem broju ispitanika. Upravo ova činjenica je potvrdila novije nalaze nekoliko istraživača koji su se bavili vaterpolo igrom, odnosno fitnessom vaterpolo igrača i istraživanja su potvrdila kako je pozicijsko specifični pristup u opisivanju karakteristika vaterpolo igre i drugih timskih sportova jedini ispravan pristup. Napori, opterećenja i karakteristike igre, kao i morfološka građa toliko su različiti po pozicijama tako da je praktički nemoguće promatrati ukupan uzorak bez diferencijacije po pozicijama i predstavlja metodološku pogrešku, pa bi zaključci koje bi izveli na osnovu ovakvih istraživanja bili pogrešni (Alcaraz et al., 2011; Aleksandrović et al., 2011.; Kondrić et al., 2012.; M. Lozovina et al., 2009.; V. Lozovina & L. Pavić, 2004.; Tan et al., 2009.)

## **6.5 Izostanak prediktivnih vrijednosti izokinetičkog mjerenja na ozljeđivanje kod plivača**

U uvodu diskusije navodi se da nisu utvrđene značajne vrijednosti promatranih prediktorskih varijabli i kriterijske varijable ozljeđivanja kod uzorka plivača. Kroz ovaj dio diskusije ukratko će se pokušati dati osvrt na činjenicu da logističkom regresijskom analizom nije utvrđena značajna povezanost između promatranih prediktora i samih ozljeda kod plivača. Treba napomenuti kako je uzorak plivača imao relativno mali broj ozljeda u odnosu na vaterpoliste (kod vaterpolista bilo je 14/50, a kod plivača 5/25). Ovaj nalaz studije o izostanku povezanosti ispitivanih prediktorskih varijabli i faktora ozljeđivanja nije u skladu s rezultatima drugih istraživanja koja su se bavila sličnom problematikom. Činjenica je da su dosadašnja istraživanja redovito uzimala kao kriterijsku varijablu tendinopatiju, U slučaju ove studije nije bilo tako, pa je samim time moguće kako je izlazna kriterijska varijabla ozljede jednim dijelom utjecala na nedostatnu povezanost prediktora s kriterijima. Međutim, kao što bi odabir kriterijske varijable mogao biti razlog dobivenih rezultata, moguće je da je i odabir uzorka ispitanika jednim dijelom utjecao na nedostatnu povezanost prediktora i kriterijske varijable. Naime, dosadašnje studije po svemu sudeći su redovito ispitivale klinički uzorak, dakle uzorak koji je došao po liječničku pomoć, pa je logična i povezanost između prediktorskih varijabli i kriterijske varijable. S druge strane, ovo istraživanje bavilo se slučajnim uzorkom odabranim među splitskim klubovima, a što je vidljivo iz incidencije ozljeđivanja koja je bitno manja u odnosu na studije koje su istraživale ovu problematiku. Tako u istraživanju Rupp i suradnici koji su proveli istraživanje na 22 plivača natjecatelja putem upitnika, kliničkog pregleda i izokinetičkog testiranja vanjskih i unutarnjih rotatora navodi kako je pet plivača tijekom istraživanja prijavilo bol zbog koje su morali smanjiti ili prekinuti vježbanje. Osam sportaša prijavilo je bol i pri izokinetičkom testiranju. Četrnaest sportaša negiralo je smetnje u vidu bola. Pozitivan sindrom sraza imalo je 11 sportaša, dok je "apprehension" znak koji ukazuje na prednju nestabilnost ramena, nađen je također u 11 sportaša. Klinički znakovi koji opisuju nestabilnost skapulotorakalnih mišića nađeni su kod 5 sportaša, a protrakcija ramena kod 12 sportaša. U svom testiranju kao kontrolnu skupinu koristili su zdrave pojedince koji se ne bave plivanjem kao sportom, odgovaraju ispitivanoj skupini po dobi, spolu i dominantnoj ruci, što je slično kao i u našem istraživanju. Obje skupine testirane su dvobrzinskim izokinetičkim test protokolom. mjere snage vanjskih i unutarnjih rotatora u testu pri 60°/sekundi i 180°/sekundi je bio značajno niži u ispitivanoj skupini plivača, u odnosu na kontrolnu skupinu. Odnos je neovisan o dobi, dominantnoj ruci, bolovima kao i boli koja se javlja pri testiranju. Primijećeno je također da plivači ostvaruju značajno više vrijednosti mišićne sile i ukupnog rada u odnosu na kontrolnu skupinu ali to se nije potvrdilo pri testiranju vanjskih rotatora. Iz svih navedenih podataka, autori zaključuju kako postoji

više čimbenika koji dovode do takozvanog plivačkog ramena, a to su nestabilnost u anteroinferiornim strukturama zglobne čahure i ligamenata s atraumatskom prednjom nestabilnosti i ponavljanim opterećenjem, zatim srazom s tendinitisom tetivno-mišićnog rukavca i potom mišićnim disbalansom tetiva tetivno-mišićnog rukavca i skapulotorakalnom disfunkcijom. U odnosu na naša istraživanja vidljivo je znatno veći broj plivača s bolom u ramenu dok ostali rezultati ne odudaraju od rezultata u našem istraživanju (omjer vanjskih i unutarnjih rotatora kod plivača manji je od kontrolne skupine, a plivači su ostvarili više rezultate u testiranju mišićne sile) pokazuju kao i u ovom radu kako su ostvarene vrijednosti mišićne sile rotatora veće od ostvarenih vrijednosti kontrolne skupine. Te se može potvrditi kako sve ukazuje da je bol u ramenu posljedica više čimbenika. Razlika koja se primijeti u odnosu na naše ispitivanje je samo broj plivača s bolnim ramenom u odnosu na ukupan broj ispitanika. Veći broj plivača s bolnim ramenom u odnosu na naše rezultate prikazali su Sein i suradnici (Sein et al., 2010.). U okviru svoje studije autori su istraživali patogenezu bola u ramenu kod vrhunskih plivača. Cijela studija bazirana je na Jobeovoj hipotezi po kojoj ponavljane kretnje kod plivanja dovode do nestabilnosti ramena što uzrokuje bol sraza. U tu svrhu testirani su plivači dobne skupine od 13 do 25 godina, koji su ispitani o svom plivačkom treningu, boli i funkciji ramena. Uz to je ispitivana stabilnost zgloba neinvazivnim elektronskim mjernim instrumentom. Od 80 ispitanika 52 su imali i snimku magnetne rezonance (MRI) ramena. 91% plivača naveo je smetnje u vidu bola, 84% ih je imalo pozitivan znak sraza, a 69% osoba kojima je urađena MRI dokazana je tendinopatija supraspinatusa te su dokazali značajnu korelaciju između znaka sraza i MRI-om nađene tendinopatije kao i značajna korelacija tendinopatije supraspinatusa s povećanjem oštećenja tetive, odnosno njenim stanjenjem. Nestabilnost korelira s boli koja se javlja kod sraza, ali ne i s tendinopatijom supraspinatusa. Broj sati plivanja po tjednu i veličina preplivane udaljenosti značajno su povezani s nastankom tendinopatije supraspinatusa. Iz ovoga proizlazi kako je tendinopatija supraspinatusa glavni uzrok boli kod plivača, a ona je posljedica opterećenja za vrijeme plivačkog treninga, te da je nestabilnost ramena rijetko udružena sa sindromom sraza. Broj plivača koji je nađen s bolom i promjenama u ramenu evidentno je veći od broja u našem istraživanju. Međutim u okviru svog ispitivanja autori su napravili i klasifikaciju plivača po opterećenju te ih svrstali u 4 jakosne kategorije koje su nazvali prema nivou natjecanja na kojima nastupaju. Ovo je značajno jer kao što smo vidjeli postoji više čimbenika koji uzrokuju bol, a jedan od značajnih koji dovodi i do promjene u tetivama supraspinatusa je opterećenje tijekom treninga. Opterećenje tijekom treninga ovisi o duljini i intenzitetu. Iz tog razloga zanimljiv je podatak ove studije kod koje su autori podijelili plivače na 4 skupine ovisno gdje se natječu i to na klupske, državne (nivo koji bi odgovarao našem županijskom nivo), nacionalne i međunarodne. Naime plivači koji se natječu na klupskom i na županijskom nivou natjecanja imali su značajno manji broj tendinopatija dokazanim MR u odnosu na plivače koji se natječu na međunarodnom nivou, iz toga proizlazi i manja bolnost u ramenu i manji broj ozlijeđenih

u ovoj grupi. U ovom istraživanju testirani su plivači nacionalne razine što je neusporedivo niža razina u odnosu na nacionalnu razinu plivača navedenih studija. To je zapravo treći razlog činjenici da uzorak ispitanika koji je istraživan u ovoj studiji treba gledati kao uzorak niže razine treniranosti kvalitete u odnosu na studije koje su se bavila ovom problematikom. Ipak treba voditi računa i o činjenici kako je broj ispitanika u našoj studiji bio nešto manji, što je utjecalo na smanjenje stupnjeva slobode pa samim tim i na smanjenu mogućnost donošenja statistički utemeljenih zaključaka o utjecaju prediktorskih varijabli na kriterijsku varijablu ozljeđivanja.

Konačna potvrda kompletne diskusije o utjecaju, odnosno problemu niže razine treniranosti ispitanika u odnosu na izvještaje u dosadašnjim studijama je činjenica da se preciznijim uvidom u rezultate utvrdi kako su svi koji su imali ozljedu u ispitivanoj skupini plivača sportaši koji studiraju na sveučilištima u SAD-u na kojima treniraju i plivaju i tamo je intenzitet i nivo treninga neusporedivo veći nego kod plivača koji treniraju u splitskim klubovima. Tako je broj sati koje provedu na treningu znatno veći kod ove skupine plivača na fakultetu u odnosu na broj sati treniranja ostalih plivača testiranih u našem istraživanju. Moramo za daljnje pojašnjavanje napomenuti da svi klubovi čiji su plivači testirani u našem istraživanju spadaju u prvi nacionalni razred.

## 7 Zaključak

Na osnovu provedenog istraživanja zaključuje se kako je izokinetički dinamometar pouzdan mjerni instrument za mjerenje snage i izdržljivosti mišićnih skupina. Mjerenje mora biti standardizirano tj. mora se paziti na pravilno pozicioniranje te pridržavanje protokola testa. Nepridržavanje pravila generira, kao i kod svih drugih mjernih instrumenata, pogrešku koja nas navodi na stvaranje krivih zaključaka. Svi zglobovi nisu jednako podložni ovoj grešci. Rameni zglob zbog svoje građe spada u zglobove koji su podložniji ovoj grešci ukoliko se ne pridržavamo ispravnog protokola testiranja.

Dobiveni rezultati na izokinetičkom mjernom stroju pokazuju kako postoji značajna razlika u mišićnoj sili vanjskih i unutarnjih rotatora kod vaterpolista u odnosu na skupinu plivača i kontrolnu skupinu. Promatrajući mišićna silu vanjskih rotatora dominantne ruke nema statistički značajne razlike u ostvarenoj snazi između vaterpolista i plivača što je posljedica opterećenja koje se javlja pri plivanju, a to potvrđuje statistički značajna razlika ove dvije skupine u odnosu na kontrolnu skupinu ispitanika. Postoji statistički značajna razlika u ostvarenoj mišićnoj sili kod mišića koji izvode unutarnju rotaciju između skupine vaterpolista i plivača. Razlog je u pojačanom opterećenju unutarnjih rotatora ramena u fazi igre u takozvanom okomitom položaju kod kojeg se izvodi dodavanje s loptom i udarac na gol. Ove dvije akcije predstavljaju dodatno opterećenje na opterećenje koje se inače javlja pri plivanju te upravo to tvori razliku radi koje vaterpolisti pri testiranju imaju ostvarene veće mišićne sile unutarnjih rotatora.

Vrijednosti vanjskih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom  $60^{\circ}$  /sekundi su značajno veće kod skupine vaterpolista u odnosu na kontrolnu skupinu, ali ne i u odnosu na ispitivanu skupinu plivača. Ovo je posljedica opterećenja navedene mišićne skupine prilikom plivanja

Promatrane vrijednosti ostvarene mišićne sile unutarnjih rotatora nedominantne ruke u testu pod kutnom brzinom od  $60^{\circ}$  / sekundi, značajno se razlikuju između vaterpolista i kontrolne skupine, dok ne postoji razlika između skupine plivača i vaterpolista. Opterećenje nedominantne ruke kod vaterpolista radi plivanja i kontakta tijekom igre dovodi do pojačanog opterećenja mišićnih skupina nedominantne ruke što rezultira povećanim vrijednostima snage, kako u apsolutnim tako i u relativnim vrijednostima, u odnosu na kontrolnu skupinu ispitanika.

Postoji promjena omjera antagonističkih skupina mišića tj. omjer unutarnjih i vanjskih rotatora dominantnog ramena kod skupine vaterpolista u odnosu na skupinu plivača i kontrolnu skupinu. Promjena omjera posljedica je pojačanog opterećenja unutarnjih rotatora dominantnog ramena koje



se javlja uslijed plivanja i opterećenja unutarnjih rotatora ramena u fazi igre u takozvanom okomitom položaju kod kojeg se izvodi dodavanje s loptom i udarac na gol .

Nije dokazana direktna veza ozljede i izokinetičkih parametara, osim kod pozicije beka i centra gdje je statistički dokazana povezanost između poremećenog omjera dominantne ruke, ali u kombinaciji s dobi. Starije osobe koje se i dulje bave vaterpolom sklonije su ozljedama ukoliko imaju poremećen omjer vanjskih i unutarnjih rotatora. Sama dob, odnosno duljina izloženosti ramenog obruča opterećenju, dovodi do degenerativnih promjena tetiva mišićno-tetivnog rukavca koji postaje sve osjetljiviji, te ga svaka promjena omjera antagonističkih skupina mišića stvara podložnim za ozljedu, odnosno dovodi do pojave simptoma boli preopterećenog ramena.

Razlog malog broja ozljeda , osim na poziciji centar bek u kombinaciji s dobi treba tražiti i u samoj grupi ispitanika. Naime radi se o vrhunskim vaterpolistima koji igraju u jednoj od najjačih svjetskih liga . Nivo natjecanja i opterećenja je izuzetno visok te svi sportaši koji nisu mogli pratiti opterećenje i imaju problema s ramenom vremenom su otpadali iz ovog natjecanja. Ovo nameće preporuku o daljnjim istraživanjima na mlađim dobnim skupinama kako bi se ovaj efekt izbjegao .

Nije dokazana povećana incidencija ozljeda ramena kod plivača . Ispitivani plivači prema stupnju treniranosti ne spadaju u skupinu vrhunskih sportaša te je i samo opterećenje koje rame podnosi manje. Samim tim nema sustavnog prenaprezanja ramenog obruča, nema značajne promjene omjera antagonističkih skupina mišića pa je incidencija ozljeda kroz godinu dana u ovoj skupini niska .

## 8 Literatura

1. Alcaraz, P. E., Abrales, J. A., Ferragut, C., Rodriguez, N., Argudo, F. M., & Vila, H. (2011). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of women's European water polo subchampions. *J Strength Cond Res*, 25(11), 3051-3058. doi: 10.1519/JSC.0b013e318212e20f
2. Alcaraz, P. E., Abrales, J. A., Ferragut, C., Vila, H., Rodriguez, N., & Argudo, F. M. (2012). Relationship between Characteristics of Water Polo Players and Efficacy Indices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1852-1857. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e318237ea4f
3. Aleksandrović, M., Radovanović, D., Okićić, T., Madić, D., & Georgiev, G. (2011). Functional abilities as a predictor of specific motor skills of young water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 29, 123-132. doi: 10.2478/v10078-011-0046-5
4. Aleksandrović, M., Madić, D., & Okičić, T. (2004). *Canonical correlations of some functional and situation-motor abilities at perspective water polo players*. Paper presented at the Proceeding of 3rd International Scientific Congress "Sport, Stress, Adaptation", Sofia.
5. Aleksandrović, M., Radovanović, D., Okičić, T., Madić, D., & Georgiev, G. (2011). Functional Abilities as a Predictor of Specific Motor Skills of Young Water Polo Players. *Journal of human kinetics*, 29(1), 123-132.
6. Andrews, C., Bakewell, J., & Scurr, J. C. (2011). Comparison of advanced and intermediate 200-m backstroke swimmers' dominant and non-dominant shoulder entry angles across various swimming speeds. *J Sports Sci*, 29(7), 743-748. doi: 10.1080/02640414.2011.553961
7. Bak, K., & Fauno, P. (1997). Clinical findings in competitive swimmers with shoulder pain. *Am J Sports Med*, 25(2), 254-260.
8. Bak, K., & Magnusson, S. P. (1997). Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *Am J Sports Med*, 25(4), 454-459.
9. Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2010). Reliability of the 30-seconds crossbar jumps water polo test in female players. *Serbian journal of sports sciences*, 4(1-4), 71-74.
10. Barnes, W. (1981). Isokinetic fatigue curves at different contractile velocities. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 62(2), 66.
11. Bernard, P. L., & Codine, P. (1997). Isokinetic shoulder of paraplegics: observation of global and specific muscle ratio. *Int J Rehabil Res*, 20(1), 91-98.
12. Bernard, P. L., Codine, P., & Minier, J. (2004). Isokinetic shoulder rotator muscles in wheelchair athletes. *Spinal Cord*, 42(4), 222-229. doi: 10.1038/sj.sc.3101556
13. Bigliani, L. U., Codd, T. P., Connor, P. M., Levine, W. N., Littlefield, M. A., & Hershon, S. J. (1997). Shoulder motion and laxity in the professional baseball player. *Am J Sports Med*, 25(5), 609-613.
14. Codine, P., Bernard, P. L., Pocholle, M., & Herisson, C. (2005). [Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results]. *Ann Readapt Med Phys*, 48(2), 80-92. doi: 10.1016/j.annrmp.2004.07.002
15. Cooper, D., & Fair, J. (1977). Guidelines for knee rehabilitation. *Phys Sports Med*, 2, 45-56.
16. Cowderoy, G. A., Lisle, D. A., & O'Connell, P. T. (2009). Overuse and impingement syndromes of the shoulder in the athlete. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 17(4), 577-593, v. doi: 10.1016/j.mric.2009.06.003
17. Curiš, Z. (1988). *Relacije između nekih općih i specifičnih motoričkih sposobnosti kod vaterpolista pionirskog uzrasta*. Diplomski rad. Fakultet za fizičku kulturu, Sveučilište u Zagrebu.

18. Dale, R. B., Kovalski, J. E., Ogletree, T., Heitman, R. J., & Norrell, P. M. (2007). The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. *N Am J Sports Phys Ther*, 2(2), 74-80.
19. Davies, G. J. (1987). *A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*: S & S Publishers.
20. De Jesus, K., Figueiredo, P., De Jesus, K., Pereira, F., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., & Fernandes, R. J. (2012). Kinematic analysis of three water polo front crawl styles. *J Sports Sci*, 30(7), 715-723. doi: Doi 10.1080/02640414.2012.669043
21. Dekerle, J., Barstow, T. J., Regan, L., & Carter, H. (2013). The critical power concept in all-out isokinetic exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*. doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.003
22. DeLisa, J. A., & Gans, B. M. (1993). *Rehabilitation medicine: principles and practice*: Lippincott.
23. Dopsaj, M., & Aleksandrović, M. (2009). Basic anthropomorphological characteristics of elite senior Serbian water polo players according to field position. *International journal of fitness*, 5(2), 47-57.
24. Dvir, Z. (1995). *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications*: Churchill Livingstone.
25. Elert, J., & Gerdle, B. (1989). The relationship between contraction and relaxation during fatiguing isokinetic shoulder flexions. An electromyographic study. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 59(4), 303-309.
26. Engebretsen, L., Soligard, T., Steffen, K., Alonso, J. M., Aubry, M., Budgett, R., . . . Renstrom, P. A. (2013). Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med*, 47(7), 407-414. doi: 10.1136/bjsports-2013-092380
27. Escalante, Y., Saavedra, J. M., Tella, V., Mansilla, M., Garcia-Hermoso, A., & Dominguez, A. M. (2012b). Water polo game-related statistics in Women's International Championships: Differences and discriminatory power. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 475-482.
28. Escalante, Y., Saavedra, J. M., Tella, V., Mansilla, M., Garcia-Hermoso, A., & Dominguez, A. M. (2013). Differences and Discriminatory Power of Water Polo Game-Related Statistics in Men in International Championships and Their Relationship with the Phase of the Competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 893-901. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e318260ed85
29. Ferragut, C., Abraldes, J. A., Vila, H., Rodriguez, N., Argudo, F. M., & Fernandes, R. J. (2011). Anthropometry and throwing velocity in elite water polo by specific playing positions. *Journal of human kinetics*, 27(1), 31-44.
30. Figoni, S. F., & Morris, A. F. (1984). Effects of Knowledge of Results on Reciprocal, Isokinetic Strength and Fatigue. *Med Sci Sports Exerc*, 16(2), 167-167. doi: Doi 10.1249/00005768-198404000-00288
31. Flint, J. H., Wade, A. M., Giuliani, J., & Rue, J. P. (2014). Defining the terms acute and chronic in orthopaedic sports injuries: a systematic review. *Am J Sports Med*, 42(1), 235-241. doi: 10.1177/0363546513490656
32. Franić, M., Ivković, A., & Rudić, R. (2007). Injuries in water polo. *Croatian medical journal*, 48(3.), 281-288.
33. Goodwin, A. B., & Cumming, G. R. (1966). Radio telemetry of the electrocardiogram, fitness tests, and oxygen uptake of water-polo players. *Canadian Medical Association Journal*, 95(9), 402.
34. Gozlan, G., Bensoussan, L., Coudreuse, J. M., Fondarai, J., Gremeaux, V., Viton, J. M., & Delarque, A. (2006). [Isokinetic dynamometer measurement of shoulder rotational strength in healthy elite athletes (swimming, volley-ball, tennis): comparison between dominant and nondominant shoulder]. *Ann Readapt Med Phys*, 49(1), 8-15. doi: 10.1016/j.annrmp.2005.07.001

35. Gray, J. C., & Chandler, J. M. (1989). Percent Decline in Peak Torque Production during Repeated Concentric and Eccentric Contractions of the Quadriceps Femoris Muscle. *J Orthop Sports Phys Ther*, 10(8), 309-314.
36. Gulch, R. W. (1994). Force-Velocity Relations in Human Skeletal-Muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 15, S2-S10. doi: DOI 10.1055/s-2007-1021103
37. Hislop, H. J., & Perrine, J. J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, 47(2), 114-117.
38. Hraste, M. (2001). *Utjecaj programiranog treninga na promjene u motoričkim sposobnostima mladih vaterpolista*. Paper presented at the Zbornik radova 10. ljetne škole pedagoga fizičke kulture Republike Hrvatske, Poreč.
39. Hraste, M. (2003). *Utjecaj različito programiranih treninga na promjene u motoričkim sposobnostima mladih vaterpolista*. Paper presented at the Zbornik radova Fakulteta prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja Sveučilišta u Splitu, Split.
40. Hughes, R. E., Johnson, M. E., O'Driscoll, S. W., & An, K. N. (1999). Normative values of agonist-antagonist shoulder strength ratios of adults aged 20 to 78 years. *Arch Phys Med Rehabil*, 80(10), 1324-1326.
41. Ivey Jr, F., Calhoun, J. H., Rusche, K., & Bierschenk, J. (1985). Isokinetic testing of shoulder strength: normal values. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 66(6), 384.
42. Jajić, I., & Jajić, Z. (2004). *Fizijatrijsko-reumatološka propedeutika*: Medicinska naklada.
43. Jenp, Y. N., Malanga, G. A., Growney, E. S., & An, K. N. (1996). Activation of the rotator cuff in generating isometric shoulder rotation torque. *Am J Sports Med*, 24(4), 477-485.
44. Junge, A., Langevoort, G., Pipe, A., Peytavin, A., Wong, F., Mountjoy, M., . . . Dvorak, J. (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med*, 34(4), 565-576. doi: 10.1177/0363546505281807
45. Kacanski, I., Gava, B. P., & Soldatovic, S. (2011). [Analysis of the shoulder joint mobility in overhead sports before and after experimental treatment]. *Med Pregl*, 64(11-12), 539-544.
46. Keros, P., Bagi, Č., & Pećina, M. (1987). *Temelji anatomije čovjeka*: Medicinski fakultet Sveučilišta.
47. Kondric, M., Sekulic, D., Uljevic, O., Gabrilo, G., & Zvan, M. (2013). Sport nutrition and doping in tennis: an analysis of athletes' attitudes and knowledge. *J Sports Sci Med*, 12(2), 290-297.
48. Kondric, M., Uljevic, O., Gabrilo, G., Kontic, D., & Sekulic, D. (2012). General anthropometric and specific physical fitness profile of high-level junior water polo players. *Journal of Human Kinetics*, 32, 157-165. doi: 10.2478/v10078-012-0032-6
49. Kramer, J. F., Vaz, M. D., & Hakansson, D. (1991). Effect of Activation Force on Knee Extensor Torques. *Med Sci Sports Exerc*, 23(2), 231-237.
50. Krmpotić-Nemanić, J., & Marušić, A. (2004). *Anatomija čovjeka*: Medicinska naklada.
51. Lategan, L. (2011). Isokinetic norms for ankle, knee, shoulder and forearm muscles in young South African men. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(1), 23-32.
52. Leroux, J. L., Codine, P., Thomas, E., Pocholle, M., Mailhe, D., & Blotman, F. (1994). Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*(304), 108-115.
53. Lozovina, M., Durovic, N., & Katic, R. (2009). Position specific morphological characteristics of elite water polo players. *Coll Antropol*, 33(3), 781-789.
54. Lozovina, V., & Pavicic, L. (2004). Anthropometric changes in elite male water polo players: survey in 1980 and 1995. *Croatian medical journal*, 45(2), 202-205.
55. Lozovina, V., Pavičić, L., & Lozovina, M. (2003). Analysis of indicators of load during the game in activity of the second line attacker in water polo. *Collegium antropologicum*, 27(1), 343-350.
56. Lupo, C., Condello, G., & Tessitore, A. (2012). Notational analysis of elite men's water polo related to specific margins of victory. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(3), 516-525.

57. Lupo, C., Tessitore, A., Minganti, C., & Capranica, L. (2010). Notational Analysis of Elite and Sub-Elite Water Polo Matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 223-229. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3181c27d36
58. Marques, M. C., Liberal, S. M., Costa, A. M., van den Tillaar, R., Sanchez-Medina, L., Martins, J. C., & Marinho, D. A. (2012). Effects of Two Different Training Programs with Same Workload on Throwing Velocity by Experienced Water Polo Players. *Percept Mot Skills*, 115(3), 895-902. doi: Doi 10.2466/25.23.Pms.115.6.895-902
59. Marrin, K., & Bampouras, T. M. (2008). Anthropometric and physiological changes in elite female water polo players during a training year. *Serb J Sports Sci*, 2(3), 75-83.
60. Mayer, F., Horstmann, T., Küsswetter, W., & Dickhuth, H. (1994). Isokinetik-Eine Standortbestimmung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45(7/8), 272-287.
61. McMaster, W. C., Long, S. C., & Caiozzo, V. J. (1991). Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *Am J Sports Med*, 19(1), 72-75.
62. McMaster, W. C., Roberts, A., & Stoddard, T. (1998). A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, 26(1), 83-86.
63. Melchiorri, G., Padua, E., Sardella, F., Manzi, V., Tancredi, V., & Bonifazi, M. (2010). Physiological profile of water polo players in different competitive levels. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 50(1), 19-24.
64. Michael, J., König, D., Hessling, U., Popken, F., & Eysel, P. (2003). [Results of shoulder isokinetic testing in volleyball players]. *Sportverletz Sportschaden*, 17(2), 71-74. doi: 10.1055/s-2003-40133
65. Michael, J. W., König, D. P., Bertram, C., Hessling, U., & Eysel, P. (2005). [Isokinetic testing of the shoulder of handball players]. *Sportverletz Sportschaden*, 19(3), 151-155. doi: 10.1055/s-2005-858344
66. Milanović, D., Jukić, I., Čustonja, Z., & Šimek, S. (2006). *Kvaliteta rada u sportu*. Paper presented at the U Findak, V.(ur.) Zbornik radova.
67. Murray, M. P., Gore, D. R., Gardner, G. M., & Mollinger, L. A. (1985). Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. *Clin Orthop Relat Res*(192), 268-273.
68. Pecina, M. M., & Bojanic, I. (2003). *Overuse Injuries of the Musculoskeletal System, Second Edition*: Taylor & Francis.
69. Pećina, M., & Mervar, M. (2004). *Ortopedija*: Naklada Ljevak.
70. Perrin, D. H. (1986). Reliability of isokinetic measures. *Athletic training*, 21(319-321), 3.
71. Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*: Human Kinetics Publishers.
72. Perrin, D. H., Robertson, R., & Ray, R. (1987). Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and nonathletes. *J Orthop Sports Phys Ther*, 9(5), 184-189.
73. Petrić, T. (1988). *Test u funkciji unapređivanja trenaznog procesa*. Paper presented at the Jugoslavenska škola vaterpola "Trifun-Miro Ćirković, Kotor.
74. Pezarat-Correia, P. (2005). Perfil Muscular do Ombro de Atletas Praticantes de Acções de Lançamento. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 4(1), 34-36.
75. Pink, M. M., & Tibone, J. E. (2000b). The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthopedic Clinics of North America*, 31(2), 247-+. doi: Doi 10.1016/S0030-5898(05)70145-0
76. Pipes, T. V., & Wilmore, J. H. (1975). Isokinetic vs isotonic strength training in adult men. *Med Sci Sports*, 7(4), 262-274.
77. Platanou, T. (2006). Simple 'in-water' vertical jump testing in water polo. *Kinesiology*, 38(1), 57-62.
78. Psycharakis, S. G., & McCabe, C. (2011). Shoulder and hip roll differences between breathing and non-breathing conditions in front crawl swimming. *J Biomech*, 44(9), 1752-1756. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.04.004

79. Psycharakis, S. G., & Sanders, R. H. (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Med Sci Sports Exerc*, *40*(12), 2129-2136. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818160bc
80. Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2007). Shoulder joint kinetics of the elite wheelchair tennis serve. *Br J Sports Med*, *41*(11), 739-744. doi: 10.1136/bjism.2007.036145
81. Richardson, A. B., Jobe, F. W., & Collins, H. R. (1980). The shoulder in competitive swimming. *Am J Sports Med*, *8*(3), 159-163.
82. Rothstein, J. M., Lamb, R. L., & Mayhew, T. P. (1987). Clinical Uses of Isokinetic Measurements - Critical Issues. *Phys Ther*, *67*(12), 1840-1844.
83. Royal, K. A., Farrow, D., Mujika, I., Halson, S. L., Pyne, D., & Abernethy, B. (2006). The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *Journal of sports sciences*, *24*(8), 807-815.
84. Sajber, D., Rodek, J., Escalante, Y., Olujic, D., & Sekulic, D. (2013). Sport nutrition and doping factors in swimming; parallel analysis among athletes and coaches. *Coll Antropol*, *37 Suppl 2*, 179-186.
85. Sein, M. L., Walton, J., Linklater, J., Appleyard, R., Kirkbride, B., Kuah, D., & Murrell, G. A. C. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *Br J Sports Med*, *44*(2), 105-113. doi: DOI 10.1136/bjism.2008.047282
86. Shields, C. L., Silva, I., Yee, L., & Brewster, C. (1987). Evaluation of Residual Instability after Arthroscopic Meniscectomy in Anterior Cruciate Deficient Knees. *American Journal of Sports Medicine*, *15*(2), 129-131. doi: Doi 10.1177/036354658701500206
87. Shklar, A., & Dvir, Z. (1995). Isokinetic strength relationships in shoulder muscles. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, *10*(7), 369-373.
88. Silva, R. T., Gracitelli, G. C., Saccol, M. F., Laurino, C. F., Silva, A. C., & Braga-Silva, J. L. (2006). Shoulder strength profile in elite junior tennis players: horizontal adduction and abduction isokinetic evaluation. *Br J Sports Med*, *40*(6), 513-517; discussion 517. doi: 10.1136/bjism.2005.023408
89. Stam, H. J., Binkhorst, R. A., Vannieuwenhuyzen, J. F., & Snijders, C. J. (1993). Influence of the Dynamometer Driving Mechanism on the Isokinetic Torque Angle Curve of Knee Extensors. *Clinical Biomechanics*, *8*(2), 91-94. doi: Doi 10.1016/S0268-0033(93)90038-J
90. Šimenc, Z., Vuleta, D., & Bokor, I. (1996). *Dijagnostika stanja treniranosti mladih vaterpolista*. Paper presented at the Međunarodna konferencija o sportu Alpe-Jadran.
91. Tan, F. H., Polglaze, T., Dawson, B., & Cox, G. (2009). Anthropometric and fitness characteristics of elite Australian female water polo players. *J Strength Cond Res*, *23*(5), 1530-1536. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a39261
92. Thistle, H. G., Hislop, H. J., Moffroid, M., & Lowman, E. W. (1967). Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, *48*(6), 279-282.
93. Thorstensson, A., & Karlsson, J. (1976). Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, *98*(3), 318-322.
94. Tsekouras, Y. E., Kavouras, S. A., Campagna, A., Kotsis, Y. P., Syntosi, S. S., Papazoglou, K., & Sidossis, L. S. (2005). The anthropometrical and physiological characteristics of elite water polo players. *Eur J Appl Physiol*, *95*(1), 35-41. doi: 10.1007/s00421-005-1388-2
95. Uljevic, O., Esco, M. R., & Sekulic, D. (2013). Reliability, validity and applicability of isolated and combined sport-specific tests of conditioning capacities in top-level junior water polo athletes. *J Strength Cond Res*. doi: 10.1519/JSC.0000000000000308
96. Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2013). Sport-Specific Motor Fitness Tests in Water Polo: Reliability, Validity and Playing Position Differences. *Journal of Sports Science and Medicine*, *12*(4), 646-654.
97. Wang, H. K., Macfarlane, A., & Cochrane, T. (2000). Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med*, *34*(1), 39-43.

98. Wanivenhaus, F., Fox, A. J., Chaudhury, S., & Rodeo, S. A. (2012). Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 4(3), 246-251.
99. Whiting, W. C., Puffer, J. C., Finerman, G. A., Gregor, R. J., & Maletis, G. B. (1985). Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *Am J Sports Med*, 13(2), 95-98.
100. Wong, E. K., & Ng, G. Y. (2008). Isokinetic work profile of shoulder flexors and extensors in sport climbers and nonclimbers. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38(9), 572-577. doi: 10.2519/jospt.2008.2779
101. Yian, E. H., Ramappa, A. J., Arneberg, O., & Gerber, C. (2005). The Constant score in normal shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*, 14(2), 128-133. doi: 10.1016/j.jse.2004.07.003

## 9 Prilog

### 9.1 Pragmatička valjanost izokinetičkog testiranja

Tablica I. Prikaz vrijednosti razlika izokinetičkog mjerenja dominantne i nedominantne ruke-  
pragmatična valjanost; t test za zavisne uzorke

|        |          | DOMINANTNA |       |       |       | NEDOMINANTNA |       |       |       | T TEST |      |
|--------|----------|------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------|------|
|        |          | AS         | MIN   | MAX   | SD    | AS           | MIN   | MAX   | SD    | T TEST | p    |
| TEST   | 60ex     | 25,10      | 18,00 | 38,00 | 6,17  | 24,20        | 18,00 | 37,00 | 5,55  | 1,09   | 0,30 |
|        | 60 exbw  | 13,80      | 11,00 | 19,00 | 2,39  | 13,60        | 11,00 | 19,00 | 2,32  | 0,36   | 0,73 |
|        | 60int    | 46,60      | 29,00 | 67,00 | 11,14 | 38,00        | 25,00 | 59,00 | 11,82 | 3,84   | 0,00 |
|        | 60intbw  | 25,50      | 19,00 | 34,00 | 5,08  | 20,90        | 14,00 | 31,00 | 5,90  | 3,38   | 0,01 |
|        | 180ex    | 19,00      | 13,00 | 24,00 | 4,22  | 17,60        | 14,00 | 24,00 | 3,17  | 1,66   | 0,13 |
|        | 180exbw  | 10,60      | 8,00  | 13,00 | 1,90  | 10,00        | 8,00  | 12,00 | 1,15  | 1,26   | 0,24 |
|        | int180   | 33,00      | 25,00 | 47,00 | 7,32  | 30,10        | 18,00 | 38,00 | 6,33  | 1,61   | 0,14 |
|        | 180intbw | 18,30      | 14,00 | 26,00 | 3,89  | 15,80        | 11,00 | 21,00 | 3,29  | 2,02   | 0,07 |
| RETEST | 60ex     | 26,40      | 21,00 | 38,00 | 6,02  | 24,20        | 14,00 | 37,00 | 6,30  | 1,65   | 0,13 |
|        | 60exbw   | 14,60      | 11,00 | 19,00 | 2,50  | 13,40        | 9,00  | 19,00 | 2,67  | 1,55   | 0,15 |
|        | 60int    | 50,10      | 39,00 | 70,00 | 10,29 | 41,50        | 26,00 | 61,00 | 11,51 | 5,88   | 0,00 |
|        | 60intbw  | 27,60      | 22,00 | 35,00 | 4,40  | 22,90        | 17,00 | 31,00 | 5,28  | 6,30   | 0,00 |
|        | 180ex    | 20,20      | 14,00 | 31,00 | 5,59  | 18,20        | 13,00 | 25,00 | 4,73  | 1,58   | 0,15 |
|        | 180exbw  | 11,00      | 7,00  | 15,00 | 2,45  | 10,30        | 8,00  | 14,00 | 2,11  | 1,00   | 0,34 |
|        | 180int   | 36,30      | 25,00 | 56,00 | 10,25 | 31,40        | 23,00 | 43,00 | 6,92  | 2,56   | 0,03 |
|        | 180intbw | 20,10      | 15,00 | 31,00 | 5,28  | 17,10        | 14,00 | 24,00 | 3,67  | 2,85   | 0,02 |



Kako su svi ispitanici u uzorku bili dešnjaci, može se smatrati da je svima desna ruka dominantna. Stoga je uporabna vrijednost za potrebe ovog istraživanja utvrđena analizom razlike dominantne i nedominante ruke u svim analiziranim varijablama.

Utvrđene su značajne razlike u dvije varijable u testu, te četiri varijable u retestu. Logično, u svim slučajevima bolje rezultate ispitanici su postigli dominantnom rukom. Zanimljivo je međutim primijetiti da su sve značajne razlike dobivene u varijablama interne (unutarnje) rotacije, a to je kretnja u kojoj su generalno veće vrijednosti nego je to slučaj u eksternoj rotaciji. Ova kretnja je i prirodnija, a i izvode je jače mišićne skupine pa ovo nije iznenađujuće. Jasno je kako će upravo naglašena razlika postojati u kretnjama koje se češće izvode jer će dominantna ruka u takvim manifestacijama napraviti svoj maksimum, a što se nikad neće moći ostvariti nedominantnom rukom. Stoga je vjerojatno to i razlog da su ispitanici postigli značajno bolje rezultate upravo u ovim varijablama. Konkretno, kako je u ovom istraživanju analiziran relativno mali uzorak ispitanika jasno je da su veće numeričke vrijednosti u testovima vanjske rotacije omogućile i dobivanje većeg varijabiliteta, s tim u vezi i olakšano dokazivanje statističke značajnosti razlika između dominantne i nedominante ruke (Sekulić 2009)

Konačno, može se ustvrditi da su razlike koje su se pojavile u retestu, a nisu bile vidljive u testu posljedica relativnog zamora jer se radi o testovima koji se izvode većom brzinom (testovi izokinetičke izdržljivosti) pa je desetominutna pauza koja je postojala između testa i retesta vjerojatno prekratka da bi se svi ispitanici adekvatno odmorili. To je opet, logično, izazvalo veću posljedicu kod testova koji su izvedeni maksimalnom snagom. To su kao što je rečeno testovi unutarnje rotacije.

Ukupno se može ustvrditi da je pragmatička valjanost testiranja zadovoljavajuća.

## 9.2 Popis oznaka i kratica

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>D60ex</b>     | vrijednosti vanjskih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$                               |
| <b>D60 exbw</b>  | vrijednosti vanjskih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu     |
| <b>D60int</b>    | vrijednosti unutarnjih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$                             |
| <b>D60intbw</b>  | vrijednosti unutarnjih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu   |
| <b>D180ex</b>    | vrijednosti vanjskih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$                              |
| <b>D180exbw</b>  | vrijednosti vanjskih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu    |
| <b>Dint180</b>   | vrijednosti unutarnjih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$                            |
| <b>D180intbw</b> | vrijednosti unutarnjih rotatora dominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu  |
| <b>L60ex</b>     | vrijednosti vanjskih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$                             |
| <b>L60exbw</b>   | vrijednosti vanjskih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu   |
| <b>L60int</b>    | vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$                           |
| <b>L60intbw</b>  | vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $60^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu |
| <b>L180ex</b>    | vrijednosti vanjskih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$                            |
| <b>L180exbw</b>  | vrijednosti vanjskih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$ u odnosu na tjelesnu masu  |
| <b>L180int</b>   | vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini $180^0/s$                          |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>L180intbw</b>            | <b>vrijednosti unutarnjih rotatora nedominantnog ramena u testu pri kutnoj brzini 180<sup>0</sup>/s u odnosu na tjelesnu masu</b> |
| <b>ER</b>                   | <b>vanjska rotacija</b>   |
| <b>IR</b>                   | <b>unutarnja rotacija</b>   |
| <b>AB</b>                   | <b>abdukcija</b>  |
| <b>AD</b>                   | <b>adukcija</b>   |
| <b>HAB</b>                  | <b>horizontalna abdukcija</b>   |
| <b>HAD</b>                  | <b>horizontalna adukcija</b>  |
| <b>PWC</b>                  | <b>fizički radni kapacitet</b>  |
| <b>VO2 max</b>              | <b>maksimalni primitak kisika</b>   |
| <b>60<sup>0</sup>/sec</b>   | <b>izokinetički test pod kutnom brzinom 60 stupnjeva u sekundi</b>  |
| <b>180<sup>0</sup>/ sec</b> | <b>izokinetički test pod kutnom brzinom 180 stupnjeva u sekundi</b>   |