



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

MARKO CETINIĆ

**POVEZANOST RAVNOTEŽE,
KOORDINACIJE I UMORA S KINEMATIČKIM
POKAZATELJIMA IZVEDABA TEHNIKA
BACANJA U JUDU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

MARKO CETINIĆ

**POVEZANOST RAVNOTEŽE,
KOORDINACIJE I UMORA S KINEMATIČKIM
POKAZATELJIMA IZVEDABA TEHNIKA
BACANJA U JUDU**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Ivan Segedi

Zagreb, 2025.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

MARKO CETINIĆ

**CORRELATION OF BALANCE,
COORDINATION AND FATIGUE WITH
KINEMATIC INDICATORS OF JUDO
THROWING TECHNIQUES**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Ivan Segedi

Zagreb, 2025.

SADRŽAJ

1. UVOD U PROBLEM	1
1.1. JUDO	1
1.2. STRUKTURNA ANALIZA JUDA.....	3
1.3. TEHNIKE BACANJA	4
1.4. KOMPLEKSNOST BACANJA	8
1.5. PROBLEM KINEMATIČKE ANALIZE BACANJA	11
1.6. METODIKA POUČAVANJA I UVJEŽBAVANJA TEHNIKA BACANJA.....	16
1.7. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI.....	20
1.8. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI U JUDU	25
1.9. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI I OPTIMALNA DOB ZA NJIHOV RAZVOJ	30
1.10. KLJUČNE MOTORIČKE SPOSOBNOSTI ZA IZVEDBU BACANJA.....	33
1.11. UMOR KAO OGRANIČAVAJUĆI FAKTOR U JUDU	38
2. CILJEVI I HIPOTEZE	41
2.1. CILJ.....	41
2.2. HIPOTEZE	41
3. METODE RADA	42
3.1. UZORAK ISPITANIKA.....	42
3.2. UZORAK VARIJABLI	44
3.2.1. Testovi za procjenu ravnoteže	44
3.2.1.1. Stajanje na desnoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu s otvorenim očima – MBAU10_D	44
3.2.1.2. Stajanje na lijevoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu s otvorenim očima – MBAU10_L	45
3.2.1.3. Stajanje na desnoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi – G_O_D	46
3.2.1.4. Stajanje na lijevoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi – G_O_L.....	48
3.2.1.5. Stajanje na desnoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi – G_Z_D	50
3.2.1.6. Stajanje na lijevoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi – G_Z_L	51
3.2.2. Testovi za procjenu koordinacije	53
3.2.2.1. Okretnost na tlu – MAGONT	53
3.2.2.2. Heksagonalni test prepreka – HEXAGONAL	55

3.2.2.3. Imitacija kretanja za bacanje ouchi gari – MSCO	56
3.2.3. Testovi za procjenu kinematičkih pokazatelja	57
3.2.3.1. Izvedba bacanja ippon seoi nage – ISN.....	58
3.2.3.2. Izvedba bacanja harai goshi – HG	61
3.2.3.3. Izvedba bacanja osoto gari – OG	64
3.3. PROTOKOL MJERENJA	69
3.4. MJERNI INSTRUMENTI	72
3.4.1. GYKO.....	73
3.4.2. XSENS AWINDA.....	74
3.5. METODE OBRADE PODATAKA	75
4. REZULTATI	77
4.1. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU RAVNOTEŽE	78
4.2. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU KOORDINACIJE	82
4.3. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU KINEMATIČKIH POKAZATELJA	84
4.3.1. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja <i>ippon seoi nage</i>	84
4.3.2. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja <i>harai goshi</i>	91
4.3.3. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja <i>osoto gari</i>	97
4.4. KORELACIJA	104
4.4.1. Korelacija kinematičkih pokazatelja sa ravnotežom	104
4.4.2. Korelacija kinematičkih pokazatelja sa koordinacijom	107
5. RASPRAVA	110
5.1. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU RAVNOTEŽE	110
5.2. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU KOORDINACIJE	118
5.3. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU KINEMATIČKIH POKAZATELJA	126
5.3.1. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja <i>ippon seoi nage</i>	127
5.3.2. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja <i>harai goshi</i>	137
5.3.3. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja <i>osoto gari</i>	145
6. ZAKLJUČAK.....	153
7. POPIS LITERATURE	161
8. POPIS SLIKA	178

9. POPIS TABLICA.....	179
10. ŽIVOTOPIS AUTORA.....	181

ZAHVALE

Na prvome mjestu želim zahvaliti svom mentoru, izv. prof. dr. sc. Ivanu Segediju, na stručnom vodstvu, strpljenju i neiscrpoj podršci tijekom cijelog procesa izrade ove disertacije. Njegova posvećenost, jasnoća u savjetima i spremnost na raspravu bili su mi neprocjenjiv izvor znanja i motivacije.

Posebnu i najdublju zahvalu upućujem svojoj obitelji, supruzi Ireni te djeci Karli i Lukasu. Hvala vam što ste me strpljivo trpjeli u svim fazama ovog puta, što ste me gurali kad sam posustajao i davali mi snagu kad mi je najviše trebala. Vaša ljubav, razumijevanje i podrška temelj su svega što sam postigao. Ova disertacija je jednako vaša koliko i moja.

INFORMACIJE O MENTORU:

Ivan Segedi rođen je 22. listopada 1980. godine u Zagrebu, oženjen je i otac četvero djece. Državljanin je Republike Hrvatske i po nacionalnosti Hrvat.

Školovanje: Osnovnu i srednju školu završio je u Zagrebu. Fakultet za fizičku kulturu (sada Kineziološki fakultet) Sveučilišta u Zagrebu upisuje 1998., a diplomirao je 2004. g. Na istom fakultetu obranio je i Doktorsku disertaciju pod naslovom: „Klasifikacija i analiza natjecateljskih judo tehnika bacanja kod muškaraca prema njihovoj važnosti u borbi“ 16.03.2011.

Nastavna djelatnost, opis kretanja u struci: Od 01.12.2005. je zaposlen na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu prvo u suradničkim zvanjima, a od 13.1.2016. kao docent. Predaje na predmetima Judo, Borilački sportovi, Karate i Samoobrana te na grupaciji predmeta izbornog modula Judo. Izvodi i nastavu predmeta Judo na engleskom jeziku na za strane studente kao i nastavu na stručnom studiju Studijskog centra za izobrazbu trenera. Nositelj je predmeta Metodika kondicijske pripreme u nogometu te Programiranja treninga u nogometu 1. i 2. na sveučilišnom preddiplomskom studiju Kineziologije na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Trenutno obnaša funkciju prodekana za međunarodnu suradnju, osiguranje i unapređenje kvalitete Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Također te funkciju zamjenika ravnatelja Hrvatskog instituta za kineziologiju.

Znanstvena djelatnost: U dosadašnjem radu je objavio preko 60 cjelovitih znanstvenih radova i 30 stručnih radova. Objavio je priručnik: „Judo osnove“, kao i recenzirani nastavni materijal za nastavu predmeta Judo na engleskom jeziku: „Basic Judo“. Aktivno sudjeluje i prezentira radove na mnogim međunarodnim i domaćim konferencijama, a bio je i urednik osam zbornika radova s međunarodne znanstvene konferencije Scientific and Professional Conference on Judo: Applicable Research in Judo.

Stručna djelatnost: Judom se bavi od 1986. godine te je bio je kadetski, dvostruki juniorski i trostruki seniorski prvak Hrvatske u judu. Od godine 1995. do 2002. je bio član nacionalnih selekcija najprije u kadetskom, juniorskom pa u seniorskom

uzrastu. U praksi je od samog završetka studija pa je tako radio je kao kondicijski trener u NK Dinamu, NK Lokomotivi i Kata tima karate kluba Princ. Aktivno sudjeluje u organizaciji i predavanjima na licencnom trenerskom seminaru Hrvatskog judo saveza, Hrvatskog karate saveza, Hrvatskog kickboxing saveza te Hrvatskog saveza tajlandskog boksa. Trenutno obnaša dužnost predsjednika Nadzornog odbora Zagrebačkog Judo Saveza te je glavni tajnik Stručno trenerske komisije Hrvatskog judo saveza. Također, član je izvršnog odbora Zagrebačkog sveučilišnog sportskog saveza te izbornik judaške reprezentacije Sveučilišta u Zagrebu. Za svoj rad dodijeljeno mu je priznanje Sveučilišta u Zagrebu kao izborniku najbolje momčadi Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2017./2018. Nosilac je crnog pojasa 4. DAN.

SAŽETAK NA HRVATSKOM JEZIKU

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u biomehaničkim i motoričkim karakteristikama judaša različitog kvalitativnog ranga, s posebnim naglaskom na ravnotežu, koordinaciju i kinematičke parametre tijekom izvođenja odabranih tehnika bacanja prije i nakon inducirano umora. Također, istraživao je stupanj povezanosti između motoričkih sposobnosti i tehničke izvedbe, kao i otpornost na degradaciju pokreta pod fizičkim opterećenjem.

U istraživanju je sudjelovalo 30 judaša, podijeljenih u dvije skupine prema razini natjecateljskog iskustva. Provedena su standardizirana testiranja motoričkih sposobnosti i kinematička analiza tri judo tehnike bacanja; *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*, u uvjetima prije i nakon izazivanja umora. Kroz kvantitativnu obradu podataka analizirane su razlike među skupinama te provedene korelacijske analize između rezultata odabranih kinematičkih varijabli i rezultata testiranja koordinacije i ravnoteže.

Rezultati su pokazali statistički značajne razlike između skupina u većini motoričkih i kinematičkih pokazatelja. Judoši višeg kvalitativnog ranga ostvarili su bolje rezultate u gotovo svim parametrima, uz manju degradaciju izvedbe nakon umora, što ukazuje na bolju sposobnost očuvanja tehničke stabilnosti u uvjetima fizičkog opterećenja. S druge strane, korelacijska analiza nije potvrdila postojanje sustavne povezanosti između motoričkih sposobnosti i kinematičkih parametara, već su uočene samo povremene, izolirane povezanosti među pojedinim varijablama.

Zaključno, rezultati potvrđuju važnost višeg stupnja treniranosti za očuvanje tehničke kvalitete judaških tehnika u zahtjevnim fiziološkim uvjetima. Također, ističu potrebu za razvojem preciznijih i specifičnijih testova motoričkih sposobnosti koji bi bili primjereniji kinematičkim zahtjevima judo sporta. Dobiveni nalazi nude vrijedne smjernice za trenažni proces i potencijalnu primjenu u evaluaciji i optimizaciji tehničke izvedbe u borbama sportovima.

Ključne riječi: judo, kinematika, ravnoteža, koordinacija, umor, tehnička izvedba

SAŽETAK NA ENGLESKOM JEZIKU

The aim of this study was to determine the differences in biomechanical and motor characteristics between judo athletes of varying competitive levels, with a particular focus on balance, coordination, and kinematic parameters during the execution of selected throwing techniques before and after induced fatigue. Additionally, the study examined the degree of correlation between motor abilities and technical performance, as well as the athletes' ability to maintain movement quality under physical load.

The study included 30 judo athletes, divided into two groups based on their level of competitive experience. Standardized motor ability tests were conducted, along with kinematic analysis of three judo throwing techniques: ippon seoi nage, harai goshi, and osoto gari, performed both before and after fatigue induction. Quantitative data analysis included intergroup comparisons and correlation analyses between selected kinematic variables and results from coordination and balance tests.

The results revealed statistically significant differences between groups in most motor and kinematic indicators. Higher-level athletes achieved better outcomes across nearly all parameters and demonstrated less performance degradation under fatigue, indicating superior capacity to preserve technical stability during physical exertion. In contrast, correlation analyses did not confirm a consistent relationship between motor abilities and kinematic parameters, with only sporadic, isolated associations observed among specific variables.

In conclusion, the findings underscore the importance of advanced training levels in maintaining the technical quality of judo techniques under demanding physiological conditions. Furthermore, they highlight the need for more precise and sport-specific motor ability tests that better reflect the kinematic demands of judo. The insights gained offer valuable guidance for training processes and practical applications in the assessment and optimization of technical performance in combat sports.

Keywords: judo, kinematics, balance, coordination, fatigue, technical performance

1. UVOD U PROBLEM

1.1. JUDO

Judo je olimpijski borički sport koji se, sa stajališta kineziološke klasifikacije, ubraja u kategoriju polistrukturalnih acikličkih tjelesnih aktivnosti (Mraković, 1997.). Karakteriziraju ga vrlo raznoliki i ne ponavljajući obrasci gibanja koji se izvode u izravnom kontaktu s protivnikom, za razliku od monostrukturalnih cikličkih aktivnosti poput trčanja ili veslanja gdje se pokret ritmično ponavlja. Judo tehnike obuhvaćaju otvorene i zatvorene kinetičke lance pokreta te kombinacije ručnih, nožnih i tjelesnih akcija, što rezultira složenom biomehaničkom strukturom izvedbe (Sacripanti, 2010., 2012.). Krajnji ishod judo borbe je ili pobjeda ili poraz, gdje je primarni cilj judaša kvalitetnijom i efikasnijom izvedbom određene judo tehnike ostvariti bodovnu prednost nad protivnikom ili, alternativno, spriječiti protivnika da to postigne. Ovakva strukturalna analiza pozicionira judo u grupu izuzetno kompleksnih tjelesnih aktivnosti, jer zahtijeva sinkronizaciju velikog broja motoričkih elemenata unutar kratkih, intenzivnih sekvenci pokreta.

Judo je nastao 1882. godine u Japanu. Utemeljitelj juda, profesor Jigoro Kano, sintetizirao je principe tradicionalnih jujitsu škola u koherentan sustav fizičkog, mentalnog i moralnog razvoja koji je nazvao judo, "put nježnosti" (Kodokan, n.d.). Kano je smatrao da se kroz treniranje juda ne razvijaju samo tjelesne sposobnosti, već i karakter i društvena odgovornost (Kano, 1889.). Prva prikazivanja, tada vještine juda izvan Japana zabilježene su početkom 20. stoljeća, najprije u Europi, gdje je judo brzo stekao popularnost, osobito u Francuskoj i Velikoj Britaniji (Guttmann, Thompson, 2001.). Međunarodna natjecanja započela su 1930-ih godina, a institucionalizacija sporta dodatno je ojačana osnivanjem Međunarodne judo federacije (IJF) 1951. godine (IJF, n.d.). Od tada do danas, judo se proširio na sve kontinente i razvio u globalno popularan natjecateljski sport. Važan povijesni trenutak dogodio se 1964. godine, kada je judo prvi put uvršten u program Olimpijskih igara u Tokiju, i to u muškoj konkurenciji

(IOC, n.d.). Ženski judo je uvršten u olimpijski program 1992. godine na Olimpijskim igrama u Barceloni, čime je postao ravnopravan sport za oba spola na najvećoj svjetskoj sportskoj pozornici.

Tijekom vremena judo se konstantno razvijao, kako u pogledu tehnika odnosno načina izvođenja i modifikacija, tako i pravila. U ranijim fazama naglasak je bio na tradicionalnoj formi i tehničkoj izvrsnosti, dok su od 1960-ih uvedene težinske kategorije kako bi se osigurala pravednija natjecanja. S vremenom su standardizirane veličine borilišta, uveden je sustav bodovanja (*yuko*¹, *waza-ari*², *ippon*³), a od 2000-ih godina IJF provodi brojne reforme s ciljem povećanja atraktivnosti i sigurnosti sporta (IJF, n.d.). Primjerice, 2007. godine uveden je IJF *World Tour* koji obuhvaća *Grand Prix* i *Grand Slam* turnire, a formirana je i jedinstvena svjetska rang lista za uzraste kadeta, juniora i seniora. Također, standardizirano je nošenje plavog i bijelog judogija⁴ kako bi se povećala preglednost natjecateljskih borbi za gledatelje i suce (IJF, n.d.). Isto tako, pravila su postala stroža u sankcioniranju pasivnosti odnosno neaktivnosti kako bi se povećala medijska privlačnost natjecanja te doprinijelo popularizaciji sporta globalno. Danas IJF okuplja 205 nacionalnih članica na pet kontinenata (IJF, 2024.), a judo se prakticira širom svijeta, od djece i rekreativaca do vrhunskih natjecatelja. Pokazatelj globalnog ugleda juda je i činjenica da je na posljednjim Olimpijskim igrama u Parizu 2024. godine čak 37 judaša

1 Yuko - najmanji bodovni rezultat u judu, dodjeljivan za bacanja s manjim učinkom ili kratka držanja protivnika. Od 2017. godine, Međunarodna judo federacija (IJF) uklonila je yuko iz bodovnog sustava, integrirajući ga u waza-ari. Međutim, prema najnovijim pravilima IJF-a, yuko je ponovno uveden 2025. godine kao treći bodovni rezultat, dodjeljivan za držanje protivnika u parteru tijekom 5 sekundi. Preuzeto sa <https://fightingfilms.shop/en/the-new-judo-rules/>

2 Waza-ari -druga najviša bodovna ocjena u judu, dodjeljuje se za tehniku bacanja koja ispunjava većinu kriterija za ippon, ali ne sve. Na primjer, ako protivnik padne na bok ili na jednu stranu leđa, s kontrolom i brzinom, ali bez potpune sile ili ravnoteže, dodjeljuje se waza-ari. Također, waza-ari se može dodijeliti za držanje protivnika na leđima između 10 i 19 sekundi. Preuzeto sa <https://en.wikipedia.org/wiki/Waza-ari?utm>

3 Ippon - je najviša bodovna ocjena u judu koja odmah završava meč i donosi pobjedu. Dodjeljuje se kada natjecatelj izvede tehniku bacanja s potpunom kontrolom, snagom i brzinom, pri čemu protivnik padne ravno na leđa. Također se ippon može postići držanjem protivnika na leđima 20 sekundi ili prisiljavanjem na predaju pomoću zahvata gušenja ili poluge na laktu. Preuzeto sa <https://en.wikipedia.org/wiki/Ippon>

4 Judogi – tradicionalna judo uniforma koju je krajem 19. stoljeća razvio Jigoro Kano, osnivač juda. Izrađena je tako da izdrži intenzivne fizičke kontakte, poput hvatanja, povlačenja i bacanja. Judogi simbolizira disciplinu, jednostavnost i duh borilačke vještine, a tijekom vremena postao je standardni odjevni predmet u judo natjecanjima diljem svijeta. Preuzeto sa <https://www.ijf.org/history/judo-culture/2244>

nosilo zastavu svoje zemlje na ceremoniji otvaranja, što čini gotovo 30% svih država sudionica u judu (Messner, 2024.). Ovaj podatak prikazuje koliko su vrhunski judaši cijenjeni kao sportski uzori svojih nacija. Unatoč tome, judo ne zauzima jednako mjesto u sportsko-znanstvenoj literaturi kao neki veći sportovi, primjerice nogomet. Komparativni bibliometrijski pregledi pokazuju da je nogomet (soccer) daleko najistraživaniji sport. Primjerice, u analizi svih olimpijskih sportova, nogomet je činio oko 19,7% ukupnog broja znanstvenih radova, dok svi ostali sportovi pojedinačno imaju znatno manji udio (Millet, Brocherie i Burtscher, 2021.). Neovisno o navedenom, na indeksiranoj bazi podataka *PubMed* termin "judo" daje oko 5.200 rezultata (stanje prosinac 2024.). S druge strane, *rukomet* ima oko 1.900, a *atletika* oko 2.000 radova u bazi podataka *PubMed* tako da se može reći kako je judo i među „popularnijim” sportovima vrlo zanimljiv i izažovan za istraživanje. Iako je judo popularan borilački sport, ima još mnogo prostora za širenje u području znanstvenih istraživanja. Potrebno je više radova koji bi produbili razumijevanje specifičnosti juda i doprinijeli poboljšanju sportske prakse, što opravdava i aktualnost ovog doktorskog istraživanja.

1.2. STRUKTURNA ANALIZA JUDA

Tehnike bacanja (*nage waza*) predstavljaju temeljni dio natjecateljskog juda, ključan za postizanje pobjede, bacanjem protivnika na tlo (De Crée i Edmonds, 2012.). U *Kodokan* judu, sustavu koji je 1882. godine utemeljio Jigoro Kano, standardiziran je skup klasičnih bacanja, koja su radi lakšeg učenja grupirana prema glavnom dijelu tijela *toria*⁵ koji ostvaruje kontakt s *ukeom*⁶ pri izvođenju tehnike. Brojne pozicije i kretanja koje judaši uče, usvajaju i usavršavaju podijeljene su u devet skupina (Sertić i Segedi, 2013.):

5 Tori – označava osobu koja izvodi tehniku nad partnerom, poznatim kao uke

6 Uke - označava osobu na kojoj se izvodi tehnika; nije pasivan sudionik; njegova je uloga aktivna i ključna za uspješno izvođenje tehnika.

1. stavovi (*shisei*),
2. hvatovi (*kumi kata*),
3. kretanja (*shintai* i *tai sabaki*),
4. tehnike padova (*ukemi waza*),
5. tehnike bacanja (*nage waza*),
6. tehnike zahvata držanja (*osaekomi waza*),
7. tehnike poluga (*kansetsu waza*),
8. tehnike gušenja (*shime waza*),
9. tehnike udaraca (*atemi waza*).

Stavovi, hvatovi, kretanja i padovi dio su elementarnih kretnji u judu (Kano, 2013.) dok ostale skupine predstavljaju tehničke elemente koje dijelimo na tri osnovne kategorije:

1. tehnike bacanja (*nage waza*),
2. tehnike u parteru (*katame waza*),
3. tehnike udaraca (*atemi waza*).

Navedene kategorije tehnika dalje se dijele u više podskupina. Ovaj rad bazirat će se na proučavanje prve kategorije elemenata, odnosno tehnike judo bacanja.

1.3. TEHNIKE BACANJA

Tijekom povijesti juda predlagane su različite klasifikacije bacanja, pri čemu su se neki autori temeljili na biomehaničkim kriterijima. Jedan od ranijih pristupa razvio je Gunji Koizumi⁷, koji je sredinom 20. stoljeća, u djelu *My Study of Judo*, predložio podjelu tehnika bacanja prema mehanici pokreta napadnutog (*ukea*). U toj je klasifikaciji uveo pojmove poput *guruma waza* (tehnike „kotača“, gdje se tijelo *ukea* rotira oko osi), *tenbin*

7 Gunji Koizumi (1885–1965) bio je japanski majstor juda, poznat kao "otac britanskog juda". Rođen je u prefekturi Ibaraki, Japan, a 1918. godine osnovao je Budokwai u Londonu, najstariji judo klub u Europi. <https://archives.bath.ac.uk/exhibits/show/judo-a-cultural-history/judo-in-the-uk?>

waza (tehlike „vaga“, u kojima *tori* koristi vlastito tijelo kao polugu za podizanje i prebacivanje protivnika) te *tsumazukase waza* (tehlike spoticanja, koje se oslanjaju na destabilizaciju *ukea* podrezivanjem noge) (Sacripanti, 2012.).

U novijim biomehaničkim analizama poput Sacripanti (2012.), bacanja se često grupiraju prema temeljnim fizikalnim principima, osobito prema razlikovanju između:

- a) tehnika koje primarno koriste par sila i
- b) tehnika koje se oslanjaju na polugu kao osnovni mehanizam djelovanja.

Tehnike koje koriste par sila podrazumijevaju istovremeno djelovanje dviju suprotnih sila – primjerice, povlačenje rukama u jednom smjeru i guranje nogom ili kukom u drugom smjeru, čime se stvara moment sile koji destabilizira i okreće *ukea*. Klasičan primjer takve biomehanike je tehnika bacanja nožna tehnika bacanja *osoto gari*, gdje *tori* povlači *ukea* unatrag, dok istodobno zamahuje nogom kroz njegovu potporu, čime postiže efektivne uvjete za bacanje (De Crée i Edmonds, 2012.).

S druge strane, u tehnikama koje se temelje na poluzi, *tori* djeluje kao oslonac oko kojeg se tijelo *ukea* rotira. Tipičan primjer je ručna tehnika bacanja *sukui nage*, kod koje se *tori* oslanja na zahvaćenu nogu i rotaciju cijelog protivnikovog tijela, ili različite varijante požrtvovne bacanja, gdje *tori* koristi vlastito tijelo kao os rotacije i polugu (Sacripanti, 2012.).

Biomehanička podjela tehnika omogućuje dublje razumijevanje sličnosti između različitih bacanja i njihovih mehanizama izvedbe. Ipak, važno je naglasiti kako svaka klasifikacija pojednostavljuje složenu stvarnost prakse što znači kako se mnoga bacanja mogu izvesti na više načina, pri čemu istovremeno uključuju i elemente poluge i više sila, što otežava njihovu strogu kategorizaciju.

Bez obzira na razne podjele, danas je u praksi i procesu poučavanja uglavnom prihvaćena *Kodokanova* klasifikacija bacanja (*Gokyo no Waza*) predstavljena 1997. godine koja sadrži ukupno 62 tehnike bacanja. Specifična je po tome što bacanja klasificira prema dominaciji dijela tijela *torija* koje sudjeluje u izvedbi bacanja. Slijedom toga postoje četiri grupe bacanja:

1. Ručne tehnike bacanja (*te waza*) - bacanja u kojima prilikom izvedbe dominiraju ruke *toria* (ukupno 15 tehnika),
2. Bočne tehnike bacanja (*koshi waza*) - bacanja u kojima prilikom izvedbe dominira bok *toria* (ukupno 11 tehnika),
3. Nožne tehnike bacanja (*ashi waza*) - bacanja u kojima prilikom izvedbe dominiraju noge *toria* (ukupno 21 tehnika),
4. Požrtvovne tehnike bacanja (*sutemi waza*) - bacanja u kojima tori prilikom izvedbe žrtvuje vlastitu ravnotežu kako bi bacio *ukea* (ukupno 20 tehnika).

Požrtvovne tehnike bacanja još se dijele u dvije podgrupe sukladno smjeru kretanja *toria* prilikom izvođenja bacanja:

1. Požrtvovne tehnike bacanja na leđa (*ma sutemi waza*) - ukupno 5 tehnika,
2. Požrtvovne tehnike bacanja u stranu (*yoko sutemi waza*) - ukupno 15 tehnika.

Bacanja čine središnji tehnički element u judo borbi, a njihova primjenjivost i važnost analizirana je u nizu istraživanja. Segedi i Sertić (2014.) istaknuli su da mali broj najefikasnijih bacanja čini temelj natjecateljskog uspjeha. Anketiranjem osam judo stručnjaka, identificirali su 40 bacanja u seniorskim kategorijama i klasificirali ih u dvije skupine: skupina B s najčešće primjenjivanim tehnikama koje najčešće rezultiraju poenom, i skupina A s rjeđe korištenim tehnikama. Ova klasifikacija jasno pokazuje da vrhunski natjecatelji fokusiraju svoj tehnički repertoar na manji broj visoko učinkovitih bacanja. To potvrđuju i podaci s velikih natjecanja. Primjerice, čak 86,4 % borbi na Svjetskim prvenstvima 2018. i 2019. završeno je tehnikom koja je rezultirala ipponom ili waza-arijem (Sulecka, Adam i Wolska, 2020.).

Analizu tehničke primjene bacanja produbljuje i istraživanje Sertića, Segedija i Sterkowicza (2008.) koji su analizom 409 borbi s Europskog prvenstva za juniore i juniorke 2005. utvrdili grupiranje težinskih kategorija s obzirom na dominaciju određenih grupa tehnika. Kod ženskih natjecateljica lakših kategorija (-48 kg, -52 kg i dijelom -57 kg) dominiraju ručne tehnike, dok u težim kategorijama (-63 kg do +78 kg) prevladavaju nožne i požrtvovne tehnike. Kod juniora su u lakšim kategorijama (-60 kg do -73 kg) najučestalije bile ručne tehnike, osobito *kata guruma*, dok su u težim kategorijama bile

dominantne nožne tehnike. Autori također ističu razliku u tehničkoj raznolikosti između vrhunskih judaša i onih nižeg natjecateljskog ranga, pri čemu su potonji koristili manji broj tehnika i rjeđe kombinacije.

Slične obrasce potvrđuju i Sertić, Segedi i Vučak (2009.) analizom 174 borbe na Europskom prvenstvu za mlađe seniore. Uspješno je izvedeno 214 bacanja (1,22 po borbi), od čega je 35 % završilo *ipponom*. Najzastupljenije su bile ručne tehnike (npr. *kata guruma*, *te guruma*, *seoi nage*), zatim požrtvovne (*tani otoshi*, *soto makikomi*), nožne (*uchi mata*, *ouchi gari*) i bočne (*harai goshi*, *koshi guruma*). Autori zaključuju da, iako su tehnike razmjerno ravnomjerno raspoređene po težinskim kategorijama, određene se bacanja ipak češće javljaju, a njihova primjena snažno doprinosi završavanju borbi prije isteka vremena.

Ulogu promjena pravila u razvoju tehničke strukture judo borbe dodatno rasvjetljava analiza Gardaševića i Stankovića (2020.). Usporedbom 34 velika natjecanja od 1981. do 2014., autori ukazuju kako su ručne tehnike (*te-waza*) dominirale od 2000. do 2009., dok su nožne tehnike (*ashi-waza*) bile češće prije tog razdoblja, osobito u teškim kategorijama. Promjenama pravila od 2009. i 2010., koje su uključivale zabranu direktnog hvatanja nogu i diskvalifikaciju za ručne tehnike bacanja poput *morote gari*, *kata guruma* i sličnih, došlo je do izjednačavanja učestalosti između ručnih i nožnih tehnika. Taj trend se nastavio i nakon daljnjih promjena pravila 2013. godine, kada je naglasak stavljen na pozitivnu borbenu aktivnost i smanjenje uloge kaznenih poena. Analiza je pokazala da su tehnike poput nožnih tehnika *uchi mata* i *ko uchi gari*, ručne tehnike *seoi nage* bočne tehnike *harai goshi* i požrtvovne tehnike *tani otoshi* među najzastupljenijima u cijelom razdoblju. Time se potvrđuje da pravilnici ne samo da oblikuju strategiju natjecanja, već i dugoročno mijenjaju tehničke preferencije natjecatelja, što zahtijeva stalnu prilagodbu trenažnog procesa.

1.4. KOMPLEKSNOST BACANJA

Svako bacanje u judu predstavlja izuzetno kompleksan motorički zadatak koji zahtijeva preciznu koordinaciju dvaju sudionika. Izvedba tehnike može se odvijati u različitim uvjetima:

- dinamičkim, odnosno u kretanju,
- statičkim, kada su oba judaša u mjestu.

Bez obzira na kontekst, svako bacanje tehnički se sastoji od tri osnovne faze (Sertić i Segedi, 2013.):

1. narušavanje protivnikove ravnoteže (*kuzushi* faza),
2. postavljanje tijela u pravilan položaj za bacanje, tzv. ulaz (*tsukuri* faza),
3. faza bacanja odnosno protivnikovog leta (*kake* faza).

U idealiziranom prikazu, kada *uke* miruje i ne pruža otpor, ove se faze mogu opisati pojedinačno: *tori* najprije narušava *ukeov* ravnotežni položaj u *kuzushi* fazi bacanja, čime stvara preduvjete za efikasnu izvedbu druge faze bacanja; zatim u *tsukuri* fazi usklađuje svoje tijelo i stav s protivnikovim, tražeći optimalan odnos poluga i pozicije za prijenos sile; u završnoj, *kake* fazi, pokret se prenosi kroz *torievo* tijelo, generirajući rotaciju i ubrzanje koje rezultira *ukeovim* padom, najčešće na leđa, uz očuvanu kontrolu nad situacijom i protivnikom.

Međutim, u realnim borbenim situacijama ovakva idealna podjela rijetko postoji. Judaši se nalaze u stalnoj interakciji, gdje protivnik pruža otpor i mijenja smjer kretanja, pa se navedene faze bacanja ne odvijaju linearno i strogo odvojeno. Umjesto toga, one se međusobno isprepliću i prirodno nadovezuju u kontinuiranom, usklađenom i prilagodljivom nizu pokreta, u kojem se tehnička izvedba stalno modulira u skladu s promjenama u borbi (Sacripanti, 2012.).

Ključno biomehaničko načelo mnogih judo bacanja jest stvaranje rotacijskog momenta oko protivnikovog centra težišta tijela, što se postiže optimalnim kombiniranjem translacijskog gibanja (približavanje toria ukeu uz ubrzanje) i rotacijskog gibanja (okretanje tijela i prebacivanje ukea preko oslonca). Takva kombinacija omogućuje učinkovitije narušavanje ravnoteže protivnika i izvedbu bacanja uz manji utrošak energije (Sacripanti, 2014.).

U natjecateljskom judu odabir i izvedba bacanja ovise o mnogim faktorima. Prvenstveno o znanju i mogućnosti izvedbe tehničkih elemenata, zatim taktičkim okolnostima u odnosu na protivnika; stavu i kretanju protivnika, hvata (*kumikata*, način držanja kimona), te samom trenutku u borbi. Primjerice, ručna tehnika bacanja *ippon seoi nage* često je efikasna protiv protivnika koji zauzima niski, povijeni stav, jer *tori* može iskoristiti spuštenu položaj *ukeovih* ruku za brzi ulazak ispod njegovog težišta. Nasuprot tome, bočna tehnika bacanja *harai goshi* i srodna bacanja bolje funkcioniraju kod protivnika uspravnijeg stava, gdje je protivnikov ravnotežni položaj lakše narušiti naprijed i u stranu. Vrlo važan element taktičke primjene bacanja je *kuzushi* faza odnosno sposobnost *toria* da "pročita" protivnikovo kretanje i u pravom ga trenutku povuče ili gurne kako bi iskoristio moment inertnosti.

Nadalje, vrhunski judaši često koriste kombinacije tehnika bacanja (*renraku waza*). Primjerice, nakon neuspjelog pokušaja jednog bacanja odmah prelaze u drugo dok je protivniku još uvijek narušen ravnotežni položaj. U takvim kombinacijama bacanja (npr. pokušaj nožne tehnike bacanja *uchi mata* pa prelazak u drugu nožnu tehniku bacanja *ouchi gari*), tehničko znanje spajanja pokreta i prilagodba situaciji dolazi do izražaja. Statističke analize borbi pokazuju da se određene tehnike, poput ručne tehnike bacanja *seoi nage*, te nožnih tehnika bacanja *osoto gari* i *uchi mata*, relativno često koriste na vrhunskoj natjecateljskoj razini, ali njihov odabir ovisi o spolu, težinskoj kategoriji i biomehaničkim zakonitostima tehnike (Sterkowicz, Sacripanti i Sterkowicz-Przybycień, 2013.; Santos i sur., 2014.). Umjesto univerzalne dominacije nekoliko tehnika, podaci sugeriraju da judaši biraju one tehnike koje biomehanički i taktički najviše odgovaraju njihovim osobnim karakteristikama i zahtjevima borbe. Stoga razvoj

tokui waza (tehnikе u kojoj je judaš najučinkovitiji – tzv. „specijalke”) ostaje središnji dio natjecateljske pripreme.

Taktika također uključuje i smjer izvođenja bacanja. Smjer narušavanja ravnoteže protivnika, kao i smjer u kojem se izvodi tehnika bacanja u judu, uvijek se određuje iz perspektive *ukea*. U skladu s temeljnim principom juda, principom neopiranja (gdje neopiranje ne znači pasivnost, nego korištenje snage i kretanja protivnika u svoju korist), najučinkovitiji kuzushi bit će onaj koji slijedi ukeovo trenutno kretanje. Primjerice, ako se uke kreće prema naprijed, tada će i narušavanje ravnoteže u tom smjeru biti najefikasnije, jer se na taj način koristi i njegova vlastita kretnja za postizanje boljeg učinka (Segedi, 2011.). Bacanja se mogu izvoditi u lijevu ili u desnu stranu. Iako većina natjecatelja ima preferiranu (dominantnu) stranu, postoje pokazatelji da se bilateralna tehnika može uspješno razvijati sustavnim treningom. Biomehanička analiza nožne tehnike tehnike *osoto gari* pokazuje značajne razlike u izvedbi između iskusnih i manje iskusnih izvođača, što ukazuje na važnost tehničke preciznosti, koordinacije i pravilnog prijenosa sile (Imamura i Johnson, 2003.). Sposobnost judaša da izvede istu tehniku bacanja na obje strane daje mu taktičku prednost jer otežava protivniku predviđanje napada.

Nadalje, svako bacanje ima optimalne situacijske uvjete u borbi. Na primjer, nožna tehnika bacanja *osoto gari* posebno je učinkovita kada je protivnikova težina prebačena unatrag, na petu jedne noge, što često nastaje kao posljedica *torieve* pripreme za napad uz *ukeovu* reakciju. U tom trenutku *tori* povlači *ukea* rukama prema dolje i unatrag te istovremeno izvodi snažan zamah svojom nogom unatrag i “mete” *ukeovu* isturenu stajnu nogu i uspješno izvodi bacanje. Uspješnost ove, ali i svake druge tehnike bacanja ovisi o pravodobnosti, koordinaciji i preciznom očitavanju trenutka kada je *uke* izgubio ravnotežu.

1.5. PROBLEM KINEMATIČKE ANALIZE BACANJA

Ovaj rad bavit će se proučavanjem kinematičkih parametara prilikom izvedbe bacanja *ippon seoi nage* (iz kategorije ručnih tehnika bacanja), *harai goshi* (iz kategorije bočnih tehnika bacanja) i *osoto gari* (iz kategorije nožnih bacanja).

Kinematika i kinetika, dvije su komplementarne domene biomehanike. Biomehanika se može definirati kao znanstvena disciplina koja proučava kretanje živih sustava primjenom principa mehanike. Jedna od klasičnih definicija ističe da je biomehanika „proučavanje strukture i funkcije bioloških sustava pomoću metoda mehanike” (Hatze, 1974.). Drugim riječima, biomehanička analiza ispituje kako se sile i pokreti međusobno odnose u ljudskom tijelu tijekom aktivnosti. U kontekstu sporta, biomehanika spaja znanja iz fizike, inženjerstva i anatomije kako bi se razumjele tehnike i optimizirala izvedba sportaša uz smanjenje rizika od ozljeda (Bartlett i Bussey, 2013.).

Kinematika i kinetika su dvije grane mehanike koje daju različite, ali povezane uvide u sportsku tehniku. Kinematika je grana mehanike koja opisuje geometriju gibanja; putanje, brzine i ubrzanja – bez razmatranja sila koje to gibanje uzrokuju (McGinnis, 2013.). Kinetika je grana mehanike koja se bavi silama i momentima koji uzrokuju gibanje ili nastaju tijekom gibanja (McGinnis, 2013.). Kinematske veličine obuhvaćaju, primjerice, *prostorne i vremenske parametre* pokreta: položaj tijela ili njegovih segmenata u prostoru, prijeđeni put, kutne položaje u zglobovima, brzinu kretanja (linearnu i kutnu) te ubrzanje (također linearno ili kutno). Kinetičke veličine uključuju *vanjske sile* (poput reakcijske sile podloge, otpora zraka, gravitacije) i *unutarnje sile* (sile koje razvijaju mišići, opterećenja u zglobovima), kao i pripadajuće momente sila oko zglobova.

Biomehanička analiza našla je široku primjenu u gotovo svim kategorijama sportova. U borbilačkim sportovima biomehanika se tradicionalno koristi za proučavanje efikasnosti udaraca (Adamec i sur., 2020.; Liu i sur., 2022.; Satkunskiene i sur., 2024.; Kacprzak i sur., 2025.) i bacanja (Imamura i Johnson, 2003.; Imamura i sur., 2006.; Kim i sur., 2011.; Imamura i sur., 2007.; Ishii i sur., 2017.; Ishii i sur., 2018.), kao i za razumi-

jevanje mehanike ozljeda (Walilko, Viano i Bir, 2005.; Nakanishi i sur., 2021.; Lota i sur., 2022.). Judo je kompleksan borički sport u kojem je izvesti uspješno bacanje u realnoj borbi vrlo složen čin koji uključuje brzu interakciju dvaju ljudskih tijela. Za razliku od mnogih sportova gdje je cilj manipulirati objektom (lopta, sprava), u judu je “objekt” protivnik koji se aktivno opire. Stoga je motorička struktura izvedbe bacanja promjenjiva i situacijski uvjetovana.

Možemo reći kako nijedno izvođenje nije posve identično prethodnom. To svakako otežava znanstvenu analizu: kako kvantificirati i usporediti pokret koji ima toliko varijacija? Sama klasifikacija bacanja dodatno je složena jer granice među tehnikama mogu biti nejasne. Pored već spomenute *Kodokanove* klasifikacije bacanja (*Gokyo no Waza*) koja prepoznaje 62 tehnike bacanja, postoje brojne varijante.

Na primjer, bacanje *ippon seoi nage* u standardnoj, osnovnoj izvedbi (prema Kodokanovoj klasifikaciji) izvodi se na desnu ili lijevu stranu, ovisno o tome kako *uke* stoji odnosno koristi li desni ili lijevi gard. U pravilu, ako *uke* zauzima desni gard, bacanje se izvodi u desnu stranu, a ako je gard lijevi, bacanje ide u lijevu stranu na način da *tori* u *kuzushi* fazi povlači *ukea* držeći ga za rukav kimona. Međutim, u natjecateljskim uvjetima bacanje je moguće izvesti i na „suprotnu” stranu. Primjerice, bacanje se izvodi u desnu stranu iako *uke* ima lijevi gard. Sada *tori* povlači *ukea* na način da drži njegov rever kimona. Osim toga, bacanje *ippon seoi nage* može se izvoditi i iz klečećeg položaja, odnosno s jednog ili oba koljena, što se u praksi često naziva „*niski ippon seoi nage*”. Kod takvih varijanti bacanja, u *tsukuri* fazi bacanja *tori* je na jednom ili oba koljena. Pitanje je smatraju li se to istim tehnikama ili drugim. Za osobe koje proučavaju bacanja, ali ih i podučavaju ponekad je bitnije razumjeti principe pokreta nego striktno imenovanje.

Problem se dodatno komplicira jer uspješna izvedba bacanja ovisi i o *ukeu*. U judo borbi na natjecanju ili na treningu, za razliku od idealnih uvjeta dok se uči tehnika, *uke* gotovo nikad nije statičan. Ponekad se aktivno suprotstavlja pružanjem otpora, spuštanjem težišta tijela, a ponekad svojom akcijom ili pokretom doprinosi bacanju na način da *tori* koristi njegovu inerciju izvodeći određeni kontra napad. Zbog toga istraživači bacanja nerijetko analiziraju tehnike u standardiziranim uvjetima ili unaprijed

dogovorenim vježbama. Pretežno u uvjetima kada *uke* ne pruža otpor prilikom bacanja. Iako takvi uvjeti omogućuju ponavljanje gotovo identičnih bacanja, postavlja se pitanje koliko generalizaciju takvi nalazi imaju na stvarne borbe.

Znanstveno proučavanje juda i njegovih tehnika započelo je sredinom 20. stoljeća, paralelno s razvojem biomehanike sporta. Jedna od prvih kvantitativnih biomehaničkih analiza judo bacanja provedena je već 1958. godine, kada su Ikai i Matsumoto istraživali sile i putanje pokreta koristeći tada dostupne instrumente (Ikai & Matsumoto, 1958.). Međutim, značajniji zamah istraživanja dogodio se kasnije zahvaljujući napretku tehnologije. Kinematička analiza odnosno proučavanje geometrije pokreta, u početku se oslanjala na dvodimenzionalne video snimke i ručno iscrtavanje putanja segmenata tijela. Danas se koristi sofisticirana tehnologija za trodimenzionalno praćenje i analizu pokreta tehnologija. Infracrvene kamere i markeri na tijelu judaša omogućuju snimanje preciznih trodimenzionalnih putanja zglobova pri bacanju. Tako su, primjerice, Ishii i sur. (2018.) koristili 18 kamera optičkog sustava (VICON) pri 250 Hz za snimanje bacanja *seoi nage* u izvedbi vrhunskih i prosječnih judaša, čime su kvantificirali brzine i ubrzanja ključnih dijelova tijela u svakoj fazi bacanja.

Dinamička analiza u judu bavi se razumijevanjem kako sile i momenti djeluju tijekom izvođenja bacanja, a često se provodi uz pomoć mjernih platformi koje bilježe reakcijske sile tla. U jednoj takvoj studiji (Pucsok, Nelson i Ng, 2001.) proučavana je bočna tehnika bacanja *harai goshi*, pri čemu je *tori* stajao jednom nogom na mjernoj platformi, dok je drugom izvodio zamah za bacanje. Istraživači su pratili kako horizontalne i vertikalne komponente reakcijske sile koreliraju s brzinom zamaha. Pokazalo se da veća horizontalna sila upiranja noge u podlogu omogućuje brži i snažniji zamah, što u konačnici rezultira učinkovitijim bacanjem (Pucsok, Nelson i Ng, 2001.).

Neka istraživanja kombiniraju kinematičku i dinamičku analizu kako bi pružila cjelovit uvid u izvedbu judo tehnika. Na primjer, Liu i suradnici (2024.) proučavali su nožnu tehniku bacanja *osoto gari* uspoređujući judaše s crnim pojasom i početnike. Pomoću 3D analize i izračuna kutnih momenata segmenata tijela *ukea*, otkrili su da iskusni judaši generiraju veće kutne momente trupa i nogu protivnika (što znači da ga

učinkovitije rotiraju unatrag), kao i veće kutne brzine vlastitim rukama i gornjim dijelom tijela tijekom završne faze bacanja. Takve studije pružaju konkretne biomehaničke pokazatelje koji pomažu razumjeti što čini tehnički učinkovito bacanje.

Osim laboratorijskih studija pojedinačnih tehnika, određeni broj studija bavi se analizom judo borbi. Područje poznato kao situacijska kineziologija juda. Takva istraživanja bave se statistikom učestalosti različitih bacanja, vremenom izvedbe u odnosu na tijek borbe, vrstom pripreme (kombinacije, kontre), kao i smjerom napada ili vrstom hvata. Najčešće koriste videozapise natjecanja visoke razine, pri čemu se svaka tehnika bilježi ručno ili računalnim metodama.

Na primjer, studije Pan i sur. (2021.) te Ito i sur. (2014.) pokazale su kako se učestalost i učinkovitost pojedinih tehnika i hvata mijenjaju nakon izmjena pravila u judu, uključujući porast efikasnosti kombinacija i kontranapada nakon višestrukih pokušaja hvata. Soriano i sur. (2019.) dodatno su analizirali vremensku strukturu borbi, osobito vrijeme provedeno u pokušaju uspostave hvata (*kumikata*), što čini veliki udio ukupne aktivnosti u borbi u stojećem stavu. Pujso i sur. (2017.) otkrili su da se odlučujući napadi najčešće događaju između druge i treće minute borbe, dok su Kajmović i sur. (2014.) analizirali razlike u konfiguracijama hvata između spolova, a Dopico-Calvo i sur. (2016.) istraživali su utjecaj lateralnosti na uspješnost u borbi, pri čemu su lijevoruki judaši pokazali određene taktičke prednosti.

Uz tradicionalne metode videoanalize, primjenjuju se i napredni algoritmi strojnog učenja koji omogućuju automatsko prepoznavanje judo tehnika na temelju kinematičkih obrazaca. Jedan od takvih pristupa razvili su Kato i Yamagiwa (2022.), koji su osmislili metodu RT-XSM (*Real-Time Extraction method for Successful Movements*). Ova metoda koristi logističku regresiju za analizu faktora posture (*kumite*) neposredno prije bacanja, s ciljem da se u stvarnom vremenu predvidi koja je tehnika bacanja najvjerojatnija. Sustav je treniran na videozapisima sa Svjetskog prvenstva i *World Judo*

*Masters*⁸ turnira, što mu omogućuje obradu velike količine podataka, daleko iznad mogućnosti ručne analize.

U biomehaničkim istraživanjima bacanja u judu i strukturalno sličnim sportovima poput ju-jitsua ili hrvanja, većina znanstvenih radova oslanja se na korištenje optičkih sustava temeljenih na kamerama i markerima za praćenje kretanja. Primjeri uključuju rad Chwała i sur. (2013.), gdje je korišten *Vicon* sustav s pet kamera i reflektivnim markerima za 3D analizu tehnike *ippon seoi nage*, čime su dobiveni detaljni podaci o pomacima, brzinama i ubrzanjima centra mase tijela sportaša. Ovi sustavi pružaju iznimno precizne podatke i visoku razinu pouzdanosti, ali zahtijevaju laboratorijsko okruženje, pravilno postavljanje opreme i nesmetano vidno polje, što ih čini ograničenima u praktičnim sportskim uvjetima.

Nasuprot tome, inercijski mjerni sustavi (IMU), poput *Xsens Awinda*, koje se koristilo u ovom istraživanju, nude znatno veću fleksibilnost odnosno omogućuju prikupljanje kinematičkih podataka u stvarnim uvjetima treninga ili natjecanja, bez potrebe za kamerama i uz minimalan utjecaj na prirodnost kretanja sportaša. Premda su određena odstupanja u mjerenju zglobnih kutova zabilježena, recentna istraživanja pokazala su da IMU sustavi mogu vjerodostojno detektirati razlike u biomehaničkim parametrima između različitih uvjeta, usporedivo s optičkim sustavima. Usporedba *Xsens* sustava s optičkim sustavom *Vicon* tijekom složenog sportskog zadatka pokazala je visoku razinu suglasnosti za varijable poput visine skoka i kuta odraza, dok su odstupanja u mjerenju zglobnih kutova bila specifična po ravnini i zglobu, ali u većini slučajeva unutar prihvatljivih granica (Alkhalaf, Pain i Hiley, 2025.). Stoga se IMU sustavi sve više prepoznaju kao praktičan i dovoljno pouzdan alat za kinematičko praćenje pokreta u sportu, osobito kada je cilj terensko mjerenje i analiza promjena u izvedbi kroz vrijeme. Prema analizi Worsey i suradnici (2019.), primjena IMU senzora u borbilačkim sportovima trenutačno je najčešće usmjerena na analizu udaraca, dok su

8 World Judo Masters je elitni pozivni turnir u organizaciji Međunarodne judo federacije (IJF), na kojem sudjeluju najbolje rangirani judoke svijeta. Održava se jednom godišnje i donosi visoke bodove za svjetsku rang-listu, što ga čini jednim od najvažnijih turnira u kalendaru, posebno uoči Olimpijskih igara. Preuzeto sa <https://www.ijf.org/news/show/not-like-the-others?>

bacanja znatno rjeđe istraživana tom metodom gdje se uočio prostor za istraživanje. Iz navedenog se ukazala potreba da se upravo takvim sustavom provede analiza kinematičkih parametara pri izvedbi tri odabrane tehnike bacanja iz tri različite grupe bacanja; *ippon seoi nage* (ručna), *harai goshi* (bočna) i *osoto gari* (nožna).

1.6. METODIKA POUČAVANJA I UVJEŽBAVANJA TEHNIKA BACANJA

Poučavanje i usavršavanje bacanja u judu predstavlja jedan od ključnih izazova trenerske prakse, ponajprije zbog složenosti motoričkih zahtjeva koje te tehnike podrazumijevaju. Trener se pritom suočava sa zadatkom da kompleksan pokret razloži na jednostavnije komponente, osmisli ciljane vježbe za svaki segment, te ih postupno poveže u funkcionalnu cjelinu.

U poučavanju motoričkih vještina kod djece, odabir odgovarajuće metode od iznimne je važnosti jer u velikoj mjeri utječe na uspješnost i kvalitetu usvajanja pokreta. Prema Findaku (1999.), metode poučavanja mogu se klasificirati na više načina, ovisno o složenosti motoričke radnje, dobi djeteta i stupnju razvijenosti motoričkih sposobnosti.

Sintetička metoda temelji se na učenju cijelog pokreta u njegovom punom obliku. Najčešće se koristi kod jednostavnijih radnji i kod djece koja su već razvila osnovne motoričke vještine. Ova metoda omogućuje djeci da odmah steknu cjelokupni doživljaj zadatka i razvijaju koordinaciju u stvarnim uvjetima pokreta.

Analitička metoda, za razliku od sintetičke, vještinu razlaže na jednostavnije dijelove koji se zasebno uvježbavaju, a zatim spajaju u cjelinu. Prikladna je za učenje složenijih motoričkih radnji te za mlađu djecu koja još nisu u potpunosti motorički zrela.

Analitičko-sintetička metoda kombinira prethodne dvije. Najprije se usvajaju dijelovi pokreta, a zatim se integriraju u skladnu cjelinu. Često se koristi kod složenih tehničkih elemenata, primjerice u gimnastici, plivanju ili borilačkim sportovima.

Metoda ponavljanja uključuje više uzastopnih izvođenja istog pokreta s ciljem automatizacije. Pomaže u stabilizaciji već usvojenih vještina i povećava sigurnost u izvođenju.

Metoda varijabilnog vježbanja temelji se na učenju pokreta kroz promjenjive uvjete. Time se potiče sposobnost prilagodbe i razvoj kreativnosti u motoričkom izrazu.

Metoda igre koristi igru kao sredstvo za spontano učenje kretanja. Osobito je učinkovita kod djece predškolske i mlađe školske dobi, jer im omogućuje učenje u pozitivnoj i motivirajućoj atmosferi.

Metoda demonstracije oslanja se na vizualno modeliranje – učitelj pokazuje pokret, a djeca ga imitiraju. Ova metoda pomaže djeci da razviju pravilnu sliku o pokretu koji uče.

Verbalna metoda koristi se za objašnjavanje svrhe i strukture pokreta riječima, često kao podrška demonstraciji. Omogućuje bolje razumijevanje tehničkih i sigurnosnih aspekata vježbe.

Sve metode imaju svoju primjenu u nastavnom procesu i trenažnom radu, a njihova pravilna kombinacija i primjena u skladu s razvojnim karakteristikama djece ključna je za kvalitetno poučavanje motoričkih znanja. Kod mlađe djece preporučuje se primjena sintetičke metode jer je njihovo mišljenje manje analitičko, a pokrete lakše usvajaju kao cjelinu (Findak, 1999.; Sertić, 2004.; Šalaj, 2012.).

Sintetički pristup povećava motivaciju i omogućuje prirodniji razvoj koordinacije jer djeca doživljavaju pokret holistički (Chan i sur., 2015.).

Analitička metoda se koristi u kasnijim fazama, kada je potrebno precizno uvježbati tehnički zahtjevnije elemente, no kod djece se primjenjuje samo za ispravljanje konkretnih pogrešaka (Tomljenović i sur., 2003.).

U praksi se često koristi kombinirana metoda “cijelo–dio–cijelo”. U početnoj fazi, djeca pokušavaju bacanje izvesti u cjelini kako bi razvila osjećaj za ritam i strukturu pokreta, a zatim se, ako je potrebno, izolirano uvježbava kritični segment (npr. izbacivanje iz ravnoteže), nakon čega se odmah vraća na izvođenje cjeline (Milanović i sur., 2013.). Ovakav pristup omogućuje postupno usavršavanje tehnike bez gubitka osjećaja za cjelovitost pokreta.

Ovo je posebno naglašeno u sportovima poput juda, gdje su bacanja kompleksne motoričke cjeline. Uobičajena metodološka praksa u judu uključuje

korištenje specifičnih trenažnih metoda za učenje i usavršavanje tehnika u parteru i u stojećem stavu kojih u judu razlikujemo 11 (Sertić, Segedi, 2013.).

Specifične trenažne metode za učenje i usavršavanje tehnika bacanja (Sertić, Segedi 2013.):

1. *Uchi komi*, vježba pri čemu se više puta ponavlja ulazak u bacanje bez njegove završne faze (*kake*), s ciljem automatizacije pravilnog položaja tijela i kretanja.
2. *Pushi gari*, vježba koja se nastavlja na prethodnu, a koja podrazumijeva podizanje partera na kojem se radi od poda uz zadržavanje kontrole ravnotežnog položaja.
3. *Kake ai*, vježba koja se nastavlja na prethodne dvije, a označava da se nakon nekoliko ponavljanja bacanja bez završne faze jednom izvede kompletno bacanje.
4. *Butsukari geiko*, vježbu koju karakterizira izvođenje vježbe *uchi komi* uz pružanje otpora *ukea* na način da učvrsti tijelo i pruža otpor *toriu* u provedbi prve dvije faze bacanja.
5. *Nage komi*, specifična trenažna metoda koja uključuje izvedbu kompletnog bacanja, sve tri faze (*kuzushi*, *tsukuri* i *kake*).
6. *Tendoku renshu*, vježba koja predstavlja učenje i vježbanje tehnike bacanja bez priutnosti *ukea*. Judaš izvodi *uchi komi* „u prazno“ ili koristeći određena pomagala (lutke za bacanja, gume na švedskim ljestvama i slično).
7. *Yaku soku geiko*, vježba u kojoj se izvodi lagana borba u kojoj se naizmjenično mijenjaju uloge *toria* i *ukea*. Specifično je da *uke* ne pruža otpor, a vježba služi kao metoda za situacijsko usavršavanje tehnike i taktike.
8. *Sute geiko*, vježba identična prethodnoj uz postojanje razlike u znanju i kvaliteti između *toria* i *ukea*. Vježbu provode na način da tehnički potkovaniya osoba pomaže onoj slabijoj na način da ju ispravlja, postavlja u dobru poziciju i slično.
9. *Randori*, najčešća metoda kod učenja i usavršavanja, a predstavlja borbu na treningu kojom se tehnike uvježbavaju intenzitetom koji je ili približan ili identičan

natjecateljskim uvjetima. Ova vježba služi za uvježbavanje tehnike bacanja u borbenim ili situacijskim uvjetima.

10. *Kakari geiko*, metoda odnosno vježba u kojoj se jedan judaš bori s dva ili više protivnika koji u borbu ulaze odmorni jedan za drugim. Vježbom se razvija specifična judo izdržljivost, a tehnike bacanja izvode i stabiliziraju u najtežim uvjetima, uvjetima izrazitog umora.
11. *Shiai*, metoda koja podrazumijeva vježbanje i usavršavanje tehnike bacanja u uvjetima koji su potpuno identični uvjetima na natjecanju, uz recimo korištenje suca koji sudi borbu. Vježba se koristi za kontrolu stanja treniranosti i za privikavanje natjecatelja.

Ovakav postupni pristup nije samo pedagoški opravdan, nego i nužan sa sigurnosnog aspekta. Učenju izvođenja tehnika bacanja prethodi svladavanje tehnika padova (*ukemi*), kako bi znali pravilno apsorbirati silu prilikom pada i izbjegli ozljede.

Jedan od najčešćih psiholoških izazova kod početnika jest upravo strah od pada, koji može ozbiljno ograničiti njihovu spremnost da bacanje izvedu punom brzinom i snagom. Iskusi treneri taj problem rješavaju kroz postupno učenje padova, stvaranje osjećaja sigurnosti i povjerenja, te pažljivo doziranje intenziteta. Najprije kroz modifikacije padova koji se izvode iz sjeda i čučnja, a potom postupnim povećanjem visine i brzine izvedbe.

Valja napomenuti kako se u suvremenim pristupima poučavanju juda sve više primjenjuju znanstveno utemeljene metode analize pogrešaka i biomehanike tehnike bacanja.

Jedno takvo istraživanje proveli su Prieto i suradnici (2014.), koji su sustavno analizirali izvedbu bočne tehnike *osoto guruma* kod studenata kineziologije bez prethodnog iskustva u judu. Koristeći se metodom sekvencijalne analize i video snimkama, autori su identificirali najčešće pogreške u izvedbi poput pogrešnog postavljanja noge za oslonac, nedovoljne rotacije trupa i slabog povlačenja rukama te predložili konkretne didaktičke zadatke kako bi se te greške ispravile i unaprijedila

tehnička izvedba. Njihovi rezultati pokazuju da razumijevanje redoslijeda pogrešaka može pomoći u optimizaciji povratne informacije i smanjenju rizika od ozljeda.

Usporedno s time, biomehanička analiza izvedbe bacanja *ippon seoi nage*, koju su proveli Chwala i suradnici (2013.), otkriva važnost pravilne sinkronizacije pokreta centra mase tijela (CMT) tijekom ključnih faza bacanja (*kuzushi*, *tsukuri* i *kake*). U istraživanju su korišteni 3D markeri i visokofrekventne kamere kako bi se pratilo gibanje tijela sportaša, pri čemu su najveće vrijednosti pomaka i ubrzanja CMT zabilježene pri rotaciji i spuštanju tijela tijekom bacanja. Ova analiza potvrđuje da biomehanički uvidi mogu unaprijediti tehničku učinkovitost i sigurnost izvođenja bacanja.

Kombinacija ovakvih pedagoških i biomehaničkih pristupa sugerira da se tehnički zahtjevnije tehnike, poput *osoto gari*, mogu učiti postupno, počevši od biomehanički stabilnijih varijanti kao što je *osoto guruma*. Time se omogućuje sigurnije usvajanje osnovnih principa pokreta, što može služiti kao učinkovita progresija u trenažnom procesu (Prieto i sur. 2014.).

1.7. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI

Za uspjeh u judu pored izvrsnog poznavanja i primjene tehničkih elemenata presudnu ulogu imaju i vrlo visoko razvijene motoričke i funkcionalne sposobnosti sportaša.

Bez odgovarajuće kondicijske pripreme, ni najpreciznija tehnika ne dolazi do izražaja, jer sportaš ne može zadržati kontrolu, pratiti visoko intenzivni ritam i djelovati učinkovito tijekom borbe.

Kondicijska pripremljenost omogućuje primjenu tehnike u pravom trenutku i pod pritiskom, što je ključno u natjecateljskim uvjetima.

Motoričke sposobnosti predstavljaju temeljne komponente ljudske motoričke strukture, koje omogućuju učinkovito izvođenje različitih oblika kretanja. U znanstvenoj literaturi najčešće se definiraju kao skup urođenih i stečenih osobina koje čine osnovu svake motoričke aktivnosti (Metikoš i sur. 1989.).

One su latentne prirode, što znači da se ne mogu neposredno promatrati, već se procjenjuju na temelju izvedbe konkretnih motoričkih zadataka (Milanović i sur., 2013.).

Motoričke sposobnosti najčešće obuhvaćaju snagu, brzinu, izdržljivost, koordinaciju, ravnotežu i fleksibilnost, a predstavljaju temeljne sposobnosti koje omogućuju uspješno izvođenje različitih oblika kretanja u sportu. Njihov optimalan razvoj ključan je za učinkovitost pokreta, stabilnost izvedbe pod opterećenjem i prilagodbu visokointenzivnim natjecateljskim uvjetima. U kontekstu sporta, one čine osnovu na kojoj se gradi tehnička i taktička izvedba, dok u borilačkim sportovima, a osobito judu, apsolutna i eksplozivna snaga, koordinacija i ravnoteža dodatno dobivaju na važnosti (Drabik, 1996.; Franchini i sur., 2011. B; Milanović i sur., 2013.).

Visoka razina motoričkih sposobnosti omogućuje brže i učinkovitije usvajanje tehničko-taktičkih elemenata specifičnih za pojedini sport. Tako, primjerice, u sportovima koji zahtijevaju kompleksne i visoko koordinirane pokrete, poput juda, upravo motoričke sposobnosti čine neizostavan temelj uspjeha (Bompa, Haff, 2009.).

Drugim riječima, motoričke sposobnosti ne predstavljaju samo biološku osnovu pokreta, već i važan prediktor sportskih rezultata, posebno u disciplinama gdje se zahtijeva visoka razina koordinacije, ravnoteže, eksplozivnosti i preciznosti.

Brojna su istraživanja analizirala povezanost motoričkih sposobnosti s natjecateljskim uspjehom. Općenito, nalazi potvrđuju da su visoka razina bazičnih motoričkih sposobnosti preduvjet za postizanje dobrih rezultata u judu. Primjerice, Sertić, Sterkowicz i Vuleta (2009.) utvrdili su da ukupna motorička spremnost statistički značajno predviđa uspjeh u judo borbama. U njihovu istraživanju na uzorku studenata juda, bolji rezultati na bateriji od 15 motoričkih testova bili su povezani s većim brojem pobjeda i višom tehničkom učinkovitošću u borbama. Drugim riječima, juaši s boljim latentnim motoričkim sposobnostima (snaga, brzina, agilnost, itd.) ostvarivali su više pobjeda i bodova, što jasno ukazuje na važnost motoričke pripremljenosti za natjecateljski uspjeh (Sertić, Sterkowicz, Vuleta 2009.).

Nadalje, neka istraživanja potvrđuju snažnu povezanost između razine motoričkih sposobnosti sportaša poput aerobne izdržljivosti, jakosti i agilnosti sa sportskim rezultatima, kako u pojedinačnim tako i u timskim sportovima (Franchini i sur.,

2011. A; Ren i sur. 2023.). Razvoj motoričkih sposobnosti zahtijeva dugotrajan i sustavan trenažni proces, a njihova važnost očituje se od najranije dobi pa sve do vrhunskog sporta.

Kako je ranije navedeno, uspjeh u judu ovisi o više faktora, a neki mogu varirati s obzirom na spol i težinsku kategoriju natjecatelja. Istraživanje Callister i sur. (1991.) pokazalo je kako se fiziološke karakteristike elitnih judoka razlikuju po težinskim kategorijama. Primjerice, teže kategorije imale su drugačiji profil snage i izdržljivosti od lakših. Nešto novija istraživanja potvrđuju ovu varijabilnost i dodatno je kvantificiraju. Kuvačić, Krstulović i Đapić-Caput (2017.) su analizirali čimbenike uspjeha kod vrhunskih kadeta te primijenili dva modela: (A) testiranja motoričkih sposobnosti mladih judaša i (B) anketu među iskusnim judo trenerima. Model A pokazao je da u težim kategorijama (muškoj i ženskoj) natjecatelja najveći doprinos uspjehu daju maksimalna snaga, koordinacija i skok eksplozivnosti (vertikalni odraz), dok je u lakšim muškim kategorijama najvažnija bila agilnost, a u lakšim ženskim kategorijama mišićna izdržljivost. Zanimljivo, u Modelu B (prema ocjeni trenera) kao najvažnija sposobnost izdvojila se specifična izdržljivost potrebna za judo borbu, dok je fleksibilnost dosljedno ocijenjena najmanje važnom. Ovi rezultati ukazuju da različite motoričke sposobnosti mogu imati različitu težinu ovisno o kontekstu. Eksplozivna snaga i koordinacija kritične su za judaše koji se oslanjaju na snažne tehnike (češće u težim kategorijama), dok su brzina i agilnost presudne u lakšim kategorijama gdje dominira dinamika pokreta. Također, treneri naglašavaju važnost specifične aerobno-anaerobne izdržljivosti za uspješno podnošenje napora tijekom više uzastopnih borbi, što je u skladu s prirodom judo turnira (Kuvačić, Krstulović, Đapić-Caput 2017.).

Nadalje, prema Banoviću (2001.), vrhunski tehnički potencijal u judu ne može se u potpunosti ostvariti ako sportaš nema optimalno razvijene tjelesne karakteristike i motoričke sposobnosti. Na primjer, eksplozivna snaga ključna je za izvođenje dinamičkih pokreta poput skokova, sprintova i bacanja, dok izdržljivost omogućuje ponavljanje takvih intenzivnih napora tijekom cijele borbe.

U kineziološkoj teoriji motoričke sposobnosti predstavljaju temelj za uspješno izvođenje svih oblika tjelesne aktivnosti.

Među brojnim klasifikacijama, jedna od najraširenijih podjela jest ona na kondicijske (energetske) i koordinacijske (informacijske) sposobnosti (Findak, 1999.; Malina, Bouchard, 2004.).

Kondicijske sposobnosti primarno ovise o učinkovitosti energetske sustava organizma i uključuju snagu, brzinu i izdržljivost, svaku s pripadajućim podvrstama (npr. eksplozivna snaga, akceleracijska brzina, aerobna i anaerobna izdržljivost).

S druge strane, koordinacijske sposobnosti ovise o efikasnosti živčanog sustava i odnose se na koordinaciju, ravnotežu, preciznost i agilnost.

Uz dvije spomenute temeljne skupine motoričkih sposobnosti, fleksibilnost se često izdvaja kao zasebna kategorija zbog svoje specifične prirode. Ona se odnosi na pokretljivost zglobova te elastičnost mišićnog i tetivnog tkiva, a smatra se ključnom za pravilno, ekonomično i sigurno izvođenje različitih motoričkih zadataka (Findak, 1999.; Bompa, Haff, 2009.; Malina, Bouchard, 2004.).

Važno je napomenuti da terminologija može varirati. U anglosaksonskoj literaturi često se govori o *physical fitness components* (*komponente tjelesne spremnosti*), dok na našim prostorima govorimo o motoričkim ili funkcionalnim sposobnostima. U suštini, radi se o istim skupinama kvaliteta: snaga (maksimalna, eksplozivna, repetitivna), brzina (reaktivna, akceleracijska, maksimalna), izdržljivost (aerobna, anaerobna), koordinacija (složena motorička koordinacija), ravnoteža (statčka, dinamička), fleksibilnost te preciznost pokreta.

Različiti sportovi zahtijevaju specifične profile motoričkih sposobnosti, ovisno o prirodi pokreta, trajanju aktivnosti i taktičko-tehničkim zahtjevima same sportske discipline. Svaka sportska grana ima dominantne motoričke zahtjeve koji određuju uspješnost sportaša u danom kontekstu.

U loptačkim sportovima poput nogometa, košarke ili rukometa, ključne su sposobnosti brzina i agilnost, koje omogućuju učinkovite promjene smjera, eksplozivne startove i brze reakcije. Također, koordinacija ima važnu ulogu u kontroli lopte, izvođenju složenih tehničkih elemenata i održavanju ravnoteže, dok kombinacija snage i

izdržljivosti omogućuje duel igru i kontinuirano sudjelovanje u visoko intenzivnoj dinamici utakmice.

Primjerice, uspješan nogometaš mora imati dobro razvijenu akceleraciju i agilnost, ali i aerobnu izdržljivost kako bi mogao pretrčati velike udaljenosti tijekom utakmice (Jovanović i sur., 2011.). Osim toga, analiza razlika među igračima po pozicijama pokazuje da profil motoričkih sposobnosti varira unutar samog sporta, čime se dodatno naglašava specifičnost zahtjeva (Živković i sur., 2015.).

U košarci, naglasak je na eksplozivnoj snazi donjih ekstremiteta, koja omogućuje skokove i ubrzanja, te na koordinaciji i preciznosti, osobito pri vođenju lopte, dodavanju i šutiranju (Fischetti i sur., 2019.).

Nasuprot tome, atletske trkačke discipline imaju usmjerenije motoričke zahtjeve. Kod sprinterskih disciplina dominiraju maksimalna brzina i eksplozivna snaga, dok su dugoprugaške discipline određene visokom razinom aerobne izdržljivosti i tehničkom ekonomičnošću trčanja (Midgley i sur., 2007.).

Kod borilačkih sportova traži se svestrano razvijen profil motoričkih sposobnosti, pri čemu specifičnosti borbe određuju koji su elementi dominantni. Općenito, borci trebaju visoku razinu snage (za udarce, zahvate ili bacanja), brzine i agilnosti (za izbjegavanje udaraca, napade i reakcije), izdržljivosti (za održavanje intenziteta kroz više rundi ili minuta borbe) te koordinacije i ravnoteže (za kontrolu vlastitog tijela i protivnika u dinamičnim situacijama).

Na primjer, u boksu i karateu može se istaknuti važnost eksplozivne snage i brzine reakcije, dok hrvanje zahtijeva izraženu izdržljivost i statičku snagu u klinču. Judo, kao olimpijski borilački sport, posebno se ističe jer obuhvaća borbene situacije i u stojećem stavu i u parteru.

Upravo zbog toga smatra se da judo zahtijeva gotovo sve motoričke sposobnosti u visokom stupnju razvijenosti (Sertić, 2004.; Drid, 2023.).

1.8. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI U JUDU

Judo je složen borilački sport koji zahtijeva visoku razinu različitih motoričkih sposobnosti, uključujući snagu, brzinu, izdržljivost, koordinaciju, ravnotežu i fleksibilnost. Ove sposobnosti su ključne za uspješno izvođenje tehnika u stojećem stavu (*tachi waza*) i borbi na tlu (*ne waza*). Ovu tvrdnju podupiru istraživanja koja pokazuju da redoviti trening juda može značajno unaprijediti širok spektar motoričkih sposobnosti. Sustavni pregled Kowalczyk i sur. (2025.) utvrdio je da se kod djece i adolescenata koji treniraju judo statistički značajno poboljšavaju snaga, izdržljivost, brzina, koordinacija, fleksibilnost i ravnoteža u usporedbi s netreniranom kontrolnom skupinom. Ovi nalazi potvrđuju da je judo učinkovit u cjelokupnom motoričkom razvoju mladih, pružajući podlogu za opći tjelesni razvoj i zdravlje (Kowalczyk i sur. 2025.).

Snaga, a posebno apsolutna snaga i eksplozivna snaga, ističu se kao jedne od najvažnijih motoričkih sposobnosti u judu. Judo tehnike, od borbe za gard do izvedbe bacanja te borbe u parteru, zahtijevaju razvijenu snagu gornjeg i donjeg dijela tijela. Franchini i sur. (2011. A) navode da elitni judoka u prosjeku imaju izrazito snažan gornji dio tijela (iznadprosječna anaerobna snaga i kapacitet) te dobro razvijenu dinamičku snagu donjih ekstremiteta, što ih razlikuje od rekreativnih judoka. Zanimljivo, maksimalna izometrička snaga (statička snaga) nije se pokazala presudnom razlikom među vrhunskim natjecateljima, vjerojatno zato što svi na toj razini već posjeduju visok stupanj snage (Franchini i sur. (2011. B). To implicira da, nakon što se dostigne određeni gornji nivo razvijenosti snage, daljnji uspjeh više ovisi o drugim faktorima poput tehnike, taktike, izdržljivosti i slično. Međutim, bez dovoljno razvijene snage nema konkurentnosti kod judaša na vrhunskoj razini. Nadalje, eksplozivna snaga omogućuje judašima da brzo i snažno izvode bacanja, dok je izdržljivost potrebna za održavanje intenziteta tijekom cijelog meča.

Poseban aspekt snage u judu je snaga stiska šake, koja je neophodna za držanje i kontrolu protivnika u borbi. Iako jak stisak omogućuje bolju kontrolu, istraživanje Gutiérreza Sáncheza i sur. (2011.) na juniorskim natjecateljima pokazalo je kako je uloga snage stiska kompleksna. U njihovoj analizi judaša (15–19 g.) na prvenstvu Galicije, muški natjecatelji teže kategorije imali su očekivano veći apsolutni

stisak, ali snaga šake nije razlikovala one koji su osvojili medalju od ostalih. Kod žena je, nasuprot tome, uočena statistički značajna razlika. Judašice koje su osvojile medalje imale su jači stisak od slabije plasiranih. Autori su zaključili da snaga stiska sama po sebi nije univerzalno pouzdan pokazatelj uspjeha za sve natjecatelje. Ovu složenost potvrđuje i istraživanje Iermakov, Podrigalo i Jagiełło (2016.), koje je pokazalo da sportaši iz boričkih sportova koji uključuju bacanja i zahvate (judo, sambo, hrvanje) imaju značajno višu statičku i dinamičku snagu stiska šake u odnosu na sportaše iz sportova koji se temelje na udarcima (taekwondo, karate). Ipak, čak ni u toj skupini (judo, sambo, hrvanje) snaga stiska nije bila jedini prediktor uspjeha, jer su autori istaknuli kako su tehnička izvedba, koordinacija i opće tjelesne karakteristike jednako važne u određivanju uspješnosti natjecatelja. Oni zaključuju da testovi snage stiska mogu biti korisni alati u praćenju spremnosti, ali uvijek trebaju biti dio šireg sustava procjene sportaša.

Ovo potvrđuju i istraživanja koja pokazuju da judaši kroz trening razvijaju specifičnu funkcionalnu snagu, odnosno sposobnost primjene mišićne sile u uvjetima konkretnih motoričkih zahtjeva specifičnih za judo. Primjerice, tijekom snažnih i koordiniranih napora potrebnih za izvedbu bacanja. Takva snaga nije samo rezultat izoliranog mišićnog rada, već kombinacije eksplozivnosti, koordinacije i stabilnosti u dinamičnim situacijama borbe. U tom smislu, judaši uče primijeniti snagu u kratkotrajnim eksplozivnim naporima tijekom ulaska u bacanje, kontriranja i obrambenih reakcija, a sve skupa je važnije od same statične snage stiska šake. U kontekstu razvoja snage, vrijedi istaknuti da judo trening doprinosi jačanju cijelog lokomotornog sustava. Povećava se mišićna masa, gustoća kostiju te se ojačavaju mišići koji stabiliziraju zglobove, što omogućava sportašima da se lakše nose s čestim padovima i kontaktom. Istraživanje Katralli, Jyothi i Deshpande (2019.) dodatno potvrđuje ove tvrdnje. Autori su utvrdili da judaši, u usporedbi s netreniranom skupinom, pokazuju znatno višu mišićnu snagu, veću fleksibilnost te bolju agilnost, što sve ukazuje na prilagodbu motoričkog sustava zahtjevima juda. Ovi nalazi upućuju na to da judo trening ne razvija samo izolirane komponente kondicijske pripreme, već ih povezuje u funkcionalnu cjelinu korisnu za tehničko-taktičke zadatke na tatamiju (Katralli, Jyothi, Deshpande, 2019.).

Brzina izvođenja tehnike i agilnost (definirana kao sposobnost brzih promjena smjera kretanja) također su bitne u judu, osobito u lakšim težinskim kategorijama gdje borbe obiluju brzim akcijama i reakcijama. Judo borba je dinamična i zahtijeva brze reakcije, od brzog ulaska u bacanje do izbjegavanja protivnikove tehnike. Lech i sur. (2011.) u svome istraživanju istaknuli su kako su uspješniji juniori imali bolju frekvenciju pokreta i kraće reakcijsko vrijeme od manje uspješnih juniora. Brzina reakcije omogućuje judašu da prvi inicira napad ili da učinkovito kontrira protivniku. Također, agilnost je potrebna za izvođenje kombinacija tehnika i praćenje nepredvidivih kretnji protivnika. U ranije spomenutom radu Kuvačić, Krstulović i Đapić-Caput (2017.), agilnost se pokazala najvažnijom motoričkom varijablom za uspjeh u lakšim muškim kategorijama, naglašavajući da se borbe lakših judaša često odlučuju na temelju brzine i pokretljivosti. Agilni judaši mogu brže iskoristiti protivnikovu pogrešku i postići bod eksplozivnom primjenom tehnike bacanja.

Nadalje, trenažni proces u judu nastoji razviti brzinu kroz specifične vježbe i pliometrijske treninge. Kombinacija snage i brzine rezultira eksplozivnošću, koja je osnova za primjenu mnogih judo tehnika bacanja. Prema Franchini i sur. (2011. A), eksplozivna snaga nogu razlikuje vrhunske judaše od slabijih natjecatelja. Navedeno implicira kako je sposobnost generiranja eksplozivne sile u kratkom vremenu (primjerice, za brzi ulazak u bacanje i podizanje protivnika u bacanju) od presudne važnosti. Brzina se ne očituje samo u kretanju cijelog tijela, već i u brzini pojedinih pokreta. Jedan od primjera je brzina ruke pri povlačenju protivnika i narušavanju njegova težišta tijela ili brzina okreta kukovima u bacanju. Sve te komponente čine cjelokupan brzinski kapacitet koji judašu osigurava natjecateljsku prednost.

Koordinacija pokreta i ravnoteža spadaju među temeljne sposobnosti koje judo razvija i zahtijeva. Ključne su za precizno izvođenje tehnika i održavanje stabilnosti tijekom borbe (Sertić, Segedi 2013.). Judo se često opisuje kao "umijeće izbacivanja protivnika iz ravnoteže" što upućuje na dvostruki značaj ravnoteže. Judaš mora narušiti protivnikov ravnotežni položaj, a istovremeno očuvati ili brzo povratiti vlastiti ravnotežni položaj. Treninzi juda kroz vježbe padova, bacanja, izbjegavanja bacanja i dr., neprestano stimuliraju razvoj dinamičke ravnoteže i koordinaciju čitavog tijela. Perrin i sur. (2002.) proučavali su sposobnost održavanja posturalne ravnoteže kod iskusnih

judaša u usporedbi s plesačima i nesportašima. U testovima stajanja na ravnotežnoj platformi, judaši i plesači bili su bolji od kontrolne skupine pri otvorenim očima, što pokazuje pozitivan učinak treninga na senzomotoričke sposobnosti. No, pri zatvorenim očima, kada vizualna povratna informacija izostane, samo su judoke uspjele zadržati stabilnu ravnotežu značajno bolje od običnih ispitanika. To potvrđuje da judo trening izvanredno razvija propriocepciju i sposobnost održavanja ravnoteže oslanjajući se na signale iz mišića i vestibularnog sustava. Autori zaključuju da bavljenje judom, više nego ples, poboljšava senzomotoričku prilagodljivost vezanu uz kontrolu balansa. U praktičnom smislu, vrhunski judaš odlikuje se time da i u kaotičnim situacijama borbe rijetko gubi ravnotežu, odnosno uvijek ima ili pokušava zadržati dobru poziciju tijela, što je preduvjet uspješnog bacanja i obrane.

Koordinacija u judu očituje se u sposobnosti usklađenog djelovanja više dijelova tijela tijekom izvođenja tehnike. Primjerice, za bacanje je potrebno sinkronizirano pokretanje nogu, kukova, trupa i ruku u pravom trenutku. Lech i sur. (2011.) ističu kako su preciznost, ritam i sposobnost prilagodbe pokreta izuzetno važni za uspješnost u judu. U njihovu istraživanju pokazalo se kako bolje razvijene vrijednosti tih koordinacijskih komponenti pozitivno koreliraju s višom razinom borbene aktivnosti, što znači da judaši s boljom koordinacijom češće iniciraju napad i održavaju kontrolu u borbi. Trening u judu podrazumijeva velik broj složenih motoričkih zadataka, poput kombinacija tehnika bacanja, borbenih situacija i ponavljajućih specifičnih judo vježbi, koje intenzivno razvijaju koordinacijske sposobnosti. Posebno se izdvaja sposobnost tzv. kinestetičke diferencijacije, odnosno preciznog doziranja sile i pokreta u skladu s ciljem zadatka. Ova sposobnost omogućuje judašu da tijekom borbe osjeti male promjene u kretanju protivnika te da brzo prilagodi vlastite pokrete u skladu s tim informacijama, bez potrebe za svjesnim promišljanjem. Kinestetička diferencijacija važna je za finu regulaciju kretanja, primjerice pri doziranju intenziteta povlačenja, pravovremenom prebacivanju težine ili preciznoj izmjeni tempa pokreta, što je presudno u fazama napada, obrane i kontranapada (Lech i sur. 2011.). Sve ovo potvrđuje da su ravnoteža i koordinacija ključne komponente uspješnosti u judu, jer bez stabilnosti i kontrole pokreta ni najveća snaga ili brzina ne mogu doći do izražaja.

Fleksibilnost, definirana kao raspon pokreta u zglobovima, često se spominje kao korisna sposobnost u judu, premda ponekad njena važnost izgleda manje očita u odnosu na snagu ili izdržljivost. Međutim, fleksibilnost omogućuje veću amplitudu pokreta, što je posebno važno pri izvođenju određenih tehnika i izbjegavanju ozljeda (Sertić, Segedi 2013.). Istraživanja pokazuju da judaši imaju veću fleksibilnost od netreniranih vršnjaka, što je dijelom i rezultat treninga. U istraživanju Katralli, Jyothi i Deshpande (2019.) utvrđeno je da su iskusni judaši imali značajno veći opseg pokreta u odnosu na kontrolnu grupu, što potvrđuje da trening doprinosi boljoj fleksibilnosti. Zaključuju kako dobra pokretljivost zglobova omogućuje kvalitetnije izvođenje tehnika u napadu, obrani i kontranapadu. Ograničena pokretljivost u zglobovima mogla bi otežati pravilno izvođenje tehnike i smanjiti učinkovitost bacanja. S druge strane, osim što doprinosi boljoj izvedbi tehnike, fleksibilnost štiti od ozljeda. Elastični mišići i tetive lakše podnose nagla istezanja i manje su skloni rupturama. Dobra fleksibilnost povezana je i s manjom pojavom upale mišića nakon intenzivnog napora (Katralli, Jyothi, Deshpande, 2019.). Unatoč tim prednostima, neka istraživanja ukazuju da treneri ponekad smatraju fleksibilnost manje prioritetnom u treningu vrhunskih judaša. U anketi stručnjaka (Kuvačić, Krstulović, Đapić-Caput 2017.), fleksibilnost je ocijenjena najmanje važnom od devet motoričkih sposobnosti za uspjeh u judu. To može značiti kako se pretpostavlja da većina natjecatelja ima dostatan nivo fleksibilnosti te da daljnje povećanje ne donosi toliko benefit kao unapređenje snage, izdržljivosti ili brzine. Ipak, valja naglasiti kako dovoljno razvijena fleksibilnost predstavlja temelj jer bez nje bi izvođenje mnogih tehnika bilo ograničeno. Stoga bi se u treningu juda, fleksibilnosti trebala posvećivati pažnja kroz vježbe istezanja, održavajući potrebni raspon pokreta. Kako navode Katralli, Jyothi i Deshpande (2019.), kvalitetna tehnika u judu zahtijeva kombinaciju snage i fleksibilnosti. Primjerice, u njihovom istraživanju australski vrhunski judaši pokazuju povećanu snagu gornjeg dijela tijela ali i povećanu fleksibilnost u odnosu na opću populaciju. To potvrđuje da je optimalno imati uravnotežen razvoj svih motoričkih sposobnosti, uključujući fleksibilnost, kako bi judaš mogao učinkovito primijeniti svoje vještine bez ograničenja pokretljivosti.

Biomehaničke analize također potvrđuju važnost motoričkih sposobnosti u judu. U istraživanju Frassinelli i suradnika (2019.) korišteni su inercijalni senzori za kvantificiranje motoričkih sposobnosti tijekom izvođenja judo tehnika, naglašavajući važnost snage i koordinacije. Rezultati su pokazali da su izrazi sile i koordinacijske sposobnosti većine sportaša u skladu s njihovom tehničkom i borbenom iskustvom. Zanimljivo je da su korelacije između motoričkih sposobnosti i antropometrijskih karakteristika (visine i težine) bile prisutne u samo 6,7% parova, što sugerira da su tehničke i motoričke sposobnosti relativno neovisne o tjelesnim dimenzijama.

1.9. MOTORIČKE SPOSOBNOSTI I OPTIMALNA DOB ZA NJIHOV RAZVOJ

Prema Sertiću (2004.) u hipotetskoj jednadžbi specifikacije za uspješnost u judu promatrajući samo motorički prostor najzaslužnije sposobnosti su snaga, koordinacija, brzina, fleksibilnost, ravnoteža i preciznost. Međutim, kada govorimo o mlađim dobnim skupinama kao što su to kadeti, kojim se ovaj rad bavi, redoslijed je drugačiji te je koordinacija na prvom mjestu (Sertić, 2004.).

Razvoj motoričkih sposobnosti snažno je povezan s fazama rasta i puberteta. U praksi se često ističe da je razdoblje približno od šeste do dvanaeste godine „zlatno doba“ za usvajanje motoričkih vještina i finu koordinaciju. Literatura i razvojni modeli navode kako se većina tehnika i koordinacijskih sposobnosti najbolje usavršava prije puberteta (Solum, Lorås i Pedersen, 2020.).

U skladu s time, koordinacija i ravnoteža značajno se poboljšavaju tijekom rane i srednje dječje dobi. Primjerice, Karadeniz i sur. (2024.) su u uzorku djece od 5 do 14 godina utvrdili da su rezultati na testu ravnoteže (KTK) progresivno rasli s godinama odnosno starija djeca imala su znatno bolje rezultate od mlađe djece. Ova je dobna faza stoga optimalna za vježbe ravnoteže i koordinacije, jer je dječji mozak još vrlo „plastičan“ i uči motoričke obrasce bez teže tjelesne iscrpljenosti.

Slično tome, istraživanje Demiral (2011.) pokazalo je da edukativne judo prakse pozitivno utječu na razvoj motoričkih sposobnosti kod djece u dobi od 7 do 12 godina, gdje je nakon 12-mjesečnog programa juda zabilježeno poboljšanje ravnoteže, brzine, koordinacije te snage stiska šake i leđa kod djece koja treniraju judo u odnosu na netreniranu djecu. Takva poboljšanja sposobnosti rezultat su zahtjevnih višesmjernih pokreta u judu, koji angažiraju različite motoričke komponente.

Istraživanje Protic-Gava, Drid i Krkeljas (2019.) naglašava važnost sustavnog bavljenja judom u dobi od 12 do 14 godina, kao ključnom razdoblju za razvoj motoričkih sposobnosti. Uspoređujući skupinu od 148 mladih judaša s vršnjacima koji su sudjelovali isključivo u redovnoj nastavi tjelesne i zdravstvene kulture, autori su utvrdili statistički značajne prednosti u korist judaša u nizu motoričkih i posturalnih pokazatelja. Judaši su pokazali bolju funkcionalnu koordinaciju pokreta, što je presudno za usvajanje i primjenu tehnički zahtjevnih judo bacanja i obrambenih tehnika. Također su ostvarili bolje rezultate u testovima eksplozivne snage donjih ekstremiteta (poput skoka u dalj s mjesta), čime je potvrđena njihova sposobnost brze generacije sile koja predstavlja važnu komponentu za inicijaciju bacanja. Uz to, utvrđena je veća fleksibilnost i izometrička izdržljivost, posebno u području zdjelice, što doprinosi stabilnosti i kontroli tijela u borbi. Konačno, judaši su imali bolju posturalnu usklađenost od netreniranih vršnjaka, što smanjuje rizik od ozljeda i povećava biomehaničku učinkovitost. Ovi nalazi jasno ukazuju na to da je rana adolescencija izuzetno pogodno razdoblje za ciljani razvoj temeljnih motoričkih sposobnosti kroz judo, jer sustavni trenažni proces u tom uzrastu donosi višestruke koristi za motorički razvoj i ukupnu funkcionalnu spremnost djece (Protic-Gava, Drid, Krkeljas 2019.).

Osim kod djece, razlike u razini razvoja motoričkih sposobnosti uočljive su i unutar populacije mladih judaša različite dobi i iskustva. Lolić i Nurkić (2011.) usporedili su motoričke sposobnosti kadeta (~16 godina) i juniora (~19 godina) te utvrdili da juniori postižu značajno bolje rezultate u većini testova. Osobito se ističe veća eksplozivna snaga, repetitivna snaga i koordinacija kod starijih, iskusnijih judaša. Ovi rezultati sugeriraju da se kontinuiranim treningom i sazrijevanjem motoričke sposobnosti dodatno razvijaju, što starijim natjecateljima daje prednost. Zato je izuzetno važno da se

specifične motoričke sposobnosti za judo, poput koordinacije pokreta u borbi, eksplozivne snage za brze ulaske u bacanje i kontranapade, te repetitivne snage za učestalo ponavljanje takvih napada u visoko intenzivnom ritmu borbe, ciljano razvijaju kroz sve faze sportskog razvoja, od dječje i kadetske do juniorske razine. Takav pristup omogućuje judašima da dugoročno izgrade funkcionalnu motoričku osnovu nužnu za natjecateljski uspjeh. Zanimljivo, razlike u fleksibilnosti i pojedinim brzim pokretima nisu bile statistički značajne između kadeta i juniora (Lolić, Nurkić 2011.), što može upućivati na to da se neke sposobnosti, poput fleksibilnosti, mogu razviti već u mlađoj dobi, dok se druge poput snage i koordinacije usavršavaju s duljim, kontinuiranim i dobro planiranim i programiranim treningom.

U pubertetu i kod adolescenata, s promjenama hormonalnih razina, dolazi do značajnih ubrzanja u razvoju snage i brzine. Hormonski porast testosterona i drugih anaboličkih hormona u pubertetskoj fazi mladih potiče brzu akumulaciju mišićne mase i snage. Xu i suradnici (2021.) zaključuju da mišićna masa i snaga „brzo rastu od djetinjstva do puberteta i dosežu vrhunac u ranim odraslim godinama“. Možemo reći kako su pubertetski rast i period neposredno nakon njega (prva dva desetljeća života) ključni su za razvoj maksimalne snage. Budući da muške osobe u pravilu dosegnu maksimum snage tek oko sredine dvadesetih, optimalni treninzi snage usmjereni su na adolescentsko doba i rane dvadesete, nakon vrhunca visinskog rasta (Xu i sur. 2021.).

Razvoj brzine (sprint i ubrzanja) također se odvija u etapama. Prema dugoročnoj LTAD⁹ teoriji, uočene su dvije „osjetljive faze“ za razvoj brzine kod dječaka, jedno prije puberteta (otprilike sedam do devet godina) i drugo u srednjoj adolescenciji (otprilike trinaest do 16 godina). Prva faza povezana je s razvojem koordinacije i osnovne brzine bez velike mase, dok druga odgovara pubertetskom skoku u snazi. Drugim riječima, djeca u ranoj školskoj dobi mogu relativno brzo poboljšati sprint-brzinu (koordinacija pokreta), dok adolescenti doživljavaju novi val poboljšanja brzine trčanjem i eksplozivnom snagom nakon puberteta (Van Hooren, De Ste Croix, 2020.).

9 LTAD je kratica za Long-Term Athlete Development, odnosno dugoročni razvoj sportaša. To je teorijski i praktični model koji opisuje kako se sportaši najbolje razvijaju kroz različite faze od djetinjstva do vrhunskog sporta, uzimajući u obzir njihove psihofizičke karakteristike i faze rasta i razvoja

Aerobna izdržljivost (aerobni kapacitet) kontinuirano raste tijekom puberteta i postiže vrhunac nešto kasnije nego snaga. Dugoročni razvojni modeli sugeriraju da je najpogodnije vrijeme za uvježbavanje aerobnog kapaciteta neposredno prije i tijekom puberteta (Van Hooren, De Ste Croix, 2020.).

Geithner i sur. (2004.) pokazuju da se maksimalni primitak kisika (VO_2 MAX) drastično povećava u adolescenciji, s najvećim porastom oko 12,3 godine kod djevojčica i 14,1 godine kod dječaka. To znači da pretpubertet i rano pubertetsko razdoblje karakterizira najveća pozitivna prilagodba na aerobni trening. Razvojem plućnih kapaciteta i mišićnog cikličkog rada do kasne tinejdžerske dobi, mladi postižu svoju najveću aerobnu sposobnost, nakon čega blago stagnira ili opada (Geithner i sur. 2004.).

Sva prethodna istraživanja upućuju na to kako postoji potreba da se pokuša preciznije identificirati kolike su razlike u koordinaciji i ravnoteži kod kadeta judaša, kao i kako umor utječe na izvedbu bacanja s obzirom na njihovu razinu treniranosti. Takva saznanja omogućila bi kvalitetniju dijagnostiku motoričkih sposobnosti, a ujedno bi poslužila kao temelj za oblikovanje učinkovitijih, individualiziranih trenažnih programa. Na taj bi se način sustavno utjecalo na poboljšanje tehničko-taktičke izvedbe te razvoj cjelokupne funkcionalne pripremljenosti mladih judaša u skladu s njihovim razvojnim i natjecateljskim potrebama.

1.10. KLJUČNE MOTORIČKE SPOSOBNOSTI ZA IZVEDBU BACANJA

Raznolikost i kompleksnost judo bacanja postavljaju visoke zahtjeve pred motorički sustav sportaša, što nužno podrazumijeva razvoj širokog spektra motoričkih sposobnosti. Literatura ističe da u kontekstu judo borbe ključnu ulogu imaju ravnoteža, koordinacija, snaga, brzina i izdržljivost (Kostovski, Mikić i Kostovska, 2012.).

Međutim, fleksibilnost kao i aerobna i anaerobna izdržljivost nisu zanemarivi faktori za uspjeh u judo borbi (Rajkiran, 2019.).

Može se reći kako izvedba tehnika bacanja u judu kao pokret zahtijeva izuzetno koordiniran i eksplozivan angažman cijelog tijela. Prema kliničkim profilima judaša,

posebno su važne snaga i eksplozivnost. Kod vrhunskih judaša razlikuje se veća dinamička snaga nogu i trupa u odnosu na rekreativce (Franchini i sur. 2011.A).

Eksplozivna snaga omogućuje generiranje velike sile u kratkom vremenu kod iniciranja bacanja (brzi ulasci u bacanje, brzo podizanje kukova), dok izdržljivost u snazi omogućuje judašu da više puta tijekom intenzivne borbe ponovi napade bez gubitka učinkovitosti (Kostrzewa i sur. 2020.).

Značaj snage potvrđuje i sustavna pretraga Kowalczyk i suradnika (2025.) koji su utvrdili kako višemjesečni judo trening dovodi do značajnog povećanja mišićne snage i brzine, uz poboljšanje izdržljivosti. Drugim riječima, snaga ruku i trupa ključna je za podizanje i kontroliranje protivnika prilikom bacanja, a snaga nogu za odgurivanje i promjenu položaja.

Također, Sterkowicz i sur. (2011.) proveli su istraživanje u kojem su usporedili relativnu mišićnu snagu mladih elitnih judaša i njihovih vršnjaka nesportaša, kako bi utvrdili funkcionalne razlike ključne za sportsku izvedbu. Ispitanici judaši, s višegodišnjim trenažnim iskustvom i značajnim natjecateljskim uspjesima, pokazali su statistički značajno veću snagu u mišićnim skupinama važnima za izvedbu judo tehnika, osobito u ekstenzorima koljena, fleksorima i ekstenzorima laktova i ramena. Unatoč tome što ukupna relativna snaga nije bila značajno viša, judaši su pokazali specifičan uzorak raspodjele snage koji je usmjeren na funkcionalne zahtjeve judo borbe. Autori ističu kako učinkovita izvedba bacanja pored snage zahtjeva visoku razinu neuromuskularne koordinacije između različitih dijelova tijela, osobito pri izvođenju bacanja i prijelaza iz obrane u napad. Time se potvrđuje da uz razvoj snage, jednako važnu ulogu ima i koordinacija, koja omogućava precizno i učinkovito angažiranje snage u zahtjevnim borbenim situacijama.

Brzina i agilnost gotovo su podjednako važni u izvedbi bacanja. Tehnike judo bacanja moraju biti izvedene brzo i pravodobno, kako bi se protivnika izbacilo iz ravnotežnog položaja kroz *kuzushi* fazu bacanja prije nego li se pripremi za kontrakciju i pokušaj kontranapada. Agilnost se smatra jednom od najvažnijih motoričkih sposobnosti u kompleksnim sportskim radnjama u koju su uključena i judo bacanja. Brzi pokret, poput naglog okreta tijela ili trzaja rukama, olakšava ulazak u tehniku bacanja. Uz to,

potrebna je i brza reakcija na pomak protivnika, što opet spada u opću koordinaciju i refleksne sposobnosti. U literaturi se navodi da dobro razvijena brzina i agilnost omogućuju više uspješnih ulazaka u bacanje tijekom meča (Čuk, Bratić, Mučibabić, 2016.).

Nadalje, fleksibilnost dodatno povećava učinkovitost bacanja. Širok opseg pokreta olakšava izvođenje tehnika. Sertić, Sterkowicz i Vuleta (2009.) navode kako je fleksibilnost ramena i kuka posebno značajna za postizanje maksimalnog kuta prilikom zahvata protivnikove noge ili tijela, te za sigurnije izvođenje obrambenih manevara odnosno pokreta. Bez dovoljno razvijene fleksibilnosti, posebno trupa i kukova, bacanje se izvodi „kruto“ i gubi se preciznost i brzina tehnike. Dakle, treniranje fleksibilnosti omogućuje judašima da efikasnije izvedu tehniku bacanja i bolje amortiziraju pad odnosno obrani se od bacanja protivnika.

Koordinacija cijelog tijela i ravnoteža osnova su tehničke preciznosti. Kompleksna složena bacanja zahtijevaju usklađeno gibanje ruku, kukova i nogu u pravom trenutku. Sertić, Sterkowicz i Vuleta (2009.) ističu da sposobnost izvođenja složenih motoričkih zadataka eksplozivno-brzog tipa, odnosno koordinacija pokreta, znatno doprinosi uspješnosti u stojećem stavu. Možemo reći kako su precizno tempiranje i sinhronizacija kretnji, kada ruke povlače, kukovi okreću, a noge održavaju ravnotežni položaj, ključni za efektivno bacanje.

Dobro razvijena ravnoteža u dinamičkim i statičkim uvjetima odnosno sposobnost održavanja ravnotežnog položaja prilikom izvedbe bacanja nužna je za pravilnu izvedbu bacanja. Stabilnost trupa u napadu i brza prilagodba ravnotežnog položaja objašnjava se većim mišićnim tonusom i koordinacijom dubokih mišića, što judaši kontinuiranim i ciljanim treningom poboljšavaju (Kowalczyk i sur. 2025.).

Izvedba kvalitetnog bacanja u judu zahtijeva kombinaciju nekoliko ključnih motoričkih sposobnosti. Veliku eksplozivnu snagu i izdržljivost u snazi za iniciranje bacanja, visoku brzinu i agilnost za brz ulazak u tehniku bacanja, te vrhunsku koordinaciju i ravnotežu za usklađeno izvođenje i kontrolu protivnika nakon bacanja. Uz to, dobra fleksibilnost omogućuje bolju tehničku izvedbu bacanja.

Međutim, kao što ističe Segedi (2011.) judo kao sport karakterizira visoka kompleksnost strukture natjecanja i izvedbenih zahtjeva, što proizlazi iz njegovog sustava podjele na spolove, dobne skupine i težinske kategorije. Svaka od tih dimenzija unosi specifične biomehaničke, fiziološke i taktičke zahtjeve koji utječu na pripremu i izvedbu judaša. Uz nužan visoki stupanj razvijenosti motoričkih sposobnosti poput prethodno navedenih, uspješnost u judu dodatno je determinirana nizom drugih čimbenika. Među njima se posebno ističu morfološke karakteristike sportaša, tehničko-taktička pripremljenost, kao i odabir specifičnih tehnika bacanja koje su u skladu s individualnim sposobnostima i zahtjevima borbe. U tom kontekstu, razumijevanje odnosa između težinske kategorije i dominantnih motoričkih osobina postaje ključno za pravilno usmjeravanje trenažnog procesa i optimizaciju izvedbe na borilištu.

Analizom rezultata važnosti i primjenjivosti tehnika bacanja u različitim težinskim kategorijama, Segedi (2011.) je utvrdio jasne i logične zakonitosti koje ukazuju na postojanje dvije distinktivne grupe natjecatelja u judu: 1) lakše do srednje težinske kategorije (do 60 kg, do 66 kg, do 73 kg i do 81 kg) te 2) teže težinske kategorije (do 90 kg, do 100 kg i preko 100 kg). Prema provedenoj faktorskoj analizi, između ovih dviju skupina varijabli ustanovljena je statistički značajna povezanost, što podupire ideju o podjeli težinskih kategorija na osnovi biomehaničkih i funkcionalnih zahtjeva specifičnih za svaku skupinu. U lakšim i srednjim kategorijama natjecanja dominiraju brzinsko-eksplozivne motoričke sposobnosti, što je u skladu s tehnikama bacanja koje zahtijevaju veliku agilnost, brzinu reakcije i eksplozivnu snagu pri ulasku u bacanje. S druge strane, u težim kategorijama značajniju ulogu imaju apsolutna snaga i tjelesna masa, koje omogućuju stabilnost, kontrolu i efikasnost u izvođenju snažnih, ali često tehnički jednostavnijih bacanja. Ova biomehanička i motorička distinkcija izravno utječe na odabir tehnike i taktičkog pristupa borbi. Naime, natjecatelji lakših kategorija češće koriste dinamičnije i tehnički kompleksnije bacanja, dok se teže kategorije oslanjaju na stabilniji gard i tehniku koja uključuje dominaciju u kontaktu i manipulaciji protivnikovom ravnotežom (Segedi 2011.). Ove razlike u motoričkom profilu potvrđuju i prethodna istraživanja (Franchini, Takito, Bertuzzi, 2005.; Jagiello, Kalina, Korobelnicow, 2007.), koja pokazuju kako morfološke karakteristike u velikoj mjeri određuju biomehaničke mogućnosti izvođenja tehnike. Također, prema Segedi (2011.), ove dvije grupe ne

razlikuje samo tehnički repertoar, već i stil vođenja borbe. Judaši u lakšim i srednjim kategorijama često vode borbu s većim brojem napada i promjenom ritma, dok se u težim kategorijama borba često svodi na fizičku nadmoć, kontrolu i snagu. Posebno je zanimljiva napomena kako su prijelazi između ovih dviju težinskih grupa rijetki, a uspjesi judaša koji su osvajali odličja u obje grupe predstavljaju iznimku. Jedan od rijetkih primjera je Waldemar Legien, poljski judaš koji je osvojio zlatne medalje na Olimpijskim igrama u Seoulu 1988. (kategorija do 78 kg – srednja skupina) te u Barceloni 1992. (kategorija do 86 kg – teža skupina), čime je dokazao da se uspješna prilagodba između različitih zahtjeva težinskih skupina može ostvariti, ali iziskuje iznimne motoričke i tehničke sposobnosti te dobro osmišljen prijelazni trenažni proces (Segedi, 2011.).

Promatrajući izvedbu tehnika bacanja u kontekstu motoričkih zadataka može se reći kako su ravnoteža i koordinacija nerazdvojne motoričke sposobnosti (Saini, Dubey, Vishwakarma, 2025.). Hrysomallis (2011.) u svom radu dodatno podupire ovu tvrdnju ističući kako ravnoteža utječe na učinkovitost izvedbe, ali i prevenciju ozljeda, osobito u sportovima s visokim zahtjevima za koordinaciju i kontrolu tijela, kao što je judo. Prema Sertiću (2004), koordinacija zauzima prvo mjesto po važnosti među motoričkim sposobnostima kod mlađih judaša. Tijekom razvoja judaša kadetske dobi, ravnoteža i koordinacija ističu se kao jedne od ključnih motoričkih sposobnosti za uspješno izvođenje bacanja. Meta-analiza Kowalczyk i sur. (2025) pokazuje da judaški trening kod djece i adolescenata značajno poboljšava koordinaciju i ravnotežu u usporedbi s vršnjacima. To potkrepljuju Saini, Dubey i Vishwakarma (2025) u svojoj meta-analizi gdje ističu da intervencije koordinacijskog treninga, koji uključuju treninge ravnoteže, ritma, agilnosti i propriocepcije, značajno poboljšavaju motoričku koordinaciju kod mladih sportaša, osobito u dobi od 9 do 16 godina.

Upravo zato su ravnoteža i koordinacija prepoznate kao temeljne varijable u ovom istraživanju s ciljem boljeg razumijevanja kinematičke strukture bacanja kod judaša kadetskog uzrasta.

1.11. UMOR KAO OGRANIČAVAJUĆI FAKTOR U JUDU

Fiziološki umor predstavlja privremeno smanjenje sposobnosti organizma da proizvodi silu ili učinak uslijed ponovljenog ili intenzivnog napora. Bestwick-Stevenson i sur. (2022.) definiraju ga kao slabost nakon ponovljenog napora ili smanjenu reakciju stanica i tkiva nakon pretjerane aktivnosti.

Nadalje, Yan i sur. (2022.) napominju da se fiziološki umor manifestira padom motoričkih sposobnosti. Prema etiologiji, vježbom izazvani umor dijeli se na *centralni* (promjene u centralnom živčanom sustavu i signalizaciji iz mozga prema mišićima) i *periferni* (lokalni mišićni zamor). Drugim riječima, umor nastaje uslijed sakupljanja neurokemijskih i metaboličkih čimbenika (poput laktata, kalijevih iona i smanjene dostupnosti ATP-a) te smanjene neuromuskularne aktivacije, što otežava daljnju proizvodnju snage (Yan i sur. 2022.).

Umor značajno narušava koordinacijsku preciznost i obrasce kretanja. Studije pokazuju da pojava umora mijenja uzorke gibanja i povećava varijabilnost pokreta. Na primjer, Cowley i Gates (2017.) su u repetitivnom zadatku izazivanja umora muskulature primijetili promjene u pokretima trupa i ekstremiteta, na način da je nakon pojave umora mišića središnjeg dijela tijela značajno porastao zamah trupa, dok je pri distalnom umoru uočeno ranije ispužanje zapešća.

Nielsen i sur. (2018.) pokazali su da lokalni umor mišića natkoljenice (kvadricepsa) u sprintu dovodi do pada snage ispužanja (ekstenzije) koljena (–34%) i smanjenja snage u kuku i gležnju.

Što se tiče snage, neuromuskularni zamor dovodi do smanjenja maksimalne i izdržljive snage mišića. U literaturi se neuromuskularni umor definira kao smanjenje maksimalne sile koju mišić može razviti ili nemogućnost održavanja potrebne snage (Bestwick-Stevenson i sur. 2022.). U praksi to bi značilo da će umoran judaš ostvariti manju maksimalnu silu hvata garda, raskidanja garda, povlačenja ili potiska protivnika.

Detanico i sur. (2015.) proveli su simulirane judo borbe i utvrdili da čak nakon dva-tri uzastopna meča značajno opada maksimalni moment ramena i skok u vertikalni skok ($p < 0,01$). Također, utvrdili su da je umor povezan s povećanim markerima

oštećenja mišića odnosno da su povišene vrijednosti enzima kreatin kinaze (CK) i laktat dehidrogenaze (LDH), što indicira periferni umor i oštećenje. Ukratko, umor smanjuje snagu hvata, potiska i eksplozivne kontrakcije mišića, čime direktno utječe na izvedbu tehnike i učinkovitost.

Eksplozivna snaga posebno je osjetljiva na pojavu umora. Kretanja koja uključuju naizmjenične cikluse istezanja–skraćivanja (na primjer skokovi ili brzo uključivanje mišića za izbacivanje protivnika iz ravnotežnog položaja) bitna su za pravilnu izvedbu tehnike bacanja.

Monteiro i sur. (2024.) ističu da izvođenje judo tehnika zahtijeva visoku razinu eksplozivne snage i preciznu koordinaciju pokreta u zglobovima. Učestali pokreti ubrzavanja tijekom borbe dovode do neuromuskularnog umora, što smanjuje sposobnost mišića da se učinkovito odupre istezanju i usporava prijelaz iz faze kočenja (ekscentrične kontrakcije) u fazu potiska (koncentrične kontrakcije).

Nadalje, D'Emanuele i suradnici (2024.) su utvrdili kako razvoj sile (engl. *rate of force development*, RFD) značajno opada u umoru. Zabilježili su pad RFD vrijednosti i povećanje varijabilnosti sila (približno 15% više oscilacija) uslijed pojave umora, što je rezultiralo lošijom kontrolom i nižom proizvodnjom sile. Kada pričamo o judašima, to bi značilo kako umoran judaš u odnosu na odmornog pojačano gubi sposobnost brzih i preciznih trzaja, povlačenja, i hvatova protivnika u visoko intenzivnom ritmu borbe.

Definicija fiziološkog umora i spomenuti eksperimentalni nalazi potvrđuju da umor smanjuje snagu, eksplozivnost i preciznost pokreta što bi u energetski zahtjevnoj borbi značilo gubitak kontrole i sporije izvođenje tehnika. Računajući specifičnosti bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*, postaje očito za pretpostaviti da će umor smanjiti ključne komponente svake tehnike. Ova pretpostavka osobito dolazi do izražaja kada se uzmu u obzir razlike u razini treniranosti judaša. Judaši s višim stupnjem kondicijske pripremljenosti i boljom tehničkom uvježbanosti uspješnije će kompenzirati negativne učinke umora i zadržati veću preciznost i učinkovitost u izvođenju tehnika, čak i u kasnijim fazama borbe. Nasuprot tome, kod judaša s nižom razinom treniranosti umor će brže dovesti do pada kvalitete izvedbe, narušit će se mehanika pokreta, snaga ulaska u bacanje, koordinacija i vrijeme reakcije, što može

rezultirati neuspješnim pokušajem bacanja ili gubitkom kontrole u borbi. S obzirom na složenost spomenutih tehnika bacanja koje zahtijevaju visoku razinu koordinacije, eksplozivnosti i ravnoteže, umor može značajno kompromitirati njihovu izvedbu, osobito kod natjecatelja koji nisu na visokom kondicijskom nivou.

Ovim istraživanjem nastojat će se pomoći trenerima i znanstvenicima da prepoznaju ključne točke gdje umor najviše narušava izvedbu bacanja. Nadalje, analizom kinematičkih parametara prilikom izvođenja bacanja u stanju odmora nasuprot izvođenju bacanja nakon izazivanja umora doprinijet će boljem razumijevanju kako umor ometa tehniku, što može voditi optimizaciji treninga i pripreme judaša za realne natjecateljske uvjete. Osim toga, uvid u ulogu motoričkih sposobnosti koje se najintenzivnije razvijaju u ranijoj dobi, poput koordinacije i ravnoteže, omogućit će trenerima procjenu u kojoj mjeri te sposobnosti pridonose održavanju kvalitete izvedbe bacanja u uvjetima umora te mogu li djelovati kao zaštitni čimbenik protiv smanjenja učinkovitosti.

Zaključno, temeljem dosadašnjih saznanja, može se uočiti problem nedovoljne zastupljenosti istraživanja koja povezuju motoričke sposobnosti (posebice ravnotežu i koordinaciju) i umor s kinematičkom preciznošću izvedbe judo bacanja. U kontekstu natjecateljskog juda, gdje se tehnike moraju izvoditi brzo, precizno i pod uvjetima umora, ovaj nedostatak predstavlja izazov za trenere i sportaše. Moguće rješenje ovog problema je analiza povezanosti ravnoteže, koordinacije i utjecaja umora s kinematičkim parametrima izvedbi tehnika bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*. Ovo istraživanje je opravdano jer bi njegovi nalazi mogli omogućiti dublje razumijevanje faktora koji utječu na tehničku učinkovitost u realnim sportskim uvjetima, čime se doprinosi optimizaciji trenažnog procesa i unapređenju sportske izvedbe u judu.

2. CILJEVI I HIPOTEZE

Temeljem problema identificiranog u prethodnom poglavlju, definirani su cilj te izvučene hipoteze za istraživanje.

2.1. CILJ

Cilj ove disertacije je utvrditi povezanost razine ravnoteže, koordinacije i kinematičkih karakteristika prilikom izvođenja bacanja prije i nakon izazivanja umora između judaša različitog kvalitativnog nivoa treniranosti.

2.2. HIPOTEZE

Iz cilja proizlaze tri hipoteze:

- H1 – postoji statistički značajna razlika u ravnoteži, koordinaciji i kinematičkim karakteristikama prilikom izvođenja tehnika bacanja kod judaša različitog kvalitativnog nivoa treniranosti
- H2 – viša razina treniranosti ravnoteže i koordinacije statistički značajno utječe na pozitivne kinematičke karakteristike prilikom izvođenja bacanja
- H3 – postoji statistički značajna razlika u kinematičkim karakteristikama izvedaba tehnika bacanja prije i nakon umora, a razlika u kinematičkim karakteristikama bacanja nakon umora bit će statistički značajno manja kod grupe judaša višeg kvalitativnog ranga u odnosu na judaše nižeg kvalitativnog ranga.

3. METODE RADA

3.1. UZORAK ISPITANIKA

Prilikom odabira kandidata isti su upoznati s ciljevima i protokolom istraživanja. Detaljno su objašnjeni protokoli mjerenja, što se istima želi postići i koliki je rizik ozljeđivanja u provođenju protokola. Punoljetnim ispitanicima dat je obrazac kojim pristaju na sudjelovanje u istraživanju, a za maloljetne ispitanike potpisali su njihovi roditelji odnosno skrbnici koji su također u potpunosti upoznati s projektom.

Uzorak ispitanika obuhvaća 30 judaša kadeta (tablica 1) koji su zadovoljili tri unaprijed definirana kriterija za uključivanje u istraživanje.

- **Prvi kriterij** - judaši dobnog uzrasta kadeta (17.09 ± 0.8) koji se natječu u četiri težinske kategorije (do 60 kg, do 66 kg, do 73 kg i do 81 kg).
- **Drugi kriterij** - svi ispitanici imaju najmanje učenički zeleni pojas (5 kyu¹⁰) i aktivno treniraju judo najmanje 5 godina.
- **Treći kriterij** – svi ispitanici su zdravi i u posljednjih godinu dana nisu imali ozljede lokomotornog sustava.

Istraživanje je odobreno od strane Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u skladu sa Helsinškom deklaracijom pod brojem 29/2021.

Tablica 1. Osnovni deskriptivni pokazatelji uzorka ispitanika

VARIJABLA	N	AS	MIN	MAX	ST.DEV.
GODINE ŽIVOTA	30	17,09	15,85	18,56	0,80
TJELESNA TEŽINA	30	72,81	58,70	83,90	6,52
TJELESNA VISINA	30	178,60	169,60	190,60	5,60

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

10 Kyu pojasevi u judu označavaju početničke pojaseve i pojaseve srednje razine znanja i vještina prije prelaska na majstorske pojaseve odnosno pojaseve *dan* razine.

Nakon odabira kandidata (n=30) ispitanici su podijeljeni u grupe sukladno kriteriju za određivanje kvalitativnog nivoa treniranosti odnosno kvalitetni.

Kriterij za određivanje kvalitativnog nivoa treniranosti - rezultat na prvenstvima Hrvatske (za kadete, juniore i seniore) i službenim međunarodnim natjecanjima (europski kadetski kupovi, europsko kadetsko prvenstvo i svjetsko kadetsko prvenstvo), prema slijedećem:

- ispitanici osvajači medalja i ostvarenim plasmanom (5. i 7. mjesto) na spomenutim natjecanjima - **grupa 1**
- ispitanici bez medalje i bez plasmana na spomenutim natjecanjima - **grupa 2**

Podaci o ostvarenim rezultatima na natjecanjima uzeti su sa službenih internetskih stranica Hrvatskog judo saveza, Europske judo unije i Svjetske judo federacije.

Sukladno kriteriju za određivanju kvalitativnog nivoa treniranosti ispitanici su raspoređeni u dvije grupe:

- **grupa 1 (G1) – kvalitetni judaši – n=14** (tablica 2)
- **grupa 2 (G2) – manje kvalitetni judaši – n=16** (tablica 3)

Tablica 2. Osnovni deskriptivni pokazatelji kvalitetnih judaša (G1)

VARIJABLA	N	AS	MIN	MAX	ST.DEV.
GODINE	14	17,08	16,11	18,48	0,77
TJELESNA MASA	14	76,02	67,60	83,90	5,61
TJELESNA VISINA	14	180,01	170,80	190,60	6,24

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

Tablica 3. Osnovni deskriptivni pokazatelji manje kvalitetnih judaša (G2)

VARIJABLA	N	AS	MIN	MAX	ST.DEV.
GODINE	16	17,09	15,85	18,56	0,85
TJELESNA MASA	16	70,00	58,70	81,10	6,07
TJELESNA VISINA	16	177,36	169,60	183,60	4,83

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

3.2. UZORAK VARIJABLI

3.2.1. Testovi za procjenu ravnoteže

Ukupno je primijenjeno šest testova za procjenu ravnoteže temeljem kojih je generirano osamnaest (18) varijabli za procjenu ravnoteže. Svaki test ponavljao se tri puta, a za analizu rezultata uzimala se prosječna vrijednost rezultata tri testa.

3.2.1.1. Stajanje na desnoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu s otvorenim očima – MBAU10_D

Ispitanik stane bosonog stopalom desne noge uzdužno na klupicu, a ruke ima uz tijelo na način da dlanovima dodiruje bedra. Na znak za početak težinu prebacuje na stajnu nogu (desnu) na klupici, podiže lijevu nogu u zrak i zadržava ravnotežni položaj. Zadatak se prekida ako ispitanik odvoji bilo koju ruku od tijela, bilo kojom nogom dodirne pod ili klupicu ili nakon što stoji u ravnotežnom položaju 120 sekundi. Rezultat se mjeri u sekundama i duže vrijeme predstavlja bolji rezultat s time da je maksimalno vrijeme koje se mjeri 120 sekundi. Zadatak se ponavlja tri puta (Metikoš i sur. 1989.). (slika 1.)

Ovim testom generirana je varijabla za procjenu ravnoteže - **STAJANJE NA DESNOJ NOZI UZDUŽNO NA KLUPICI ZA RAVNOTEŽU S OTVORENIM OČIMA - MBAU10_D**

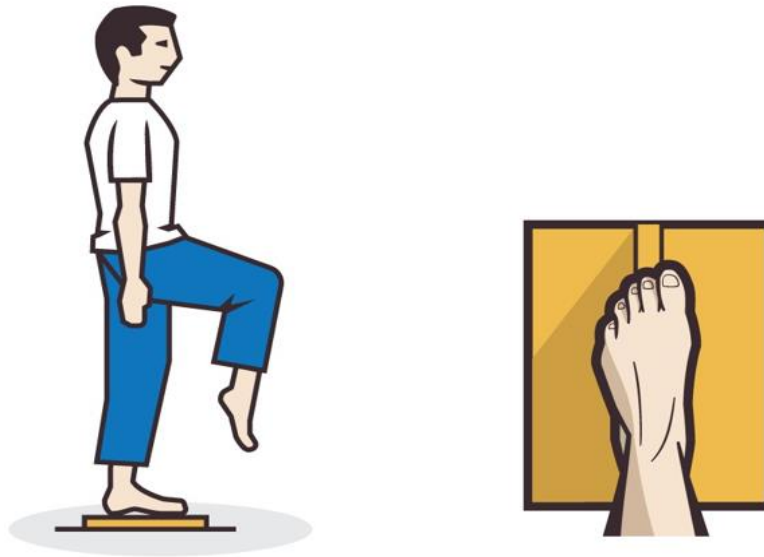


Slika 1. Test stajanje na desnoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu
s otvorenim očima -MBAU10_D

3.2.1.2. Stajanje na lijevoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu s otvorenim očima – MBAU10_L

Ispitanik stane bosonog stopalom lijeve noge uzdužno na klupicu, a ruke ima uz tijelo na način da dlanovima dodiruje bedra. Na znak za početak težinu prebacuje na stajnu nogu (lijevu) na klupici, podiže desnu nogu u zrak i zadržava ravnotežni položaj. Zadatak se prekida ako ispitanik odvoji bilo koju ruku od tijela, bilo kojom nogom dodirne pod ili klupicu ili nakon što stoji u ravnotežnom položaju 120 sekundi. Rezultat se mjeri u sekundama i duže vrijeme predstavlja bolji rezultat s time da je maksimalno vrijeme koje se mjeri 120 sekundi. Zadatak se ponavlja tri puta, a vrijeme između ponavljanja testa traje koliko je ispitaniku potrebno da ponovno zauzme početni položaj (Metikoš i sur. 1989.). (slika 2.)

Ovim testom generirana je varijabla za procjenu ravnoteže - **STAJANJE NA LIJEVOJ NOZI UZDUŽNO NA KLUPICI ZA RAVNOTEŽU S OTVORENIM OČIMA - MBAU10_L**



Slika 2. Test stajanje na lijevoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu s otvorenim očima - MBAU10_L

3.2.1.3. Stajanje na desnoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi – G_O_D

Mjerenje u testu G_O_D rađeno je pomoću uređaja GYKO (detaljnije opisan u poglavlju „mjerni instrumenti”). Nakon što se GYKO instrument postavi na ispitanika ispitanik staje bosonog na judo strunjaču u početnu poziciju, stav spojeni, ruke uz tijelo i na znak mjeritelja za početak zauzima poziciju za mjerenje; podiže lijevu nogu od poda i pokušava što mirnije stajati na desnoj nozi (slika 3.). Lijeva noga, koja je u zraku, ne smije dodirnuti pod ili stajnu desnu nogu, a ruke se mogu kretati slobodno kako bi se zadržao ravnotežni položaj. U slučaju da ispitanik s lijevom nogom dodirne pod ili desnu nogu prekida se test i kreće se ispočetka. Test traje 15 sekundi, a bolji rezultat predstavlja manja površina kretanja centra težišta tijela (CTT) izražen u kvadratnim centimetrima (cm²), odnosno manji odmak od CTT izražen u centimetrima (cm). Vrijeme između ponavljanja testa traje koliko je ispitaniku potrebno da ponovno zauzme početni položaj.

Ovim testom generirane su četiri varijable:

- **UKUPNA POVRŠINA KRETANJA CTT KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*ellipse area (EA)*) - **G_O_D_EA** - rezultat izražen u kvadratnim centimetrima (cm²),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*mean distance (D-MD)*) - **G_O_D_D-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U MEDIO-LATERALNOM¹¹ KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*medio-lateral mean distance (ML-MD)*) - **G_O_D_ML-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U ANTERIOR-POSTERIOR¹² KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*anterio-posterior mean distance (AP-MD)*) - **G_O_D_AP-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm).

11 Medio-lateralno kretanje odnosi se na gibanje s lijeva na desno i obrnuto, tj. od središnje (medijalne) linije tijela prema bočnoj (lateralnoj) strani i natrag.

12 Anterior-posterior kretanje se odnosi na gibanje u smjeru od naprijed prema natrag i obrnuto, tj. od prednje strane tijela (anterior) prema stražnjoj strani (posterior).



Slika 3. Test stajanje na desnoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi - G_O_D

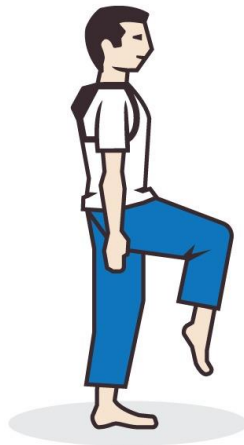
3.2.1.4. Stajanje na lijevoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi – G_O_L

Kao u prethodnom testu, mjerenje u testu G_O_L također je rađeno pomoću uređaja GYKO. Ispitanik staje bosonog na judo strunjaču u početnu poziciju, stav spojeni, ruke uz tijelo i na znak mjeritelja za početak zauzima poziciju za mjerenje; podiže desnu nogu od poda i pokušava što mirnije stajati na lijevoj nozi (slika 4.). Desna noga, koja je u zraku, ne smije dodirnuti pod ili stajnu lijevu nogu, a ruke se mogu kretati slobodno kako bi se zadržao ravnotežni položaj. U slučaju da ispitanik s desnom nogom dodirne pod ili lijevu nogu prekida se test i kreće se ispočetka. Test traje 15 sekundi, a bolji rezultat predstavlja manja površina kretanja CTT (cm²), odnosno manji odmak od CTT (cm). Vrijeme između ponavljanja testa traje koliko je ispitaniku potrebno da ponovno zauzme početni položaj.

Ovim testom generirane su četiri varijable:

- **UKUPNA POVRŠINA KRETANJA CTT KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*ellipse area* (EA)) - G_O_L_EA - rezultat izražen u kvadratnim centimetrima (cm²),

- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*mean distance (D-MD)*) - **G_O_L_D-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U MEDIO-LATERALNOM¹³ KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*medio-lateral mean distance (ML-MD)*) - **G_O_L_ML-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U ANTERIOR-POSTERIOR¹⁴ KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*anterio-posterior mean distance (AP-MD)*) - **G_O_L_AP-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm).



Slika 4. Test stajanje na lijevoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi - G_O_L

13 Medio-lateralno kretanje odnosi se na gibanje s lijeva na desno i obrnuto, tj. od središnje (medijalne) linije tijela prema bočnoj (lateralnoj) strani i natrag.

14 Anterior-posterior kretanje se odnosi na gibanje u smjeru od naprijed prema natrag i obrnuto, tj. od prednje strane tijela (anterior) prema stražnjoj strani (posterior).

3.2.1.5. Stajanje na desnoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi – G_Z_D

U testu G_Z_D mjerenje je također rađeno pomoću uređaja GYKO. Ispitanik staje bosonog na judo strunjaču u početnu poziciju, stav spojeni, ruke uz tijelo i na znak mjeritelja za početak zatvara oči te zauzima poziciju za mjerenje; podiže lijevu nogu od poda i pokušava što mirnije stajati na desnoj nozi (slika 5.). Lijeva noga, koja je u zraku, ne smije dodirnuti pod ili stajnu desnu nogu, a ruke se mogu kretati slobodno kako bi se zadržao ravnotežni položaj. U slučaju da ispitanik s lijevom nogom dodirne pod ili desnu nogu prekida se test i kreće se ispočetka. Test traje 15 sekundi, a bolji rezultat predstavlja manja površina kretanja CTT (cm²), odnosno manji odmak od CTT (cm). Vrijeme između ponavljanja testa traje koliko je ispitaniku potrebno da ponovno zauzme početni položaj.

Ovim testom generirane su četiri varijable:

- **UKUPNA POVRŠINA KRETANJA CTT KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*ellipse area (EA)*) - **G_Z_D_EA** - rezultat izražen u kvadratnim centimetrima (cm²),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*mean distance (D-MD)*) - **G_Z_D_D-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U MEDIO-LATERALNOM KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*medio-lateral mean distance (ML-MD)*) - **G_Z_D_ML-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U ANTERIOR-POSTERIOR KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA DESNOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*anterio-posterior mean distance (AP-MD)*) - **G_Z_D_AP-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm).



Slika 5. Test stajanje na desnoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi - G_Z_D

3.2.1.6. Stajanje na lijevoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi – G_Z_L

U testu G_Z_L mjerenje je također rađeno pomoću uređaja GYKO. Ispitanik staje bosonog na judo strunjaču u početnu poziciju, stav spojeni, ruke uz tijelo i na znak mjeritelja za početak zatvara oči te zauzima poziciju za mjerenje; podiže desnu nogu od poda i pokušava što mirnije stajati na lijevoj nozi (slika 6.). Desna noga, koja je u zraku, ne smije dodirnuti pod ili stajnu lijevu nogu, a ruke se mogu kretati slobodno kako bi se zadržao ravnotežni položaj. U slučaju da ispitanik s desnom nogom dodirne pod ili lijevu nogu prekida se test i kreće se ispočetka. Test traje 15 sekundi, a bolji rezultat predstavlja manja površina kretanja CTT (cm²), odnosno manji odmak od CTT (cm). Vrijeme između ponavljanja testa traje koliko je ispitaniku potrebno da ponovno zauzme početni položaj.

Ovim testom generirane su četiri varijable:

- **UKUPNA POVRŠINA KRETANJA CTT KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*ellipse area (EA)*) - **G_Z_L_EA** - rezultat izražen u kvadratnim centimetrima (cm²),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA OTVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*mean distance (D-MD)*) - **G_Z_L_D-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U MEDIO-LATERALNOM KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*medio-lateral mean distance (ML-MD)*) - **G_Z_L_ML-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm),
- **PROSJEČNA UDALJENOST CTT OD POČETNOG POLOŽAJA U ANTERIOR-POSTERIOR KRETANJU TRUPA KOD STAJANJA NA LIJEVOJ NOZI SA ZATVORENIM OČIMA 15 SEKUNDI** (*anterio-posterior mean distance (AP-MD)*) - **G_Z_D_AP-MD** - rezultat izražen u centimetrima (cm).



Slika 6. Test stajanje na lijevoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi - G_Z_D

3.2.2. Testovi za procjenu koordinacije

Procjena razine koordinacije provedena je primjenom dvaju bazičnih motoričkih testova te jednog specifičnog testa usmjerenog na procjenu koordinacije u judu. Svi testovi za procjenu koordinacije provedeni su na standardnoj judo strunjači, u kontroliranim uvjetima. Svaki test ponavlja se tri puta. Rezultati testova se izražavaju u sekundama, a bolji rezultat predstavlja kraće vrijeme potrebno za izvedbu testa.

Za analizu rezultata uzimao se najbolji rezultat iz tri testa, što je uobičajena praksa u testovima sprinta, agilnosti i koordinacije tipa brzog izvođenja složenih motoričkih zadataka kada se želi uspoređivati maksimalni potencijal sportaša.

Naime, pri prvom susretu s testom sportaš se tek upoznaje sa zadatkom i vjerojatno neće odmah ostvariti svoj optimalni rezultat. Tijekom drugog i trećeg pokušaja već dolazi do bolje prilagodbe na testne uvjete, što omogućava precizniju procjenu njegovih stvarnih sposobnosti.

Ovakav pristup potvrđuju i ranija istraživanja koja su koristila sličan metodološki postupak pri analizi performansi sportaša (Hernández-Davó i sur., 2021.; Beekhuizen i sur., 2009.; Uzun i sur., 2020.).

3.2.2.1. Okretnost na tlu – MAGONT

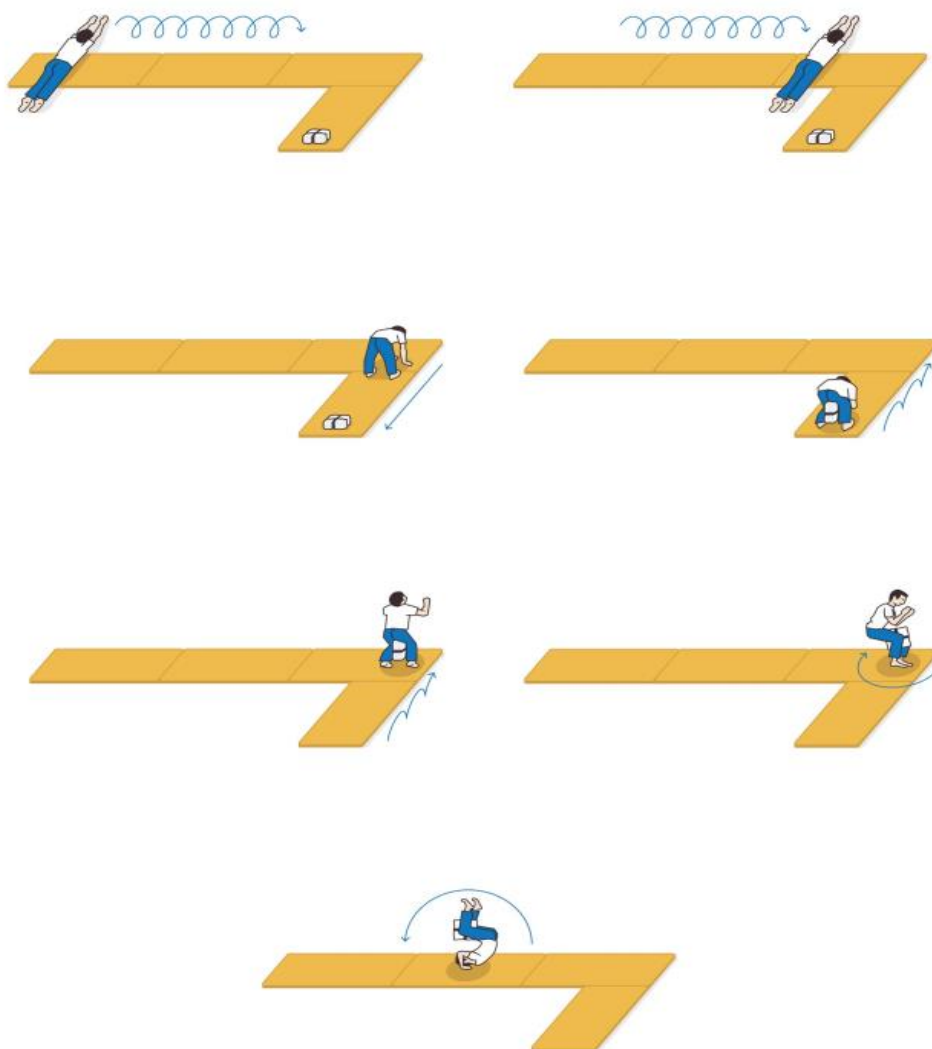
Za potrebe bazičnog testa okretnost na tlu za procjenu koordinacije prvotno se provela priprema prostora na način da su se na judo borilište postavile tri strunjače dimenzija 2x1 metar uzdužno jedna pored druge u dužini od 6 metara i na kraj zadnje uzdužne strunjače postavljena je okomito jedna strunjača tako da čine obrnuto slovo „L“ dimenzija 6x3 metra.

Početna pozicija zauzima se na početku dužeg kraka dok je na kraju kraćeg kraka gornji dio kimona ispitanika složen u pravokutnik i zavezan pojasom.

Test se izvodi na način da se ispitanik legne potrbuške poprečno na početak prve uzdučne strunjače potpuno opružen s rukama u uzručenju. Na znak mjeritelja rola se oko svoje uzdužne osi bočno (6m) do kraja uzdužno postavljenih strunjača, nakon

čega se počinje kretati četveronoške unazad do kraja okomito postavljene strunjače na čijem kraju je kimono složen u pravokutnik i zavezan pojasom. Dolaskom do kimona, hvata ga koljenima bez pomoći ruku i vraća se četveronoške naprijed do uzdužno postavljenih strunjača. Rotira se i okreće leđima prema prvoj strunjači (za 90°) te radi kolutove unazad dok čitavim tijelom ne prođe početnu crtu s koje je krenuo (Slika 7.). Prolaskom početne crte mjeritelj zaustavlja vrijeme i bilježi rezultat. Vrijeme pauze između dva ponavljanja je vrijeme potrebno da ispitanik vrati složeni kimono na prvotnu poziciju i sam ponovno zauzme početni položaj (Metikoš i sur. 1989).

Ovim testom generirana je varijabla za procjenu procjenu koordinacije – **OKRETNOST NA TLU - MAGONT**



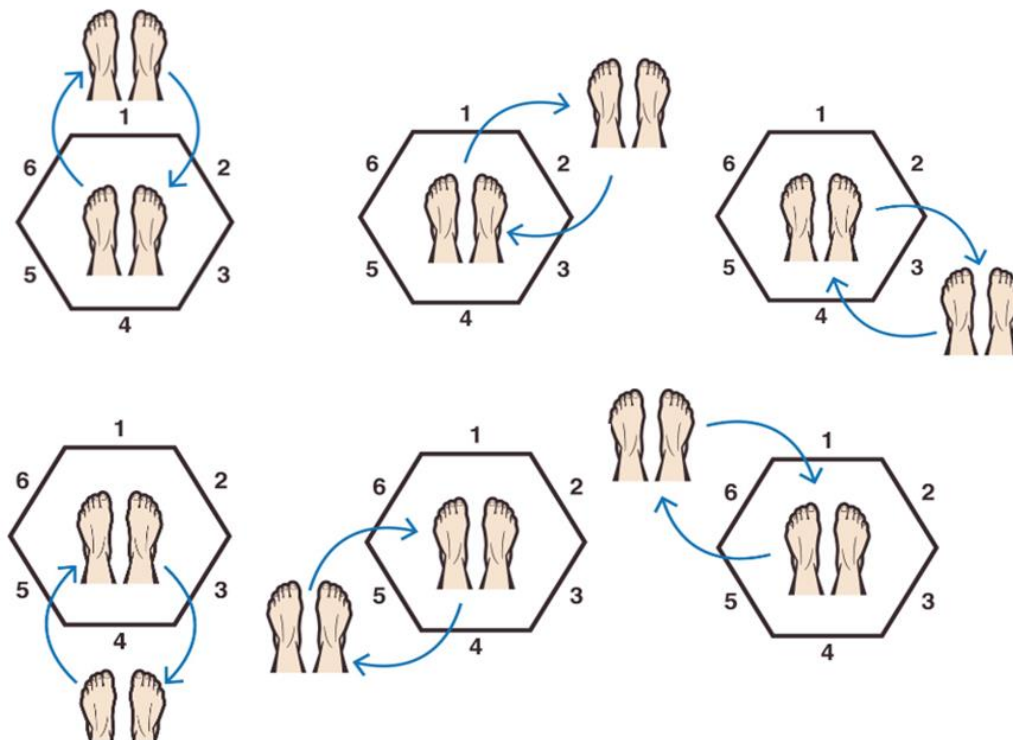
Slika 7. Test okretnost na tlu - MAGONT

3.2.2.2. Heksagonalni test prepreka – HEXAGONAL

Za potrebe bazičnog heksagonalnog testa prepreka se na judo strunjačama dimenzija 2x2 metra ljepljivom trakom označio šesterokut sa duljinom stranice od 66 cm. S vanjske strane dužina šesterokuta postavile su se oznake od broja 1 do broja 6 (Slika 8.).

Ispitanik zauzima početni položaj u centru šesterokuta, stav spojeni, ruke u priručenju. Na znak mjeritelja kreće sa sunožnim skokom prema oznaci 1 i vraća se sunožnim skokom na početnu poziciju, zatim na oznaku 2 i natrag te isto ponavlja sve do oznake 6. Takav krug ponavlja tri puta te nakon trećeg kruga kad nakon što sa oznake 6 skoči natrag u početnu poziciju mjeritelj zaustavlja vrijeme i bilježi rezultat (Slika 8.). Ruke za izvedbu skokova su u slobodnom kretanju. Vrijeme između dva ponavljanja je 30 sekundi (Mackenzie, 2005.).

Ovim testom generirana je varijabla za procjenu procjenu koordinacije –
HEKSAGONALNI TEST PREPREKA - HEXAGONAL

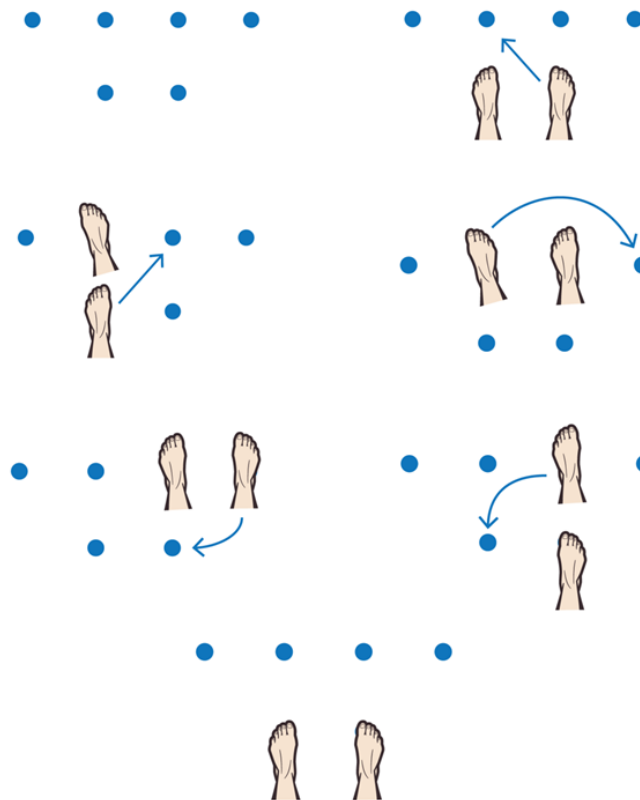


Slika 8. Heksagonalni test prepreka - HEXAGONAL

3.2.2.3. Imitacija kretanja za bacanje ouchi gari – MSCO

Test imitacija kretanja za bacanje *ouchi gari* provodi se na judo strunjačama dimenzija 4x4 metra na koje se postavi šest oznaka koje su međusobno udaljene 50 cm (Slika 9.). Ispitanik bosonog zauzme početni položaj tako da stoji raskoračno na početnim točkama s rukama u priručenju. Na znak mjeritelja ispitanik izvodi imitaciju pokreta za tehniku bacanja *ouchi gari* pritom stajući na svaku određenu označenu točku. Izvodi zadatak naizmjenično u desnu stranu i zatim u lijevu stranu što se broji kao jedan krug. Test je gotov kad nakon trećeg kruga ispitanik zauzme početni položaj (Slika 9.). Mjeritelj stoji nasuprot ispitanika i kontrolira tehničku ispravnost njegova izvođenja. Kada ispitanik nakon trećeg kruga zauzme početni položaj mjeritelj zaustavlja vrijeme i bilježi rezultat (Segedi, Cetinić, Sertić 2022.).

Ovim testom generirana je varijabla za procjenu procjenu koordinacije – **IMITACIJA KRETANJA ZA BACANJE OUCHI GARI - MSCO**



Slika 9. Test imitacija kretanja za bacanje ouchi gari – MSCO

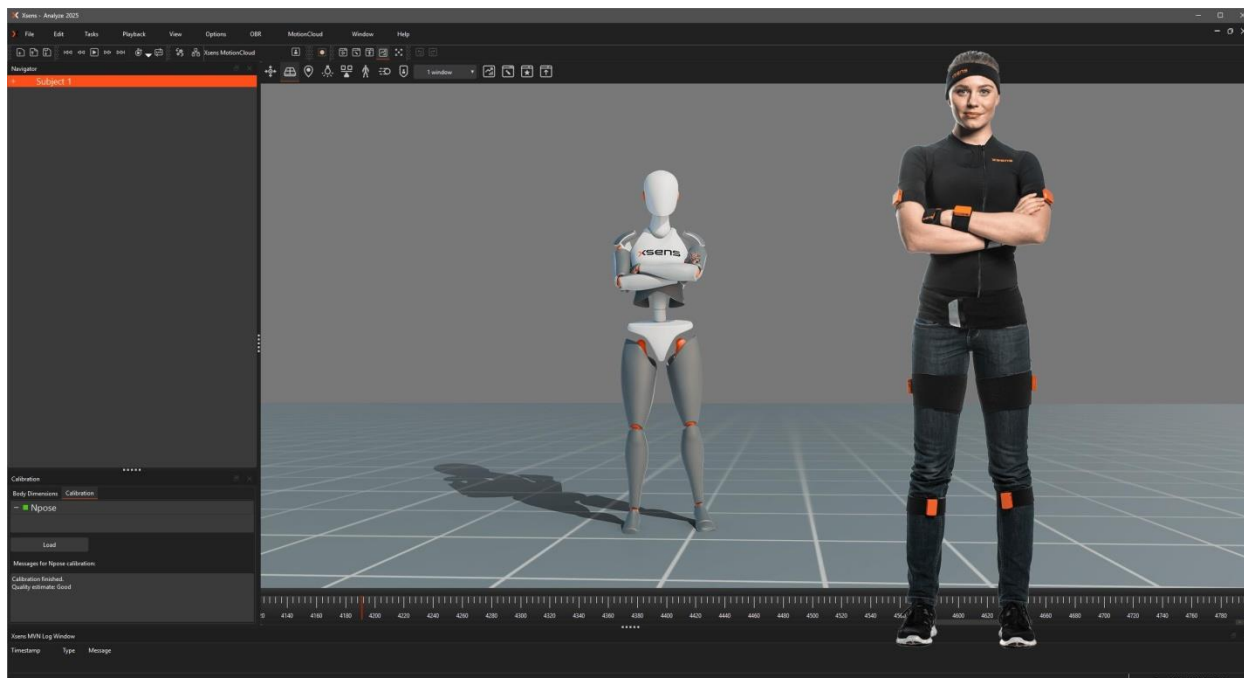
3.2.3. Testovi za procjenu kinematičkih pokazatelja

Kinematički pokazatelji proučavani su i analizirani tijekom izvedbe judo tehnika bacanja prije i nakon protokola iscrpljivanja. Predmet istraživanja rada su tri tehnike bacanja iz tri različite grupe bacanja:

1. Iz grupe ručnih tehnika bacanja – tehnika ***ippon seoi nage***,
2. Iz grupe bočnih tehnika bacanja – tehnika ***harai goshi***,
3. Iz grupe nožnih tehnika bacanja – tehnika ***osoto gari***.

Samo bacanje ujedno je i test za procjenu kinematičkih pokazatelja. Proučavanjem bacanja kroz njegove tri faze generirane su varijable koje prema autoru najbolje mogu detektirati razlike između judaša različitog kvalitativnog nivoa treniranosti. Za svako bacanje odabrano je po šest varijabli.

Svako bacanje izvodi se po tri puta prije te neposredno nakon izazivanja umora. Sam protokol provedbe testova (bacanja) za procjenu kinematičkih pokazatelja te protokol za izazivanje umora opisani su u poglavlju „protokol mjerenja”. Registriranje rezultata odnosno mjerenje kinematičkih pokazatelja rađeno je pomoću XSENS (Awinda) kinematičkog sustava detaljnije opisanog u poglavlju „merni instrumenti”. Ispitanici izvode bacanja u paru s time da *tori* na sebi ima kinematičko odijelo (majica i trake – slika 10.) i donji dio kimona, a *uke* ima standardnu judo opremu, kimono i pojas.



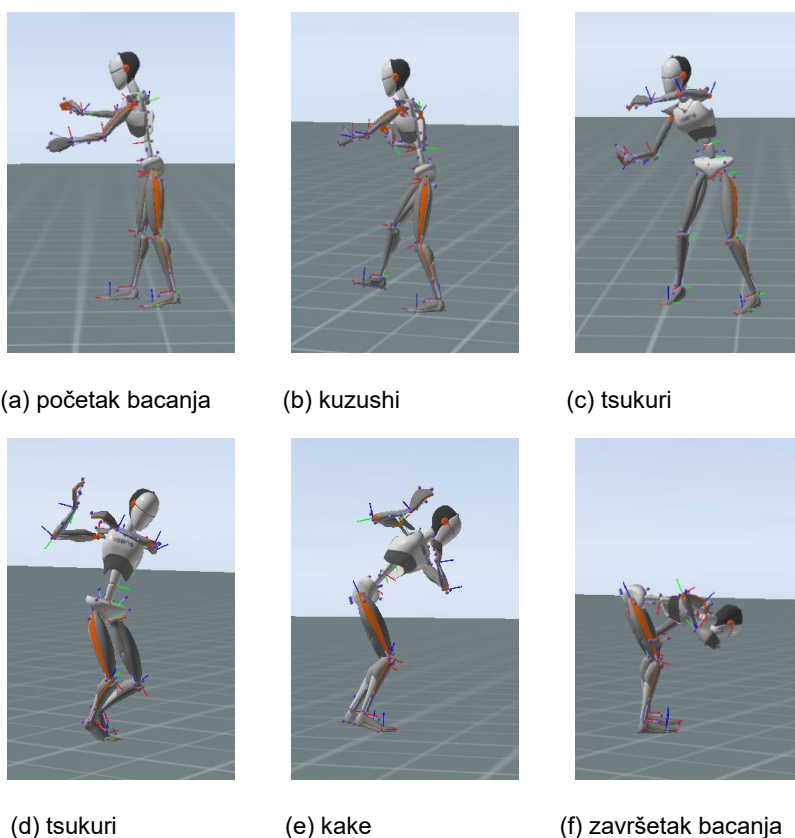
Slika 10. Prikaz kinematičkog odijela koje ispitanici imaju na sebi prilikom izvođenja bacanja uz odgovarajućeg softverskog avatara u realnom vremenu (preuzeto sa : https://www.movella.com/hubfs/Analyze%202025%20dark%20mode%20plain_stand_New%20avatar_%20web.png)

3.2.3.1. Izvedba bacanja ippon seoi nage – ISN

Tehnika bacanja *ippon seoi nage* izvodi se na način da iz početnog položaja *tori* nogom kreće naprijed, a s obje ruke *ukea* povlači naprijed i gore te mu narušava ravnotežu (*kuzushi*, faza 1.). U isto vrijeme kada izvodi *kuzushi*, *tori* započinje izvoditi i drugu fazu bacanja *tsukuri*. Kroz pokret *mae mawari sabaki*¹⁵ okreće svoje tijelo za 180 stupnjeva te ga postavlja u pravilan položaj za bacanje (*tsukuri*). Potom slijedi i završna faza bacanja (*kake*) koja podrazumijeva let *ukea* i kontrolu *ukea*. *Tori* brzim pokretom odnosno zamahom rukama prema naprijed izvodi bacanje. Pored zamaha rukama, *tori* za izvedbu bacanja koristi i podizanje zdjelice prema gore te lagani pretklon tijelom naprijed budući je *ukea* prilikom *kuzushi* i *tsukuri* faze navukao na sebe i svoj CTT

15 *Mae mawari sabaki* označava kružno kretanje unaprijed, odnosno prednji izmak tijela u luku. Ova tehnička forma koristi se kao pripremno kretanje u judu, najčešće za uspostavljanje povoljne pozicije prilikom izvođenja bacanja

spustio pod njega. Bacanje je završeno kad *uke* padne na tlo prilikom čega *tori* mora ostati u ravnotežnom položaju odnosno ne pasti naprijed (kraj bacanja)(Sertić, Segedi, 2013.). (Slika 11.) Varijable su opisane na način da se odnose na *toria*, odnosno njegove segmente tijela.



Slika 11. Izvedba bacanja ippon seoi nage - ISN.

U izvedbi bacanja *ippon seoi nage* generirane su sljedeće varijable:

- **KUT U LIJEVOM RAMENU** (abdukcija) **U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_L_RAME_KUT** - parametar iz *kuzushi* faze bacanja (Slika 11.b) u trenutku narušavanja *ukea* iz ravnotežnog položaja. Kut u lijevom ramenu predstavlja kut između nadlaktice i trupa, koji se postiže pri povlačenju rukava *ukeovog* kimona u *kuzushi* fazi. Veći kut predstavlja veće narušavanje *ukeovog*

ravnotežnog položaja. Veći kut dodatno omogućuje stvaranje većeg prostora za pravilniju i učinkovitiju izvedbu *tsukuri* faze bacanja. Mjerna jedinica = stupanj.

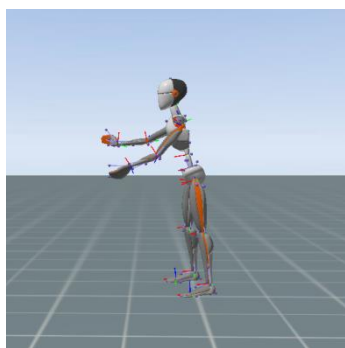
- **KUT U DESNOM RAMENU** (abdukcija) **U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_D_RAME_KUT** - parametar iz *tsukuri* faze bacanja (Slika 11.d) odnosno faza ulaska u bacanje i zauzimanje optimalnog položaja za izvođenje bacanja. Kut u desnom ramenu predstavlja kut između nadlaktice i trupa *toria*, a koji je prisutan u završnom dijelu *tsukuria* u kojoj je desna nadlaktica postavljena ispod *ukeove* nadlaktice te osigurava da iduća faza bacanja bude izvedena s potpunom kontrolom i velikom brzinom. Veći kut predstavlja bolju i precizniju kontrolu nad *ukeom* kroz održavanje stanja neravnoteže, čime se stvaraju optimalni uvjeti za tehnički ispravnu izvedbu bacanja *ippon seoi nage*. Mjerna jedinica = stupanj.
- **RAZLIKA U VISINI POZICIJE ZDJELICE U ODNOSU NA TLO OD POČETNOG POLOŽAJA DO KRAJA TSUKURI FAZE U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_ZDJ_ULAZ** - parametar koji predstavlja razliku u visini zdjelice *toria* (u odnosu na tlo) od početnog položaja do završnog dijela *tsukuri* faze bacanja, tj. trenutka u kojem je zdjelica u najnižoj točki, a neposredno prije početka podizanja zdjelice prema gore odnosno početka izvođenja *kake* faze bacanja (Slika 11. a-d). Veća razlika predstavlja niže spuštanje CTT pod ukea čime se stvaraju bolji uvjeti za pravilniju izvedbu bacanja. Mjerna jedinica = centimetar.
- **RAZLIKA U VISINI POZICIJE ZDJELICE U ODNOSU NA TLO OD NAJNIŽEG POLOŽAJA U TSUKURI FAZI DO KRAJA KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_ZDJ_BAC** - parametar koji predstavlja koliko je CTT *toria* išao prema gore prilikom izvedbe bacanja *ippon seoi nage* (Slika 11. d-f). Budući da tehnika bacanja *ippon seoi nage* pripada kategoriji ručnih bacanja, karakterizira ga nagla aktivacija gornjeg dijela tijela, dok je promjena položaja zdjelice, za razliku od nekih bočnih tehnika manje izražena. Mjerna jedinica = centimetar.

- **MAKSIMALNA BRZINA ŠAKE TIJEKOM KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_ŠAKA_BRZ** - parametar koji predstavlja maksimalnu brzinu šake (one ruke *toria* koja drži rukav *ukeovog* kimona) tijekom *kake* faze bacanja (Slika 11. e-f). Kao što je već prethodno istaknuto, *ippon seoi nage* pripada skupini ručnih bacanja, pri čemu brzina pokreta šake predstavlja jedan od ključnih čimbenika za tehnički kvalitetnu i funkcionalno učinkovitu izvedbu bacanja. S obzirom na to da brzina izravno ovisi o neuromuskularnoj spremnosti, jasno je da na taj parametar značajno utječe prisutnost umora, što se može odraziti na smanjenu eksplozivnost i preciznost same izvedbe bacanja. Mjerna jedinica = metar u sekundi.
- **RAZLIKA U VISINI POZICIJE GLAVE U ODNOSU NA TLO OD POČETKA DO KRAJA KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA IPPON SEOI NAGE - ISN_GLAVA_RAZ** - parametar koji predstavlja razliku u visini pozicije glave *toria* u odnosu na tlo tijekom završne faze bacanja. Kao što je opisano u fazama izvođenja bacanja, tijekom *kake* faze *tori* izvodi lagani pretklon tijelom prema naprijed, omogućujući da *uke* preleti preko njega. Ovaj parametar je važan jer odražava odnos između povlačenja *ukea* i narušavanja njegova ravnotežnog položaja u kombinaciji sa spuštanjem CTT-a ispod *ukeovog* težišta, što je ključno za pravilnu izvedbu bacanja. U slučajevima kada neki segmenti bacanja nisu tehnički ispravno izvedeni, naglašeniji pretklon može ukazivati na kompenzaciju pokreta s ciljem dovršetka bacanja. Mjerna jedinica = centimetar.

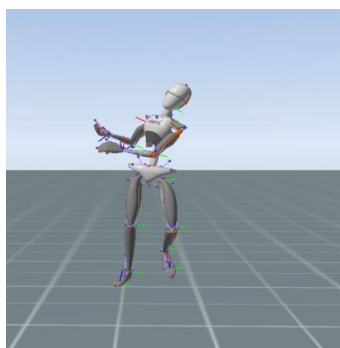
3.2.3.2. Izvedba bacanja *harai goshi* – HG

Tehnika bacanja *harai goshi* izvodi se na način da *tori* iz početne pozicije u fazi *kuzushija* povlači *ukea* naprijed i desno kako bi narušio njegov ravnotežni položaj. U isto vrijeme počinje izvoditi *tsukuri* fazu bacanja. U prvom dijelu *tsukuri* faze bacanja desnu

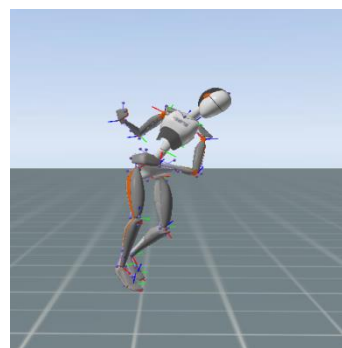
nogu postavlja u blizinu svog drugog stopala kroz pokret *mae sabaki*¹⁶ te se u drugom dijelu *tsukuri* faze rotira tijelom i svoje drugo stopalo postavlja blizu *ukeovog* desnog stopala te na taj način postavlja tijelo u idealnu poziciju za bacanje. *Tori* zatim izvodi bacanje izbijanjem *ukeove* desne noge svojom zamašnom nogom te povlačenjem rukama i pretklonom tijela (*kake* faza). Bacanje završava kada tijelo *ukea* padne na strunjaču, a *tori* pri tome zadrži ravnotežni položaj odnosno kontrolirano stoji na obje noge (kraj bacanja) (Sertić, Segedi, 2013.). (Slika 12.) Varijable su kao i kod prethodnog bacanja opisane na način da se odnose na *toria*, odnosno njegove segmente tijela.



(a) početak bacanja



(b) kuzushi



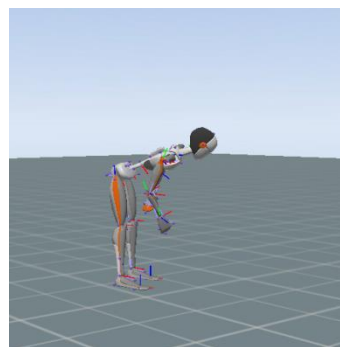
(c) tsukuri



(d) kake



(e) kake



(f) kraj bacanja

Slika 12. Izvedba bacnja harai goshi – HG.

16 *Mae sabaki* označava kontrolirano kretanje tijela prema naprijed, koje se u judu koristi kao pripremni pokret za izvođenje bacanja.

U izvedbi bacanja *harai goshi* generirane su sljedeće varijable:

- **KUT U LIJEVOM RAMENU** (abdukcija) **U IZVEDBI BACANJA HARAI GOSHI - HG_RAME_KUT** - parametar iz *kuzushi* faze bacanja odnosno prilikom narušavanja ravnotežnog položaja *ukea* (Slika 12. b). Kut u lijevom ramenu predstavlja kut između nadlaktice i trupa, koji se povećava pri povlačenju rukava *ukeovog* kimona gore i nazad u fazi *kuzushi*. Veći kut ukazuje na izraženije narušavanje ravnotežnog položaja *ukea*, što ujedno omogućuje i stvaranje optimalnog prostora za narednu fazu bacanja. Mjerna jedinica = stupanj.
- **KUT U DESNOM LAKTU** (fleksija) **U IZVEDBI BACANJA HARAI GOSHI - HG_LAKAT_KUT** - parametar iz *tsukuri* faze bacanja (Slika 12. c) odnosno ulaska u bacanje i zauzimanje optimalnog položaja za izvođenje bacanja. Kut u desnom laktu predstavlja kut između nadlaktice i podlaktice, a koji se povećava u završnom dijelu *tsukuri* faze kada šaka *toria* privlači rever *ukea* prema *torievoj* glavi osiguravajući da iduća faza bude izvedena kontrolirano i brzo. Veći kut predstavlja jače povlačenje *ukea* prema *toriu* te ujedno i bolju kontrolu nad *ukeom*. Mjerna jedinica = stupanj.
- **TRAJANJE IZVEDBE BACANJA HARAI GOSHI - HG_T_BAC** - parametar koji predstavlja trajanje bacanja od početka odnosno prvog dodira *torievog* desnog stopala sa strunjačom (*kuzushi* faza) do kraja odnosno završetka bacanja koji predstavlja kontakt tijela *ukea* sa strunjačom pri čemu *tori* mora ostati u ravnotežnom položaju. Ovaj je parametar važan jer reflektira tehničku ispravnost bacanja. Odnosno, što je bacanje preciznije i tehnički pravilnije izvedeno, to je njegovo trajanje kraće, pri čemu *tori* koristi *ukeov* narušeni ravnotežni položaj za bacanje kod izbijanja stajne noge, umjesto da ga „nosi“ nogom kroz pokret. U uvjetima umora povećava se vjerojatnost tehničkih pogrešaka, što se često očituje upravo kroz produljeno trajanje izvođenja bacanja. Mjerna jedinica = sekunda.
- **RAZLIKA U VISINI POZICIJE STOPALA ZAMAŠNE NOGE U ODNOSU NA TLO TIJEKOM KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA HARAI GOSHI - HG_STOPALO_RAZ** - parametar koji predstavlja razliku u visini pozicije stopala zamašne noge (visina u odnosu na tlo) tijekom *kake* faze bacanja, odnosno od

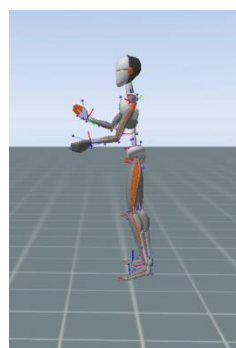
najnižeg položaja na početku *kake* faze, kada je stopalo na tlu, do kraja *kake* faze bacanja, kada izbija stajnu nogu *ukea* te ga istovremeno povlači rukama i ide svojim tijelom u pretklon. Viša pozicija stopala povezana je s izraženijim pretklonom trupa, koji je karakterističan za pravilnu izvedbu bacanja *harai goshi*. Mjerna jedinica = centimetar.

- **KUT KUKA STAJNE NOGE (fleksija) NA KRAJU KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA HARAI GOSHI - HG_KUK_FLEKS** - parametar koji predstavlja kut kuka stajne noge odnosno kut između trupa *toria* i natkoljenice stajne noge u trenutku kraja *kake* faze bacanja (Slika 12. e). Ovaj parametar odnosno varijabla usko je vezana uz prethodnu tj. HG_STOPALO_RAZ jer nam govori koliko u izvedbi bacanja trup tj. tijelo *toria* ide u pretklon prema stajnoj nozi. Veća fleksija kuka najčešće je praćena višim podizanjem stopala zamašne noge, što zajedno sugerira bolju tehničku usklađenost pokreta i efikasnije iskorištavanje rotacijske sile pri izvedbi bacanja *harai goshi*. Nasuprot tome, smanjeni kut fleksije može ukazivati na slabiju aktivaciju trupa i manju dinamiku u pokretu, što može biti posljedica umora ili tehničke pogreške. Mjerna jedinica = stupanj.
- **MAKSIMALNA KUTNA BRZINA KUKA ZAMAŠNE NOGE TIJEKOM KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA HARAI GOSHI - HG_KUK_KUT_BRZ** - parametar koji predstavlja maksimalnu kutnu brzinu kuka zamašne noge. Varijabla se odnosi na kut između *torievog* trupa i natkoljenice zamašne noge tijekom završne faze bacanja. (Slika 12. d,e) Parametar se proučava od trenutka zamaha zamašne noge *toria* te djelovanja iste na stajnu nogu *ukea* pa sve do kraja izvedbe bacanja. Što je brzina veća to je jači utjecaj na stajnu nogu *ukea* što može biti od iznimne važnosti za uspješnu izvedbu bacanja. Mjerna jedinica = stupanj u sekundi.

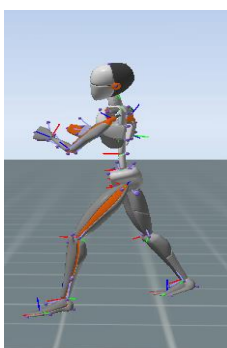
3.2.3.3. Izvedba bacanja osoto gari – OG

Tehnika bacanja *osoto gari* izvodi se tako da *tori* iz početnog položaja započinje s fazom *kuzushi* u kojoj rukama *ukea* izbacuje iz ravnotežnog položaja natrag i desno u isto vrijeme radeći korak naprijed s vanjske strane *ukeovog* stopala prilikom čega

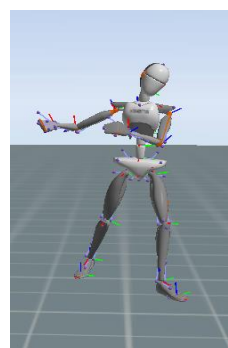
prebacuje težište ukea na brid i petu tog stopala čime počinje *tsukuri* faza bacanja. *Tsukuri* faza bacanja predstavlja pozicija zamašne noge koja je na kraju faze opružena naprijed iza tijela *ukea* i spremna za zamah unazad i izbijanje ukeovog oslonca. *Tori* izvodi bacanje izbijanjem *ukeove* stajne noge te pritiskom prsima i podlakticom kojom drži rever na *ukeov* gornji dio trupa pretklonom (*kake* faza). Bacanje završava kada *uke* dodirne strunjaču, a *tori* zadrži ravnotežni položaj (kraj bacanja) (Sertić, Segedi, 2013.). (Slika 13.) Varijable su kao i u prethodnim tehnikama bacanja opisane na način da se odnose na *toria*, odnosno njegove segmente tijela.



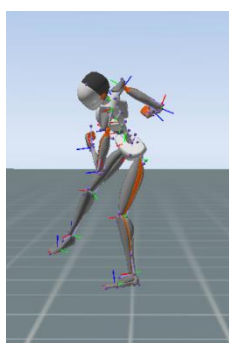
(a) početak bacanja



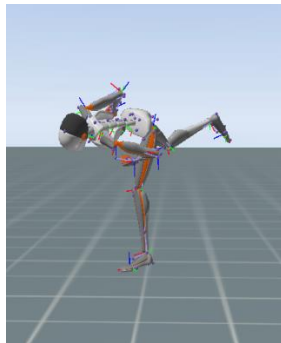
(b) kuzushi bočno



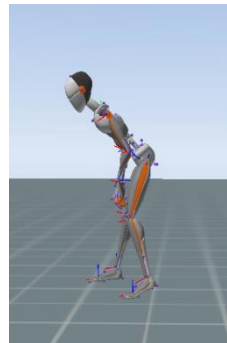
(c) kuzushi frontalno



(d) tsukuri



(e) kake



(f) kraj bacanja

Slika 13. Izvedba bacnja osoto gari – OG.

U izvedbi bacanja *harai goshi* generirane su sljedeće varijable:

- **KUT U LIJEVOM RAMENU** (abdukcija) **U IZVEDBI BACANJA OSOTO GARI - OG_RAME_KUT** - parametar iz *kuzushi* faze bacanja odnosno prilikom narušavanja ravnotežnog položaja *ukea* (Slika 13. b, c). Kut u lijevom ramenu

predstavlja kut između nadlaktice i trupa *toria*, koji se povećava pri izvlačenju rukava *ukeovog* kimona prema natrag i dole u *kuzushi* fazi kada prebacuje *ukeovo* težište na brid i petu jednog stopala. Veći kut odražava snažnije narušavanje ravnotežnog položaja *ukea* te istovremeno omogućuje prostor za povoljnije pozicioniranje zamašne noge u *toria* završnom dijelu *tsukurija*. Mjerna jedinica = stupanj.

- **KUT U DESNOM LAKTU (fleksija) U IZVEDBI BACANJA OSOTO GARI - OG_LAKAT_KUT** - parametar koji se promatra u trenutku prelaska iz *kuzushi* u *tsukuri* fazu bacanja odnosno kad se u najvećoj mjeri narušava ravnotežni položaj *ukea* (Slika 13 b-d). Kut u desnom laktu predstavlja kut između nadlaktice i podlaktice ruke *toria* koja drži rever *ukea*, a koji se povećava u završnoj fazi *tsukuri* kada desna šaka privlači rever *ukea* prema *torievoj* glavi. Na taj način, odnosno većim kutem u desnom laktu ostvaruje se bolja kontrola nad *ukeom*, što je ključno za tehnički ispravnu i učinkovitu izvedbu tehnike bacanja *osoto gari*. Mjerna jedinica = stupanj.
- **TRAJANJE IZVEDBE BACANJA OSOTO GARI - OG_T_BAC** - parametar koji predstavlja trajanje bacanja od početka odnosno prvog dodira *torievog* lijevog stopala sa strunjačom (*kuzushi* faza) do kraja odnosno završetka bacanja koji predstavlja kontakt tijela *ukea* sa strunjačom pri čemu *tori* mora ostati u ravnotežnom položaju. Ovaj parametar je važan jer reflektira tehničku ispravnost bacanja. Odnosno, što je bacanje preciznije i tehnički pravilnije izvedeno, to je njegovo trajanje kraće, pri čemu *tori* maksimalno koristi *ukeov* narušeni ravnotežni položaj za bacanje kod izbijanja stajne noge. U uvjetima umora povećava se vjerojatnost tehničkih pogrešaka, što se često očituje upravo kroz produljeno trajanje izvođenja bacanja. Mjerna jedinica = sekunda.
- **RAZLIKA U VISINI POZICIJE STOPALA ZAMAŠNE NOGE U ODNOSU NA TLO TIJEKOM KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA OSOTO GARI - OG_STOPALO_RAZ** - parametar koji predstavlja razliku u visini pozicije stopala zamašne noge (visina u odnosu na tlo) tijekom *kake* faze bacanja, odnosno od najnižeg položaja u trenutku kada zamašna noga ostvaruje kontakt sa *ukeovom* stajnom nogom, do kraja *kake* faze bacanja (Slika 13 d, e). kada tijelom ide u

pretklon. Viša pozicija stopala povezana je s izraženijim pretklonom trupa, koji je karakterističan za pravilnu izvedbu bacanja *osoto gari*. Mjerna jedinica = centimetar.

- **KUT KUKA STAJNE NOGE (fleksija) NA KRAJU KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA OSOTO GARI - OG_KUK_FLEKS** - parametar koji predstavlja kut kuka stajne noge odnosno kut između trupa *toria* i natkoljenice stajne noge u trenutku kraja *kake* faze bacanja (Slika 13. e). Ovaj parametar odnosno varijabla usko je vezana uz prethodnu tj. OG_STOPALO_RAZ jer nam govori koliko u izvedbi bacanja trup tj. tijelo *toria* ide u pretklon prema stajnoj nozi. Veća fleksija kuka najčešće je praćena višim podizanjem stopala zamašne noge, što zajedno sugerira bolju tehničku usklađenost pokreta i efikasnije iskorištavanje zamaha noge i rotacijske sile pri izvedbi bacanja *osoto gari*. Nasuprot tome, smanjeni kut fleksije može ukazivati na slabiju aktivaciju trupa i manju dinamiku u pokretu, što može biti posljedica umora ili tehničke pogreške. Mjerna jedinica = stupanj.
- **MAKSIMALNA KUTNA BRZINA KUKA ZAMAŠNE NOGE TIJEKOM KAKE FAZE U IZVEDBI BACANJA OSOTO GARI - OG_KUK_KUT_BRZ** - parametar koji predstavlja maksimalnu kutnu brzinu kuka zamašne noge. Varijabla se odnosi na kut između *torievog* trupa i natkoljenice zamašne noge tijekom završne faze bacanja (Slika 13. d,e). Parametar se proučava od trenutka zamaha zamašne noge *toria* te djelovanja iste na stajnu nogu ukea pa sve do kraja izvedbe bacanja. Što je brzina veća to je jači utjecaj na stajnu nogu *ukea* što može biti od iznimne važnosti za uspješnu izvedbu bacanja. Mjerna jedinica = stupanj u sekundi.

Tablica 4. Pregled svih testova i promatranih varijabli s mjernim jedinicama

PROUČAVANO	TEST	VARIJABLA	MJERNA JEDINICA
RAVNOTEŽA	MBAU10_D	MBAU10_D	s
	MBAU10_L	MBAU10_L	s
	G_O_D	G_O_D_EA	cm ²
		G_O_D_D-MD	cm
		G_O_D_ML-MD	cm
		G_O_D_AP-MD	cm
	G_O_L	G_O_L_EA	cm ²
		G_O_L_D-MD	cm
		G_O_L_ML-MD	cm
		G_O_L_AP-MD	cm
	G_Z_D	G_Z_D_EA	cm ²
		G_Z_D_D-MD	cm
		G_Z_D_ML-MD	cm
		G_Z_D_AP-MD	cm
	G_Z_L	G_Z_L_EA	cm ²
		G_Z_L_D-MD	cm
		G_Z_L_ML-MD	cm
		G_Z_L_AP-MD	cm
KOORDINACIJA	MAGONT	MAGONT	s
	HEKSAGONAL	HEKSAGONAL	s
	MSCO	MSCO	s
KINEMATIČKI POKAZATELJI	ISN	ISN_L_RAME_KUT	°
		ISN_D_RAME_KUT	°
		ISN_ZDJ_ULAZ	cm
		ISN_ZDJ_BAC	cm
		ISN_ŠAKA_BRZ	m/s
		ISN_GLAVA_RAZ	cm
	HG	HG_RAME_KUT	°
		HG_LAKAT_KUT	°
		HG_T_BAC	s
		HG_STOPALO_RAZ	cm
		HG_KUK_FLEKS	s
		HG_KUK_KUT_BRZ	°/s
	OG	OG_RAME_KUT	s
		OG_LAKAT_KUT	°
		OG_T_BAC	s
		OG_STOPALO_RAZ	cm
		OG_KUK_FLEKS	°
		OG_KUK_KUT_BRZ	°/s

3.3. PROTOKOL MJERENJA

Samo mjerenje i testiranje ispitanika provedeno je u više dana kako umor ne bi utjecao na rezultate mjerenja. Jedan dan provedeni su testovi za procjenu ravnoteže i koordinacije, a drugi dan testovi odnosno bacanja za procjenu kinematičkih pokazatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja.

Svakom testiranju prethodilo je detaljno objašnjavanje postupka mjerenja, izračun visine i težine tijela te ostalih antropometrijskih karakteristika ovisno o korištenim mjernim instrumentima.

Nakon toga ispitanici su pristupili standardiziranom protokolu zagrijavanja koje se sastojalo od: općepripremni vježbi koje uključuju sve dijelove tijela, *ukemi waza* (judo padovi) te tri judo methodske vježbe: *uchi komi*, *pushi gari* i *nage komi* proučavanih tehnika bacanja. Po završetku zagrijavanja pristupili su testiranju.

Testove za procjenu ravnoteže i koordinacije izvodili su zasebno, a testove za procjenu kinematičkih pokazatelja odnosno izvedbe bacanja radili su u paru prema unaprijed dogovorenom rasporedu.

Provedba testova za procjenu ravnoteže i koordinacije išla je prema sljedećem rasporedu. Ispitanici su prvo proveli testove za procjenu koordinacije i zatim testove za procjenu ravnoteže MBAU10_D i MBAU10_L. Nakon toga provedeni su testovi za procjenu ravnoteže putem uređaja GYKO. Oni su provedeni na način da je jedan ispitanik proveo sva četiri testa, pa zatim drugi i tako redom. Prije svakog testiranja mjerena GYKO-om na ispitanika se postavlja mjerni instrument (Slika 14.) te se provode potrebna mjerenja i ista unose u program kako bi se uređaj kalibrirao (visina ispitanika i visina uređaja odnosno udaljenost do poda nakon postavljanja na ispitanika). Nakon toga slijedi objašnjavanje postupka mjerenja i pristupa se provedbi testiranja.



Slika 14. Prikaz kako se GYKO mjerni instrument postavlja na ispitanike (Preuzeto sa: <https://training.microgate.it/en/products/gyko-0>)

Sva testiranja provode se na standardnoj judo strunjači odnosno borilištu. Ispitanici su bosonogi. Za procjenu ravnoteže i koordinacije na sebi imaju donji dio kimona i majicu kratkih rukava, dok za procjenu kinematičkih pokazatelja *tori* ima kinematičko odijelo (majica sa trakama) i donji dio kimona, a *uke* je u standardnoj judo odjeći, kimono i pojas.

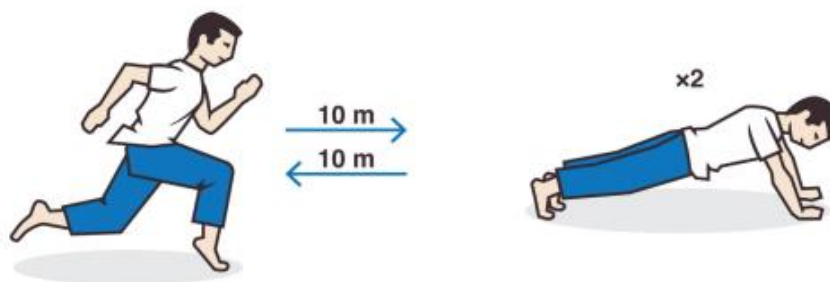
Kod procjenjivanja kinematičkih pokazatelja protokol mjerenja započinje sa definiranjem osnovnih antropometrijskih karakteristika ispitanika te mjera potrebnih za kalibraciju kinematičkog sustava. Na ispitanika se zatim postavlja kinematičko odijelo i uređaj za mjerenje frekvencije srca POLAR H10 te se započinje sa standardnim protokolom zagrijavanja kako je prije navedeno. Po završetku zagrijavanja, provodi se kalibracija sustava (tijela i prostora) prema prethodno definiranom protokolu nakon čega se počinje s izvedbom bacanja.

Bacanja se izvode prema unaprijed dogovorenom redosljedu; *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*. Bacanja se izvode u dominantnu stranu, u mjestu i bez otpora

ukea. Svaka tehnika bacanja izvodi se po tri uzastopna puta, a pauza između dva bacanja predstavlja vrijeme potrebno *ukeu* da se podigne i zauzme početnu poziciju.

Ispitanik prvo izvodi tri bacanja *ippon seoi nage*, zatim tri bacanja *harai goshi* i zatim tri bacanja *osoto gari*. Nakon što izvede ukupno devet bacanja ispitanik izvodi protokol iscrpljivanja. Neposredno nakon protokola iscrpljivanja, ispitanik izvodi tri uzastopna bacanja *ippon seoi nage*. Nakon izvedbe bacanja slijedi oporavak od 15 minuta odnosno vrijeme potrebno da se frekvencija srca dovede u stanje kakvo je bilo prije protokola iscrpljivanja. Po isteku vremena od 15 minuta slijedi ponovni protokol iscrpljivanja nakon kojeg ispitanik izvodi tri uzastopne tehnike bacanja *harai goshi*. Nakon posljednjeg bacanja slijedi oporavak u trajanju od 15 minuta. Nakon oporavka slijedi zadnji protokol iscrpljivanja. Neposredno nakon iscrpljivanja ispitanik izvodi tri uzastopne tehnike bacanja *osoto gari*. Izvedbom zadnjeg bacanja ispitanik je gotov s testiranjem, skida se oprema s njega i kreće postupak za testiranje drugog ispitanika.

Protokol iscrpljivanja proveden je testom TRČ10/10-2SKL (Cetinić, Segedi , Sertić, 2018.). Sam test iscrpljivanja sastoji se od povratne dionice trčanja od 10 metara na kraju koje ispitanik izvodi 2 skleka. Ovaj protokol ponavlja se 10 ciklusa te se mjeri konačno vrijeme potrebno za izvedbu testa i frekvencija srca prilikom izvođenja testa (Slika 15.).



Slika 15. Prikaz jednog ciklusa testa TRČ10/10-2SKL, protokola za iscrpljivanje

Kako bi se utvrdilo je li protokol iscrpljivanja izazvao umor kod ispitanika izmjerene su frekvencije srca na kraju protokola i vrijeme potrebno za provedbu protokola (tablica 5.).

Tablica 5. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata protokola iscrpljivanja za sve ispitanike (n=30)

Varijable	Deskriptivna statistika (PROTOKOL ISCRPLJIVANJA_fiziološki parametri)				
	N	AS	Min	Max	SD
Vrijeme_1	30	86,16	78,70	100,91	5,26
Vrijeme_2	30	86,58	76,42	100,57	5,64
Vrijeme_3	30	87,77	78,65	102,14	6,28
FS nakon 1.	30	188,17	177,00	202,00	7,24
FS nakon 2.	30	189,53	179,00	199,00	6,08
FS nakon 3.	30	189,17	179,00	202,00	6,71

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; Vrijeme_1 – vrijeme potrebno za provedbu protokola prije bacanja *ippon seoi nage*; FS nakon 1. - frekvencija srca nakon provedenog 1. protokola iscrpljivanja (prije bacanja *ippon seoi nage*); Vrijeme_2 – vrijeme potrebno za provedbu protokola iscrpljivanja prije bacanja *harai goshi*; FS nakon 2. - frekvencija srca nakon provedenog 2. protokola iscrpljivanja (prije bacanja *harai goshi*); Vrijeme_3 – vrijeme potrebno za provedbu protokola iscrpljivanja prije bacanja *osoto gari*; FS nakon 3. - frekvencija srca nakon provedenog 3. protokol iscrpljivanja (prije bacanja *osoto gari*)

Navedene srednje vrijednosti frekvencija srca nakon provedenih protokola iscrpljivanja (tablica 5.) odražavaju visoki intenzitet koji odgovara intenzitetu judo borbe i ukazuju da je kod sportaša došlo do značajnog fiziološkog stresa, što implicira nastupanje umora. Prema istraživanjima koja su analizirala fiziološke zahtjeve judo borbi, učestalo se bilježe vrijednosti otkucaja srca iznad 180 otkucaja u minuti, što ukazuje na izrazito visok intenzitet napora i pojavu umora (Degoutte, Jouanel i Filaire, 2003.; Serrano-Huete i sur., 2016.; Torres-Luque i sur., 2016.).

3.4. MJERNI INSTRUMENTI

Antropometrijske karakteristike ispitanika (tjelesna visina, visina ramena, širina ramena, raspon ruku, visina kuka, širina zdjelice, visina koljena, visina gležnja i dužina stopala) mjerene su pomoću segmometra i prijenosnog stadiometra (SECA 213).

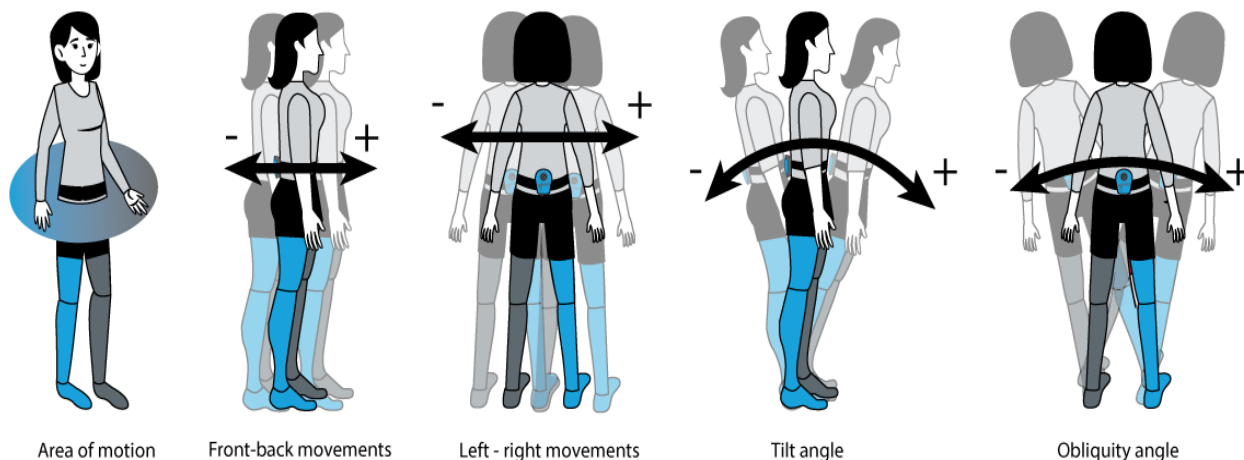
Za mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika (tjelesna masa, indeks tjelesne mase i postotak masnog tkiva) korištena je TANITA vaga (BC-545n).

U svim testovima za procjenu koordinacije kao mjerni instrument korištena je štoperica, kao i u bazičnom testu za procjenu ravnoteže (MBAU10). U ostalim testovima za procjenu ravnoteže korišten je mjerni uređaj GYKO, a u testovima za procjenu kinematičkih pokazatelja XSENS (Awinda) kinematički sustav.

Prilikom provedbe protokola iscrpljivanja korištena je štoperica za mjerenje vremena potrebnog za izvedbu zadatka, a za mjerenje frekvencije srca korišten je POLAR H10 senzor povezan sa POLAR TEM aplikacijom.

3.4.1. GYKO

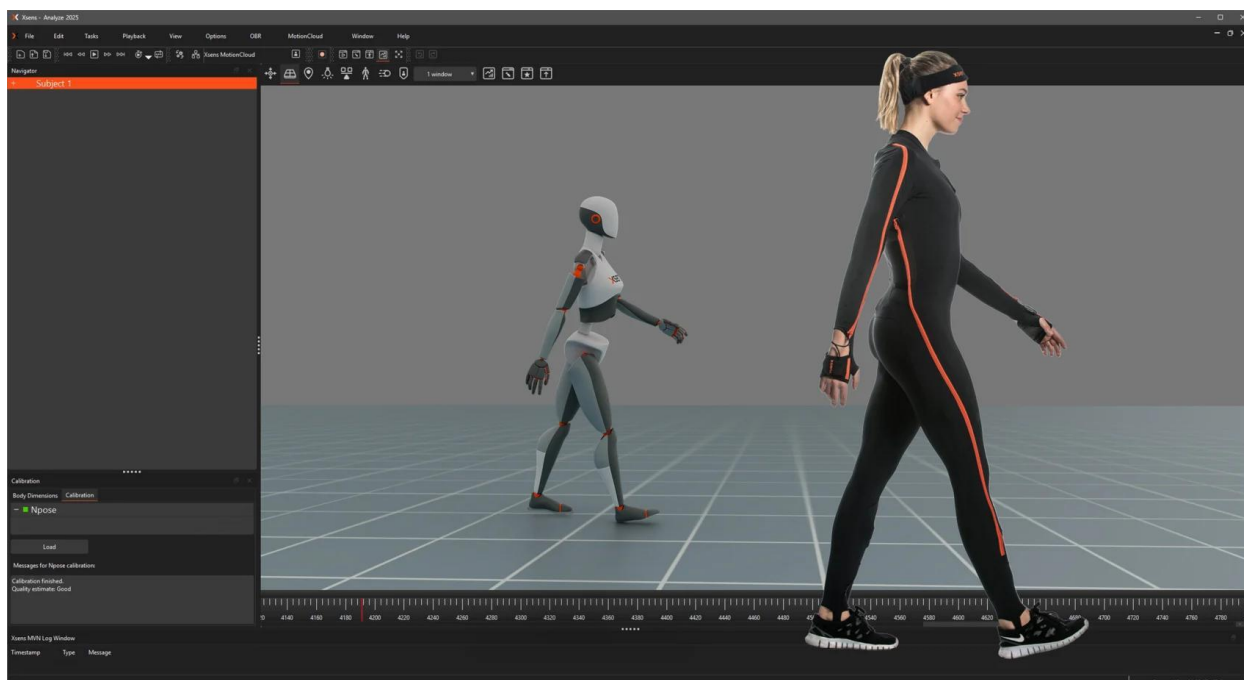
GYKO uređaj korišten je u četiri testa za procjenu ravnoteže. Uređaj talijanskog proizvođača MICROGATE s.r.l. vrlo je kvalitetan i precizan alat za mjerenje ubrzanja i kutnih brzina u tri dimenzije, a najšira područja primjene su analiza hoda, trčanja, skokova i držanja odnosno ravnoteže (slika 16). Softverski paket Gyko Repower v1.2.2.0. korišten je za obradu i analizu izmjerenih parametara. Istraživanja (Hamersma i sur. 2019.; Arede i sur. 2019.; Jaworski i sur. 2020.) potvrđuju pouzdanost i valjanost mjernog instrumenta te mogućnost primjene u istraživanjima borilačkih sportova za promatranje razine treniranosti ravnoteže.



Slika 16. Prikaz registriranja pokreta prilikom korištenja mjernog instrumenta GYKO za procjenu ravnoteže (preuzeto sa: <https://medical.microgate.it/en/solutions/dynamic-balance-control>)

3.4.2. XSENS AWINDA

XSENS (Awinda) kinematički sustav korišten je za promatranje kinematičkih parametara prilikom izvedbe judo tehnika bacanja prije i nakon provedbe protokola iscrpljivanja. Obrada i analiza prikupljenih podataka rađena je pomoću softverskog paketa XSENS MVN ver. 2021.0 (Slika 17.) . Sustav nizozemskog proizvođača Xsens technologies BV sofisticirana je oprema koja se koristi za razne analize u sportu, rehabilitaciji i ostalim aktivnostima. Istraživanja (Belčić i sur. 2021.; Li, Knjaz, Rupčić 2021.; 125. Yamamoto, 2022.) potvrđuju pouzdanost i valjanost mjernog sustava za promatranje te mogućnost primjene u borbilačkim sportovima. Kalibracija tijela ispitanika i prostora provodila se prije samog početka mjerenja prema prethodno standardiziranom protokolu od strane proizvođača.



Slika 17. Prikaz softverskog paketa XSSENS MVN ver. 2021.0 pomoću kojeg su registrirani i mjereni kinematički pokazatelji u izvedbama tehnika judo bacanja (preuzeto sa: <https://www.movella.com/products/motion-capture/xsens-mvn-animate>)

3.5. METODE OBRADE PODATAKA

Dobiveni rezultati iz testova ravnoteže, koordinacije te kinematičkih pokazatelja izvedbe tri judo tehnika bacanja obrađeni su i analizirani u programu STATISTICA ver.14.0.1.25.

Izračunati su osnovni deskriptivni statistički pokazatelji svih varijabli promatranih kod testova ravnoteže, testova koordinacije i izvedbe bacanja (aritmetička sredina, minimalne i maksimalne vrijednosti te standardna devijacija).

Kod varijabli u testovima ravnoteže, budući distribucija rezultata nije bila normalna, proveden je *Kruskal Wallis* test s ciljem utvrđivanja razlike između promatranih skupina ispitanika za svaku varijablu zasebno.

Za razliku od rezultata kod testova ravnoteže, kod koordinacije je distribucija rezultata bila normalna kao i kod rezultata kinematičkih parametara izvedbe judo bacanja.

Kod varijabli u testovima koordinacije provedena je multivarijatna analiza varijance (MANOVA) te univarijatna analiza varijance (ANOVA) za svaku varijablu zasebno. Također, proveden je *Tukey post-hoc* test za varijable u kojima je utvrđena statistički značajna razlika između promatranih skupina ispitanika.

Za testiranje razlika u učincima fiziološkog opterećenja na tehniku bacanja između skupine ispitanika koji imaju višu razinu razvijenosti tehnike naspram skupine ispitanika koji imaju nižu razinu razvijenosti tehnike korištena je 2×2 *mixed model* ANOVA za ponavljana mjerenja sa skupinom po kategoriji razvijenosti tehnike kao faktorom između ispitanika (*between* faktor - 2 razine: kvalitetni G1 i manje kvalitetni G2) i uvjetima u kojima se provodi bacanje (protokol iscrpljivanja) kao faktorom unutar ispitanika (*within* faktor - 2 razine: izvedba bacanja prije i poslije opterećenja). Za varijable s utvrđenim statistički značajnim interakcijama proveden je *Tukey post-hoc* test. Statistička značajnost postavljena je na $p < 0.05$.

Za ispitivanje povezanosti između kinematičkih varijabli izvedbe bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari* i rezultata testova za procjenu ravnoteže, provedena je Pearsonova korelacijska analiza. Korelacije su izračunate između šest odabranih kinematičkih pokazatelja u svim bacanjima i odabranih deset varijabli dobivenih iz testova za procjenu ravnoteže (odabrane varijable su MBAU10_D i MBAU10_ te varijable za procjenu ravnoteže mjerene GYKO uređajem u kojima se gledalo kretanje trupa u medio-lateralnoj i anterior-posterior ravnini: G_O_D_ML-MD, G_O_D_AP-MD, G_O_L_ML-MD, G_O_L_AP-MD, G_Z_D_ML-MD, G_Z_D_AP-MD, G_Z_L_ML-MD i G_Z_L_AP-MD).

Također, korelacija je rađena između kinematičkih varijabli izvedbe bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari* i rezultata testova za procjenu koordinacije (HEXAGONAL, MAGONT, MSCO). Za sve odnose korišten je Pearsonov koeficijent korelacije (r), a značajnost povezanosti procjenjivala se na razini značajnosti $p < 0,05$.

4. REZULTATI

U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja usmjerenog na ispitivanje povezanosti razine ravnoteže, koordinacije i kinematičkih karakteristika prilikom izvođenja bacanja, s obzirom na različitu razinu treniranosti judaša i prisutnost umora. Prikazani su podaci koji se odnose na razlike između ispitanika više i niže razine treniranosti, kao i na promjene koje se javljaju prije i nakon inducirano umora.

Cilj ovih analiza je provjeriti postavljene hipoteze i dati uvid u to koliko i na koji način motoričke sposobnosti i umor utječu na tehničku izvedbu bacanja. U tu svrhu provedene su analize varijanci kako bi se utvrdile statistički značajne razlike među skupinama, kao i korelacijske analize radi ispitivanja međusobnih odnosa između pojedinih varijabli.

Uz osnovne statističke pokazatelje, provedene su i usporedbe među grupama te analizirane promjene unutar istih ispitanika kroz različite uvjete.

4.1. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU RAVNOTEŽE

Tablica 6. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata u testovima za procjenu razine ravnoteže

TEST	VARIJABLA	KAT	N	AS	Min	Max	St.Dev.
MBAU10_D	MBAU10_D	G1	14	19,90	4,77	65,88	17,12
		G2	16	19,82	5,56	120,00	28,19
MBAU10_L	MBAU10_L	G1	14	15,57	4,61	48,80	14,01
		G2	16	18,84	4,42	120,00	27,98
G_O_D	G_O_D_EA	G1	14	205,93	8,24	760,46	189,84
		G2	16	339,86	39,72	786,50	266,48
	G_O_D_D-MD	G1	14	1,94	0,48	4,47	1,09
		G2	16	2,70	1,04	4,60	1,30
	G_O_D_ML-MD	G1	14	2,66	0,35	5,62	1,46
		G2	16	3,91	1,74	7,12	1,70
	G_O_D_AP-MD	G1	14	2,54	0,86	4,27	0,91
		G2	16	2,56	1,05	4,84	1,19
G_O_L	G_O_L_EA	G1	14	359,19	11,92	2310,24	592,22
		G2	16	378,45	49,58	768,80	264,15
	G_O_L_D-MD	G1	14	2,55	0,50	12,12	2,91
		G2	16	3,07	0,84	5,49	1,51
	G_O_L_ML-MD	G1	14	3,89	0,76	17,77	4,32
		G2	16	4,55	1,06	9,39	2,24
	G_O_L_AP-MD	G1	14	2,57	0,87	5,89	1,33
		G2	16	2,74	1,30	5,55	1,23

TEST	VARIJABLA	KAT	N	AS	Min	Max	St.Dev.
G_Z_D	G_Z_D_EA	G1	14	1257,73	88,01	4401,38	1310,60
		G2	16	2705,06	284,71	6215,21	2069,16
	G_Z_D_D-MD	G1	14	5,07	1,06	9,13	2,90
		G2	16	7,98	2,95	15,37	4,07
	G_Z_D_ML-MD	G1	14	6,96	1,42	13,78	4,40
		G2	16	11,11	5,09	23,15	5,20
	G_Z_D_AP-MD	G1	14	3,96	1,45	10,58	2,46
		G2	16	7,22	1,82	14,09	3,57
G_Z_L	G_Z_L_EA	G1	14	1297,30	57,09	4840,15	1365,33
		G2	16	2762,14	419,13	6664,36	1969,52
	G_Z_L_D-MD	G1	14	5,09	1,17	11,55	2,97
		G2	16	8,58	2,80	18,24	3,99
	G_Z_L_ML-MD	G1	14	7,54	1,81	15,18	4,56
		G2	16	11,13	4,00	17,47	3,90
	G_Z_L_AP-MD	G1	14	4,50	1,13	10,41	2,85
		G2	16	7,43	2,48	16,89	3,95

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; KAT – kategorija ispitanika

Rezultati osnovnih deskriptivnih pokazatelja u testovima za procjenu razine ravnoteže prikazani su u tablici 6.

Promatrajući prosječne vrijednosti rezultata može se utvrditi da je G1 u odnosu na G2 imala bolje rezultate u svim promatranim varijablama osim u varijabli MBAU10_L gdje je G2 imala bolji rezultat (18,84 sek naspram 15,57 sek).

Gledajući rezultate testova ravnoteže mjerenima putem mjernog instrumenta GYKO vidljive su velike razlike u varijablama kad su oči otvorene naspram varijabli u kojima su oči zatvorene. Posebno je to izraženo u varijabli ukupne površine kretanja centra težišta tijela – EA. Kod grupe 2 maksimalna površina centra težišta tijela je u

varijabli G_Z_L_EA i iznosila je 6664,36 cm², a najmanja s druge strane je kod grupe 1 te iznosi 88,01cm².

Najveća odstupanja tijela po ravninama u testovima zatvorenih očiju zabilježena su u medio-lateralnom kretanju trupa u varijabli G_Z_D_ML_MD (5,20).

Sličan trend vidljiv je i kod testova s otvorenim očima u kretanjima trupa u medio-lateralnoj ravnini stajanjem na lijevoj nozi kod grupe 1 gdje je zabilježen minimalni rezultat od 0,76 cm, a maksimalni od 17,77 cm.

Također je primjetno da G1 u većini varijabli pokazuje manju standardnu devijaciju u odnosu na G2, što sugerira veću stabilnost i konzistentnost rezultata unutar skupine više treniranih judaša.

Tablica 7. Rezultati K-W testa za definiranje razlika između grupa ispitanika u varijablama za procjenu razine ravnoteže

VARIJABLA	H	P
MBAU10-D	0,39	0,53
MBAU10-L	0,00	1,00
G_O_D_EA	1,66	0,20
G_O_D_D-MD	2,50	0,11
G_O_D_ML-MD	4,41	0,04*
G_O_D_AP-MD	0,43	0,84
G_O_L_EA	2,24	0,13
G_O_L_D-MD	3,27	0,07
G_O_L_ML-MD	0,90	0,09
G_O_L_AP-MD	0,11	0,74
G_Z_D_EA	5,04	0,02*
G_Z_D_D-MD	3,35	0,07
G_Z_D_ML-MD	4,67	0,03*
G_Z_D_AP-MD	7,76	0,01*

VARIJABLA	H	P
G_Z_L_EA	5,42	0,02*
G_Z_L_D-MD	6,02	0,01*
G_Z_L_ML-MD	4,49	0,03*
G_Z_L_AP-MD	5,81	0,02*

Legenda: H – H vrijednost; p - nivo značajnosti; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 7. su prikazani rezultati *Kruskal Wallis* testa s ciljem utvrđivanja razlike između testiranih grupa judaša, tj. G1 i G2 ispitanika za svaku promatranu varijablu za procjenu razine ravnoteže zasebno.

Statistički značajne razlike su utvrđene u 8 od 18 promatranih varijabli, a to su G_O_D_ML-MD (H=4,41, $p=0,04$), G_Z_D_EA (H=5,04, $p=0,02$), G_Z_D_ML-MD (H=4,67, $p=0,03$), G_Z_D_AP-MD (H=7,76, $p=0,01$), G_Z_L_EA (H=5,42, $p=0,02$), G_Z_L_D-MD (H=6,02, $p=0,01$), G_Z_L_ML-MD (H=4,49, $p=0,03$) i G_Z_L_AP-MD (H=5,81, $p=0,02$). Iako u varijabli G_Z_Z_D_D-MD nije utvrđena statistički značajna razlika ($p=0,07$) vrijednost je takva da se može zaključiti kako je G1 imala statistički značajno bolje rezultate u odnosu na G2 u svim testovima za procjenu ravnoteže sa zatvorenim očima.

Uz ranije navedenu varijablu G_Z_D_D-MD, u varijablama MBAU10_D, MBAU10_L, G_O_D_EA, G_O_D-MD, G_O_D_AP-MD, G_O_L_EA, G_O_L_D-MD, G_O_L_ML-MD i G_O_L_AP-MD također nisu utvrđene statistički značajne razlike (tablica 7.).

4.2. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU KOORDINACIJE

Tablica 8. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata u testovima za procjenu razine koordinacije

VARIJABLA	KAT	N	AS	MIN	MAX	ST.DEV.
MAGONT	G1	14	9,30	7,21	12,15	1,47
	G2	16	10,99	8,60	13,66	1,39
HEKSAGONAL	G1	14	10,94	9,47	13,03	1,00
	G2	16	11,45	9,93	13,50	1,14
MSCO	G1	14	7,74	6,41	8,84	0,73
	G2	16	8,87	6,73	11,48	1,52

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; KAT – kategorija ispitanika

U tablici 8. prikazani su osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata u testovima za procjenu razine koordinacije. Promatrajući aritmetičke sredine može se zaključiti da je G1 postigla bolje rezultate u sve tri promatrane varijable (MAGONT, HEKSAGONAL i MSCO) u odnosu na G2, što ukazuje na višu učinkovitost i bolju koordinacijsku spremnost te skupine.

Najveće razlike između dvije grupe ispitanika uočene su u varijabli MSCO, gdje je prosječno vrijeme G1 iznosilo 7,74 sekunde (SD = 0,73), dok je G2 postigla rezultat od 8,87 sekundi (SD = 1,52), uz znatno veću varijabilnost. Upravo u ovoj varijabli su ujedno zabilježena i najmanja odstupanja u G1 te najveća odstupanja u G2, što upućuje na veću stabilnost i ujednačenost izvedbi kod judaša višeg kvalitativnog ranga.

Najslabiji vremenski rezultat ukupno je zabilježen u testu MAGONT kod G2 (13,66 sek), dok su minimalne vrijednosti u svim testovima bile povoljnije odnosno niže kod G1. Vrijednosti standardnih devijacija potvrđuju da su rezultati G1 konzistentniji, što dodatno osnažuje pretpostavku o višoj razini koordinirane izvedbe.

Tablica 9. Rezultati MANOVA-e za definiranje razlika između kategorija u koordinaciji pokreta

EFFECT	TEST	VALUE	F	P
KAT	Wilks	0,68	4,07	0,02*

Legenda: KAT- kategorija ispitanika; Test – provedeni test; Vrijednost – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Multivarijatnom analizom varijance (tablica 9.) utvrđena je statistički značajna razlika u izmjerenim varijablama provedenih testova koordinacije između dvije promatrane grupe ispitanika ($F = 4,07$; $p = 0,02$).

Tablica 10. Rezultati ANOVA-e za definiranje razlika između kategorija u pojedinom testu za procjenu koordinacije pokreta

VARIJABLA	F	p
MAGONT	10,52	0,00*
HEKSAGONAL	1,66	0,21
MSCO	6,39	0,02*

Legenda: F – f vrijednost; p - nivo značajnosti; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 10. su prikazane razlike između G1 i G2 ispitanika za svaku promatranu varijablu, odnosno test zasebno. Statistički značajne razlike su utvrđene u dvije testirane varijable, tj. MAGONT ($F = 10,52$, $p = 0,00$) i MSCO ($F = 6,39$, $p = 0,02$). U varijabli HEXAGONAL nije utvrđena statistički značajna razlika.

Uvidom u deskriptivne pokazatelje testova koordinacije vidljivo je da su najveće razlike u rezultatima upravo u kompleksnijim testovima MAGONT i MSCO. Ti testovi, koji uključuju složene motoričke zadatke usko povezane s tehničkim aspektima juda, pokazuju ne samo izraženije razlike u srednjim vrijednostima, već i veću stabilnost rezultata kod judaša višeg kvalitativnog ranga. To sugerira da upravo specifične koordinacijske sposobnosti, a ne samo opća agilnost, najviše diferenciraju ispitanike u ovom uzorku.

4.3. REZULTATI TESTOVA ZA PROCJENU KINEMATIČKIH POKAZATELJA

4.3.1. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja *ippon seoi nage*

Tablica 11. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju *ippon seoi nage*

ISN		G1				G2			
VARIJABLA	OPT	AS	Min	Max	St. Dev.	AS	Min	Max	St. Dev.
ISN_L_RAME_KUT	Prije	30,88	3,36	57,23	15,03	29,09	4,44	54,56	13,17
	Poslije	22,29	-10,96	46,41	15,71	17,55	-20,89	58,79	18,48
ISN_D_RAME_KUT	Prije	46,80	20,52	88,21	15,46	43,22	14,68	87,68	17,90
	Poslije	38,71	23,59	69,37	9,81	36,72	13,04	76,24	18,60
ISN_ZDJ_ULAZ	Prije	14,81	8,35	26,40	4,29	14,80	6,12	29,50	4,93
	Poslije	13,44	6,10	21,49	4,20	10,61	1,46	18,96	4,05
ISN_ZDJ_BAC	Prije	12,93	-3,24	26,74	6,60	13,23	1,01	61,90	9,01
	Poslije	11,79	-2,58	22,72	5,96	8,14	1,44	15,77	3,76
ISN_ŠAKA_BRZ	Prije	3,61	1,91	5,32	0,88	3,16	1,95	5,47	0,84
	Poslije	3,14	1,19	5,82	1,28	1,85	0,55	3,96	0,99
ISN_GLAVA_RAZ	Prije	68,68	43,40	84,44	9,59	61,81	25,79	83,34	11,12
	Poslije	68,99	45,16	98,79	12,56	68,76	39,10	104,07	13,96

Legenda: AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; Prije – rezultati prije protokola iscrpljivanja; Poslije – rezultati nakon protokola iscrpljivanja

U tablici 11. prikazani su rezultati osnovnih deskriptivnih pokazatelja ispitanika G1 i G2 prije i nakon protokola iscrpljivanja u izvedbi bacanja *ippon seoi nage*.

U provedbi protokola iscrpljivanja prosječno vrijeme provedbe bilo je $86,16 \pm 5,26$ sek (Min=78,70, Max=100,91), a prosječne vrijednosti frekvencije srca (FS) bile su $188,17 \pm 7,24$ (Min=177, Max=202) (tablica 5.).

Promatrajući prosječne vrijednosti rezultata izvedbe bacanja može se utvrditi da su rezultati prije testa iscrpljivanja veći i kod G1 i kod G2 u svim varijablama u odnosu na rezultate nakon provedbe protokola iscrpljivanja osim u varijabli ISN_GLAVA_RAZ što znači da su ispitanici nakon iscrpljivanja i jedne i druge grupe prilikom izvedbe bacanja išli više u pretklon.

Nasuprot rezultatima prosječnih vrijednosti i boljem rezultatu prije iscrpljivanja, najveća brzina šake *toria* koja drži rukav *ukea* (ISN_ŠAKA_BRZ) zabilježena je u izvedbi nakon iscrpljivanja kod judaša unutar G1 (Max = 5,82). Najsporija brzina šake zabilježena je tijekom izvedbe bacanja nakon izazivanja umora kod ispitanika unutar G2 (Min = 0,55). Minimalne vrijednosti u varijabli ISN_L_RAME_KUT zabilježene su kod ispitanika G2 (Min = -20,89) što bi značilo kako ruka koja povlači *ukea* u *kuzushiu* nije pridonijela narušavanju ravnotežnog položaja. Isti trend zabilježen je u G1, ali sa manjim odstupanjima. To bi značilo da je protokol iscrpljivanja negativno utjecao na izvedbu bacanja što u borbenim uvjetima može značiti da tehnika neće rezultirati bodom već moguće i kontranapadom protivnika.

Najveća vrijednost u varijabli ISN_D_RAME_KUT utvrđena je kod G1 prije protokola iscrpljivanja (Max = 88,21). Uzevši u obzir sve varijable, primjetno je da je najveći raspon rezultata u kinematičkim parametrima zgloba ramena, a pogotovo u varijabli ISN_D_RAME_KUT kod G2 nakon protokola iscrpljivanja (SD = 18,60) što sugerira da umor značajno utječe na njihovu tehničku izvedbu.

Tablica 12. Mixed model ANOVA 2x2 (opterećenje*grupa) za ippon seoi nage bacanje

INTERAKCIJA	TEST	VALUE	F	P
OPTEREĆENJE* GRUPA	Wilks	0,65	7,33	0,00*

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti;
* - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Tablica 12. prikazuje 2x2 ANOVA analizu za definiranje razlika između skupine ispitanika (grupe - G1 i G2) i uvjeta izvedbe (opterećenje - prije i poslije). Rezultatima analize utvrđene su statistički značajne razlike ($F=7,33$; $p=0,00$).

Tablica 13. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu varijablu za ippon seoi nage bacanje

VARIJABLA	TEST	VALUE	F	P
ISN_L_RAME_KUT	Wilks	0,98	1,48	0,23
ISN_D_RAME_KUT	Wilks	1,00	0,36	0,55
ISN_ZDJ_ULAZ	Wilks	0,84	17,34	0,00*
ISN_ZDJ_BAC	Wilks	0,92	7,38	0,01*
ISN_ŠAKA_BRZ	Wilks	0,82	19,59	0,00*
ISN_GLAVA_RAZ	Wilks	0,93	6,83	0,01*

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p<0,05$

Budući su definirane razlike između izvedbe bacanja *ippon seoi nage* s obzirom na skupinu judaša i uvjet opterećenja, u tablici 13. prikazane su razlike za svaku pojedinu promatranu varijablu. Za sve varijable u kojima je utvrđena statistički značajna razlika (ISN_ZDJ_ULAZ $F=17,34$, $p=0,00$; ISN_ZDJ_BAC $F=7,38$, $p=0,01$; ISN_ŠAKA_BRZ $F=19,59$, $p=0,00$; ISN_GLAVA_RAZ $F=6,83$, $p=0,01$) nadalje su putem *Turkey post hoc* testa promatrane interakcije između grupa judaša (G1, G2) i vrste opterećenja (prije, nakon).

Tablica 14. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ZDJ_ULAZ sa statistički značajnim interakcijama

ISN_ZDJ_ULAZ					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/ OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,04*	1,00	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,04*		0,46	0,01*
3	G2 prije opterećenja	1,00	0,46		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,01*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 14. su prikazane detaljne interakcije između dva faktora (opterećenje*grupa) za varijablu ISN_ZDJ_ULAZ, te je vidljivo gdje su utvrđene statistički značajne razlike. Dobiveni rezultati testiranja ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli ISN_ZDJ_ULAZ kada se uspoređuju interakcije 1 i 2 ($p=0,04$), odnosno postoji statistički značajna razlika kada se promatraju ispitanici G1 prilikom izvođenja bacanja *ippon seoi nage* prije i nakon protokola iscrpljivanja. To znači da su ispitanici G1 u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja statistički značajno više spustili svoj centar težišta tijela završnom dijelu *tsukuri* faze bacanja u odnosu na izvedbu nakon protokola iscrpljivanja. Ista pojava vidljiva je u interakciji 3 i 4 ($p=0,00$) odnosno postoji statistički značajna razlika u rezultatima i kod G2 ispitanika kada se promatra izvedba *ippon seoi nage* bacanja prije i nakon protokola iscrpljivanja. Promatrajući rezultate izvedbe bacanja nakon protokola iscrpljivanja vidljivo je da također postoji statistički značajna razlika u rezultatima između skupina G1 i G2 (interakcija 2 i 4, $p=0,01$) odnosno kvalitetni judaši (G1) su po rezultatima statistički značajno bolji od manje kvalitetnih (G2) nakon provedbe iscrpljivanja u promatranoj varijabli. Očekivano,

utvrđena je statistički značajna razlika u rezultatima ispitanika G1 prije iscrpljivanja u odnosu na rezultate ispitanika G2 nakon iscrpljivanja, interakcija 1 i 4 ($p=0,00$).

Tablica 15. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ZDJ_BAC sa statistički značajnim interakcijama

ISN_ZDJ_BAC					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,71	1,00	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,71		0,73	0,04*
3	G2 prije opterećenja	1,00	0,73		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,04*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p<0,05$

U varijabli ISN_ZDJ_BAC (tablica 15.) koja predstavlja razliku u visini zdjelice *toria* (u odnosu na tlo) od najnižeg položaja u *tsukuri* fazi bacanja, do kraja *kake* faze bacanja, postoje statistički značajne razlike rezultata kada se promatra interakcija 3 i 4 ($p=0,00$). To znači da su ispitanici G2 više podizali zdjelicu prema gore prilikom izvedbe bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na rezultate nakon provedbe iscrpljivanja. Isto tako, rezultati ispitanika G1 i prije i nakon iscrpljivanja statistički su značajno bolji od rezultata G2 nakon iscrpljivanja (interakcija 1 i 4, $p=0,00$ i interakcija 2 i 4, $p=0,04$). To nam govori kako je protokol iscrpljivanja značajno utjecao na rezultate ispitanika G2 kada se promatra varijabla ISN_ZDJ_BAC. Za razliku od rezultata ispitanika G2, rezultati judaša G1 ukazuju kako nije bilo značajne razlike u rezultatima unutar skupine G1 u izvedbi bacanja *ippon seoi nage* prije i nakon opterećenja.

Tablica 16. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ŠAKA_BRZ sa statistički značajnim interakcijama

ISN_ŠAKA_BRZ					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,01*	0,15	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,01*		1,00	0,00*
3	G2 prije opterećenja	0,15	1,00		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,00*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Promatrajući maksimalnu brzinu šake (ISN_ŠAKA_BRZ) tijekom izvedbe bacanja, vidljiva je statistički značajna razlika kada se uspoređuju interakcije 1 i 2 ($p=0,01$) odnosno postoji statistički značajna razlika u maksimalnoj brzini šake tijekom izvedbe bacanja kod judaša G1 prije i nakon protokola iscrpljivanja (tablica 16.). To znači kako je šaka koja drži rukav kimona *ukea* bila brža u bacanju prije iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja nakon izazivanja umora. Jednaka pojava zabilježena je u rezultatima kod judaša G2. Šaka *toria* koja drži rukav kimona *ukea* je statistički značajno bila brža u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja nakon iscrpljivanja; interakcija 3 i 4 ($p=0,00$). Očekivano, rezultat ispitanika G1 prije opterećenja je bolji od rezultata ispitanika G2 nakon opterećenja, odnosno statistički se značajno razlikuju interakcije 1 i 4 ($p=0,00$). Najzanimljiviji podatak je u interakciji 2 i 4 ($p=0,00$) odnosno rezultati ispitanika G1 nakon opterećenja statistički su značajno bolji od rezultata ispitanika G2 nakon opterećenja. Iz navedenog možemo zaključiti kako kvalitetni judaši i nakon protokola iscrpljivanja bolje i brže koriste ruke prilikom bacanja od manje kvalitetnih judaša.

Tablica 17. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ GLAVA_RAZ sa statistički značajnim interakcijama

ISN_ GLAVA_RAZ					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		1,00	0,03*	1,00
2	G1 nakon opterećenja	1,00		0,02*	1,00
3	G2 prije opterećenja	0,03*	0,02*		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	1,00	1,00	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U varijabli ISN_ GLAVA_RAZ (tablica 17.), koja predstavlja razliku u visini (u odnosu na tlo) pozicije glave od najnižeg položaja na kraju *tsukuri* faze bacanja do visine pozicije glave na kraju bacanja (kada tijelo *ukea* ostvari kontakt s podlogom, a gornji dio tijela *toria* je u pretklonu), dobivene su statistički značajne razlike u određenim interakcijama. Vidljivo je kako postoji statistički značajna razlika kada se promatra interakcija 1 i 3 ($p=0,03$). To znači da su judaši G1 išli glavom niže (veći pretklon tijelom) prilikom izvedbe bacanja prije opterećenja od judaša G2. Jednaka razlika odnosno statistički značajan rezultat zabilježen je kod interakcije 2 i 3 ($p=0,02$) odnosno razlika u visini pozicije glave ispitanika G1 je i u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja veća u odnosu na razliku u visini glave kod bacanja ispitanika grupe 2 prije iscrpljivanja. Taj nam podatak govori kako su kvalitetniji judaši i nakon umora izveli podjednako kvalitetno bacanje ako ga se usporedi s izvedbom bacanja manje kvalitetnih judaša prije iscrpljivanja. Nadalje, unutar same G2 postoji statistički značajna razlika kod spomenute varijable. U tablici 17. to predstavlja interakcija 3 i 4 ($p=0,00$) odnosno rezultati ispitanika G2 u izvedbi bacanja prije opterećenja statistički se značajno razlikuju od rezultata u izvedbi bacanja nakon opterećenja. Može se zaključiti kako su ispitanici G2, nakon

iscrpljivanja, glavom išli niže prilikom izvedbe bacanja u odnosu na izvedbu bacanja prije izazivanja umora.

4.3.2. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja *harai goshi*

Tablica 18. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju *harai goshi*

HG		GRUPA 1				GRUPA 2			
VARIJABLA	OPT	AS	Min	Max	St. Dev.	AS	Min	Max	St. Dev.
HG_RAME_KUT	Prije	38,08	4,80	61,09	14,54	32,00	4,36	59,34	14,34
	Poslije	33,85	1,58	58,35	13,20	19,40	0,61	46,22	11,60
HG_LAKAT_KUT	Prije	100,16	63,53	141,43	19,43	111,98	58,64	156,47	23,42
	Poslije	94,18	60,85	134,39	18,86	98,12	40,07	152,69	30,16
HG_T_BAC	Prije	0,86	0,60	1,23	0,15	0,94	0,55	1,50	0,19
	Poslije	1,02	0,53	1,30	0,19	1,17	0,88	1,75	0,19
HG_STOPALO_RAZ	Prije	85,01	35,58	146,41	25,42	73,24	28,71	117,49	25,39
	Poslije	77,21	5,01	140,99	27,14	64,09	27,85	122,74	25,58
HG_KUK_FLEKS	Prije	100,98	75,03	127,04	13,49	87,95	52,36	123,64	19,06
	Poslije	102,36	70,67	138,15	15,19	87,35	54,75	124,31	19,29
HG_KUK_KUT_BRZ	Prije	349,73	237,81	414,59	34,35	268,71	143,39	377,58	48,45
	Poslije	282,55	181,42	337,31	37,41	178,38	34,37	241,82	41,37

Legenda: AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; Prije – rezultati prije protokola iscrpljivanja; Poslije – rezultati nakon protokola iscrpljivanja

U tablici 18. prikazani su rezultati osnovnih deskriptivnih pokazatelja ispitanika G1 i G2 prije i nakon protokola iscrpljivanja u izvedbi bacanja *harai goshi*. U provedbi protokola iscrpljivanja (tablica 5.) prosječne vrijednosti FS bile su $189,53 \pm 6,08$ (Min=179, Max=199). Vrijeme potrebno za izvedbu protokola iscrpljivanja prosječno je iznosilo $86,58 \pm 5,64$ sek (Min=76,42, Max=102,14).

Promatrajući prosječne vrijednosti rezultata izvedbe bacanja *harai goshi* može se utvrditi kako su rezultati u gotovo svim varijablama kod izvedbe bacanja prije protokola iscrpljivanja veći naspram rezultata kod izvedbe bacanja nakon izazivanja umora. Jedino su ispitanici G1 u varijabli HG_KUK_FLEKS imali postignutu vrijednost veću u izvedbi bacanja nakon protokola iscrpljivanja (100,98 prije nasuprot 102,36 poslije).

U varijabli HG_LAKAT_KUT, promatrajući aritmetičku sredinu, vidljivo je da ispitanici G1 imaju slabije rezultate od ispitanika G2 (G1 prije iscrpljivanja AS=100,16, a nakon iscrpljivanja AS=94,18; nasuprot G2 prije iscrpljivanja AS=111,98, a nakon iscrpljivanja AS=98,12). Isto se može objasniti zbog dobrog rezultata pojedinca iz G2, a koji je imao najveći maksimalni rezultat u promatranoj varijabli i prije i nakon protokola iscrpljivanja (G2 Max prije = 156,47; Max poslije = 152,69).

Međutim, promatrane vrijednosti kuteva u oba zgloba sugeriraju kako iscrpljivanje negativno utječe na *kuzushi* fazu bacanja. Gledajući odstupanja rezultata u svim varijablama može se reći kako je najveće odstupanje rezultata uočeno kod ispitanika G1 kod bacanja *harai goshi* prije protokola iscrpljivanja u varijabli HG_KUK_KUT_BRZ (48,45). U uvjetima odmora moguće je da svi ispitanici nisu bili jednako angažirani u izvedbi bacanja kao pod utjecajem umora, kada su se trudili maksimalno iskoristiti vlastite sposobnosti i tehničku preciznost kako bi uspješno izveli bacanje. Najveća kutna brzina u zglobu kuka zamašne noge izmjerena je kod izvedbe bacanja prije iscrpljivanja kod ispitanika G1 te iznosi 414,59, a minimalna brzina bila je 34,37 u G2 nakon iscrpljivanja.

Tablica 19. Mixed model ANOVA 2x2(opterećenje*grupa) za harai goshi bacanje

INT	TEST	Vrijednost	F	P
OPTEREĆENJE* GRUPA	Wilks	0,67	5,74	0,00*

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti;
* - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Tablica 19. prikazuje 2X2 ANOVA analizu za definiranje razlika između promatranih skupina judaša (grupe - G1 i G2) i uvjeta izvedbe (opterećenje - prije i poslije). Dobivenim rezultatima mjerenja utvrđene su statistički značajne razlike ($F=5,74$; $p=0,00$).

Tablica 20. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu varijablu za harai goshi bacanje

VARIJABLA	TEST	Vrijednos t	F	P
HG_RAME_KUT	Wilks	0,81	20,02	0,00*
HG_LAKAT_KUT	Wilks	0,92	7,57	0,01*
HG_T_BAC	Wilks	0,97	2,98	0,09
HG_STOPALO_RAZ	Wilks	1,00	0,05	0,82
HG_KUK_FLEKS	Wilks	0,99	0,55	0,46
HG_KUK_KUT_BRZ	Wilks	0,93	6,53	0,01*

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti;
* - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 20. su prikazane razlike u interakcijama između skupina (G1 i G2) i testiranih uvjeta odnosno izvedbe bacanja prije i nakon provedbe protokola iscrpljivanja zasebno za svaku promatranu varijablu. Statistički značajne razlike utvrđene su u varijablama HG_RAME_KUT ($F=20,02$, $p=0,00$), HG_LAKAT_KUT ($F=7,57$, $p=0,01$), HG_KUK_KUT_BRZ ($F=6,53$, $p=0,01$).

Tablica 21. Tukey post hoc test za varijablu HG_RAME_KUT sa statistički značajnim interakcijama

HG_RAME_KUT					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,03*	0,16	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,03*		0,92	0,00*
3	G2 prije opterećenja	0,16	0,92		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,00*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 21. su prikazane detaljne interakcije između dva faktora (opterećenje*grupa) za varijablu HG_RAME_KUT za koju su utvrđene statistički značajne razlike rezultata. Uvidom u rezultate može se zaključiti kako u promatranom ramenom zglobu postoje statistički značajne razlike interakciji 2 i 4 ($p=0,00$), odnosno postoji statistički značajna razlika u kutu u ramenom zglobu kada se promatraju rezultati G1 i G2 ispitanika u izvođenju bacanja nakon protokola iscrpljivanja. Ispitanici G1 u fazi *kuzushi* više povlače *ukea* rukom koja drži njegov rukav naprijed i gore prilikom izvođenja bacanja nakon opterećenja u odnosu na ispitanike G2. Statistički značajne razlike rezultata u promatranoj varijabli dobiveni su unutar G1 i unutar G2 kada se promatra izvedba bacanja prije i nakon opterećenja. U tablici 21. to su interakcije 1 i 2 ($p=0,03$) i 3 i 4 ($p=0,00$) te možemo reći kako je umor utjecao na rezultat obje grupe ispitanika odnosno kut se i kod jednih i kod drugih smanjio prilikom izvedbe bacanja nakon opterećenja. Nadalje, također postoji statistički značajna razlika u interakciji 1 i 4 ($p=0,00$) odnosno G1 u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja ima bolje rezultate od G2 u izvedbi nakon iscrpljivanja, što je očekivano s obzirom na kvalitetu judaša i uvjete izvedbe bacanja.

Tablica 22. Tukey post hoc test za varijablu HG_LAKAT_KUT sa statistički značajnim interakcijama

HG_LAKAT_KUT					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,03*	0,09	0,98
2	G1 nakon opterećenja	0,03*		0,00*	0,86
3	G2 prije opterećenja	0,09	0,00*		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,98	0,86	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Sličan trend kao i kod ramenog zgloba primijećen je i kod promatranog zgloba lakta (HG_LAKAT_KUT) odnosno postoje statistički značajne razlike (tablica 21). Ispitanici grupe jedan imali su statistički značajno bolje rezultate u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja nakon iscrpljivanja (interakcija 1 i 2, $p = 0,03$). Isto je dobiveno u grupi 2 odnosno rezultati izvedbe bacanja prije izazivanja umora su statistički značajno bolji u odnosu na rezultate nakon izazivanja umora (interakcija 3 i 4, $p = 0,00$). Možemo reći kako su ispitanici i jedne i druge grupe nakon iscrpljivanja imali statistički značajno manji kut u laktu ruke koja povlači *ukea* prilikom *kuzushi* faze izvedbe bacanja što znači da je umor imao negativni utjecaj na kvalitetne i manje kvalitetne judaše. Međutim, iako postoji određena razlika u izvedbi bacanja prije opterećenja i kod grupe 1 i kod grupe 2, ona nije statistički značajna (interakcija 1 i 3, $p = 0,09$). Tu treba dodati kako su rezultati grupe 2 bolji od rezultata grupe 1, kada se promatra AS rezultata varijable što se može objasniti dobrim rezultatom pojedinaca grupe 2. Nadalje, postoji razlika uspoređujući interakcije 2 i 3 ($p = 0,00$) odnosno rezultati grupe 1 nakon iscrpljivanja su statistički značajno lošiji u odnosu na rezultate grupe 2 prije iscrpljivanja. Više o dobivenim rezultatima objasniti će se u raspravi.

Tablica 23. Tukey post hoc test za varijablu HG_KUK_KUT_BRZ sa statistički značajnim interakcijama

HG_KUK_KUT_BRZ					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,00*	0,00*	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,00*		0,38	0,00*
3	G2 prije opterećenja	0,00*	0,38		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,00*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 23. prikazane su dobivene razlike u varijabli HG_KUK_KUT_BRZ koja predstavlja kutnu brzinu kuka zamašne noge. Statistički značajna razlika je utvrđena u svim interakcijama osim kada se uspoređuju rezultati G1 nakon opterećenja u odnosu na G2 prije opterećenja, interakcija 2 i 3. Unutar same grupe G1, ali i unutar grupe G2 umor je negativno utjecao na izvedbu bacanja kada se proučava spomenuta varijabla, odnosno zamašna noga bila je statistički značajno sporija u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja (interakcija 1 i 2, $p=0,00$; interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Kada se promatraju rezultati između grupa, G1 imala je statistički značajno bolje rezultate od G2 prije iscrpljivanja, tj. interakcija 1 i 3 ($p=0,00$). Isto tako utvrđeno je u izvedbi bacanja nakon provedbe protokola iscrpljivanja. G1 je imala statistički značajno bolje rezultate od G2, tj. interakcija 2 i 4 ($p=0,00$). Naposljetku, očekivano postoji razlika u rezultatima promatrane varijable između G1 prije opterećenja u odnosu na rezultate G2 nakon opterećenja, interakcija 1 i 4 ($p=0,00$).

4.3.3. Rezultati kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja *osoto gari*

Tablica 24. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju *osoto gari*

OSOTO GARI		GRUPA 1				GRUPA 2			
VARIJABLA	OPT	AS	Min	Max	St. Dev.	AS	Min	Max	St. Dev.
OG_RAME_KUT	Prije	55,30	23,41	86,61	16,13	47,52	17,17	79,64	16,71
	Poslije	49,68	14,19	88,11	18,47	35,76	2,18	74,15	19,14
OG_LAKAT_KUT	Prije	108,90	41,21	144,18	24,76	114,65	81,88	156,51	18,09
	Poslije	104,87	61,44	155,75	21,18	103,24	60,04	146,82	19,88
OG_T_BAC	Prije	0,97	0,70	1,63	0,18	1,07	0,80	1,38	0,15
	Poslije	1,12	0,68	1,88	0,24	1,37	0,92	1,95	0,24
OG_STOPALO_RAZ	Prije	72,65	18,98	148,13	32,50	88,26	10,21	147,93	34,01
	Poslije	61,97	19,11	147,24	31,26	66,61	10,95	145,91	37,12
OG_KUK_FLEKS	Prije	92,29	39,26	140,40	22,38	93,67	55,87	155,12	24,52
	Poslije	92,99	66,32	133,00	19,68	85,74	33,73	156,45	31,10
OG_KUK_KUT_BRZ	Prije	417,75	346,05	500,78	43,78	316,11	218,28	423,06	55,91
	Poslije	347,51	267,29	448,99	48,12	237,70	117,61	345,03	64,05

Legenda: AS – aritmetička sredina rezultata; MIN - minimalna vrijednost; MAX – maksimalna vrijednost; ST.DEV. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine; Prije – rezultati prije protokola iscrpljivanja; Poslije – rezultati nakon protokola iscrpljivanja

U tablici 24. prikazani su rezultati osnovnih deskriptivnih pokazatelja ispitanika G1 i G2 prije i nakon protokola iscrpljivanja u izvedbi bacanja *osoto gari*. U provedbi protokola iscrpljivanja (tablica 5.) prosječno vrijeme provedbe bilo je $87,77 \pm 6,28$ sek (Min=78,65, Max=102,14), a prosječne vrijednosti FS bile su $189,17 \pm 6,71$ (Min= 179, Max= 202).

Promatrajući prosječne vrijednosti rezultata posebno unutar grupa kod izvedbe bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na poslije, može se uočiti kako su rezultati izvedbe

bacanja prije bolji, osim kod G1 u varijabli OG_KUK_FLEKS gdje su postignute vrijednosti kod izvedbe bacanja nakon protokola iscrpljivanja veće (G1, AS prije = 92,29; AS poslije = 92,99). Najbrža izvedba bacanja odnosno najkraće trajanje izvedbe bacanja (OG_T_BAC) zabilježeno je u G1 u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja (G1 Max prije = 0,70). S druge strane, najsporije bacanje izvedeno je nakon protokola iscrpljivanja u G2 i iznosilo je 1,95.

Najmanji pomak u promatranom zglobu ramena (OG_RAME_KUT) zabilježen je kod G2 nakon protokola iscrpljivanja te vrijednost iznosi 2,18, što sugerira da je umor negativno utjecao na izvedbu bacanja te *tori* gotovo uopće nije koristio ruku kojom drži *ukeov* rukav za povlačenje *ukea* i narušavanje njegova ravnotežnog položaja. Zanimljiv podatak dobiven je u varijabli OG_LAKAT_KUT, gledajući srednje vrijednosti, G2 postigla je bolje rezultate u odnosu na G1 u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja (G1 AS prije = 108,90 naspram G2 AS prije = 114,65) da bi nakon provedenog protokola iscrpljivanja G1 imala bolje rezultate u odnosu na G2 (G1 AS poslije = 104,87 naspram G2 AS poslije = 103,24).

Tablica 25. Mixed model ANOVA 2x2(opterećenje*grupa) za osoto gari bacanje

INTERAKCIJA	TEST	VALUE	F	P
OPTEREĆENJE* GRUPA	Wilks	0,80	2,93	0,01*

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti;

* - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Tablica 25. prikazuje 2X2 ANOVA za definiranje razlika između promatranih skupina judaša (grupe - G1 i G2) i uvjeta izvedbe (opterećenje - prije i poslije). Dobivenim rezultatima mjerenja utvrđene su statistički značajne razlike ($F=2,93$; $p=0,01$).

Tablica 26. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu varijablu za osoto gari bacanje

VARIJABLA	TEST	VALUE	F	P
OG_RAME_KUT	Wilks	0,94	5,72	0,02*
OG_LAKAT_KUT	Wilks	0,93	6,97	0,01*
OG_T_BAC	Wilks	0,89	10,82	0,00*
OG_STOPALO_RAZ	Wilks	0,96	3,44	0,07
OG_KUK_FLEKS	Wilks	0,96	3,95	0,05*
OG_KUK_KUT_BRZ	Wilks	0,99	0,94	0,34

Legenda: Test – provedeni test; VALUE (vrijednost) – rezultat wilksove lambde; F – f vrijednost; p - nivo značajnosti; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 26. su prikazane razlike u interakcijama između skupina (G1 i G2) i testiranih uvjeta odnosno izvedbe bacanja prije i nakon provedbe protokola iscrpljivanja zasebno za svaku promatranu varijablu. Statistički značajna razlika utvrđena je kod slijedećih varijabli: OG_RAME_KUT ($F=5,72$, $p=0,02$), OG_LAKAT_KUT ($F=6,97$, $p=0,01$), OG_T_BAC ($F=10,82$, $p=0,00$) i OG_KUK_FLEKS ($F=3,95$, $p=0,05$).

Nadalje su putem *Tukey post hoc* testom promatrane interakcije između vrste opterećenja i grupa ispitanika za varijable u kojima je utvrđena statistički značajna razlika.

Tablica 27. Tukey post hoc test za varijablu OG_RAME_KUT sa statistički značajnim interakcijama

OG_RAME_KUT					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,02*	0,16	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,02*		0,94	0,00*
3	G2 prije opterećenja	0,16	0,94		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,00*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

U tablici 27. su prikazane detaljne interakcije između dva faktora (opterećenje*grupa) za varijablu OG_RAME_KUT. Temeljem dobivenih rezultata moguće je zaključiti kako umor negativno utječe na izvedbu bacanja kada se promatra povlačenje *ukea* (rukom koja drži *ukeov* rukav) u smjeru nazad i u stranu (u odnosu na *ukea*) u pokušaju narušavanja njegova ravnotežnog položaja prilikom *kuzushi* faze bacanja. Ako usporedimo rezultate unutar svake grupe, može se reći kako su ispitanici G1 imali statistički značajno bolje rezultate u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na rezultate u izvedbi nakon iscrpljivanja, tj. interakcija 1 i 2 ($p=0,02$). Ista pojava dobivena je i unutar G2, odnosno interakcija 3 i 4 ($p=0,00$). Ono zanimljivo jest da su ispitanici G1 u izvedbi nakon iscrpljivanja imali statistički značajno bolje rezultate od ispitanika G2 u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja, tj. interakcija 2 i 4 ($p=0,00$). Može se reći kako judaši višeg nivoa treniranosti bolje reagiraju u otežanim uvjetima, kakvi se najčešće javljaju u stvarnim natjecateljskim situacijama. Očekivano, postoji statistički značajna razlika kada se promatraju rezultati G1 u izvedbi bacanja prije opterećenja u odnosu na rezultate G2 u izvedbi bacanja nakon opterećenja, tj. interakcija 1 i 4 ($p=0,00$).

Tablica 28. Tukey post hoc test za varijablu OG_LAKAT_KUT sa statistički značajnim interakcijama

OG_LAKAT_KUT					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,21	0,57	0,58
2	G1 nakon opterećenja	0,21		0,13	0,98
3	G2 prije opterećenja	0,57	0,13		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,58	0,98	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Kada promatramo rezultate fleksije lakta ruke *toria* koja drži rever *ukea* odnosno varijablu OG_LAKAT_KUT (tablica 28.) vidimo da je statistički značajna razlika dobivena samo unutar grupe G2, interakcija 3 i 4 ($p=0,00$). Odnosno statistički značajno veći kut postigli su ispitanici G2 u izvedbi bacanja prije provedbe protokola iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja nakon izazivanja umora. U ostalim interakcijama nije utvrđena statistički značajna razlika. Ispitanici G1 su manje varirali u rezultatima kada se usporede izvedbe bacanja prije i nakon izazivanja umora. Moguće je da kod nekih ispitanika nije došlo do punog angažmana pri izvedbi bacanja u uvjetima bez umora, dok su otežani uvjeti nakon izazivanja umora potaknuli ispitanike G1 na veću koncentraciju i usmjerenost na učinkovitu izvedbu tehnike.

Tablica 29. Tukey post hoc test za varijablu OG_KUK_FLEKS sa statistički značajnim interakcijama

OG_KUK_FLEKS					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		1,00	0,99	0,6
2	G1 nakon opterećenja	1,00		1,00	0,52
3	G2 prije opterećenja	0,99	1,00		0,04*
4	G2 nakon opterećenja	0,6	0,52	0,04*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Isto kao i kod prethodno promatrane varijable i u varijabli OG_KUK_FLEKS odnosno kutu kuka stajne noge *toria* u završnom dijelu *kake* faze bacanja, statistički značajna razlika zabilježena je samo unutar grupe G2 (tablica 29.). Ispitanici grupe G2 su postigli statistički veću fleksiju kuka stajne noge prilikom izvedbe bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja nakon provedbe protokola iscrpljivanja, interakcija 3 i 4 ($p=0,04$). U ostalim rezultatima iako ima razlika nisu utvrđene statistički značajne razlike. Rezultati odgovaraju prethodno promatranoj varijabli jer su ispitanici G1 prilikom izvedbe bacanja nakon provedbe iscrpljivanja imali čak nešto veći kut u kuku stajne noge u odnosu na izvedbu bacanja prije izazivanja umora (tablica 24.).

Tablica 30. Tukey post hoc test za varijablu OG_T_BAC sa statistički značajnim interakcijama

OG_T_BAC					
INT		1	2	3	4
	GRUPA/OPT	G1 prije opterećenja	G1 nakon opterećenja	G2 prije opterećenja	G2 nakon opterećenja
1	G1 prije opterećenja		0,00*	0,09	0,00*
2	G1 nakon opterećenja	0,00*		0,65	0,00*
3	G2 prije opterećenja	0,09	0,65		0,00*
4	G2 nakon opterećenja	0,00*	0,00*	0,00*	

Legenda: INT – interakcija; GRUPA – grupa ispitanika; OPT – rezultat prije i nakon protokola iscrpljivanja; * - označene vrijednosti su statistički značajne uz $p < 0,05$

Kada promatramo rezultate interakcija varijable OG_T_BAC (tablica 30.) može se reći kako opterećenje odnosno pojava umora značajno utječe na vrijeme potrebno za izvedbu tehnike bacanja *osoto gari*. Utvrđena je statistički značajna razlika u rezultatima kada se promatra grupa G1 prilikom izvedbe bacanja prije i nakon opterećenja odnosno interakcija 1 i 2 ($p=0,00$). Odnosno ispitanici grupe G1 su statistički značajno sporije izveli bacanje nakon provedbe protokola iscrpljivanja. Nadalje, jednaki trend utvrđen je i kod grupe G2 odnosno interakcija 3 i 4 ($p=0,00$). Iako postoje razlike u brzini izvođenja bacanja između grupa G1 i G2 prije izazivanja umora, one nisu statistički značajne. Međutim, nakon provedbe iscrpljivanja ispitanici grupe G1 izveli su bacanje *osoto gari* statistički značajno brže od ispitanika grupe G2, tj. interakcija 2 i 4 ($p=0,00$). Također, očekivano je utvrđena statistički značajna razlika kada se uspoređuju rezultati grupe G1 u izvedbi bacanja prije iscrpljivanja u odnosu na rezultate ispitanika G2 u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja, odnosno interakcija 1 i 4 ($p=0,00$).

4.4. KORELACIJA

4.4.1. Korelacija kinematičkih pokazatelja sa ravnotežom

Tablica 31. Korelacija_kinematika bacanja ippon seoi nage sa ravnotežom

Varijabla	MBA U10_ D	MBA U10_ L	G_O_ D_ML -MD	G_O_ D_AP -MD	G_O_ L_ML -MD	G_O_ L_AP -MD	G_Z_ D_ML -MD	G_Z_ D_AP -MD	G_Z_ L_ML -MD	G_Z_ L_A P- MD
ISN_L_RA ME_KUT	-0,07	0,03	0,37	0,10	0,22	0,21	0,33	0,30	0,18	0,20
ISN_D_RA ME_KUT	-0,04	0,05	-0,22	-0,23	-0,02	-0,11	0,04	-0,18	-0,19	-0,37
ISN_ZDJ_U LAZ	0,37	0,45	-0,26	0,06	0,06	0,23	-0,17	-0,15	-0,13	-0,07
ISN_ZDJ_B AC	0,33	0,31	-0,06	-0,05	0,05	0,19	-0,11	-0,15	-0,02	0,00
ISN_ŠAKA BRZ	0,13	0,22	-0,32	-0,20	-0,24	-0,22	-0,17	-0,32	-0,41	-0,39
ISN_GLA V_A_RAZ	-0,34	-0,27	-0,22	0,04	-0,13	0,02	-0,04	-0,14	0,07	-0,14

U Tablici 31. uočava se nekoliko umjerenih korelacija koje upućuju na povezanost između elemenata tehnike bacanja *ippon seoi nage* i parametara za procjenu ravnoteže. Najizraženija je negativna korelacija varijable ISN_ŠAKA_BRZ i parametara G_Z_L_ML-MD ($r=-0,41$) i G_Z_L_AP-MD ($r=-0,39$) što ukazuju na to da veća brzina pokreta šake u završnoj fazi bacanja *ippon seoi nage* prati manji odmak centra mase, odnosno bolju stabilnost tijela u testovima za procjenu ravnoteže u uvjetima smanjene vizualne kontrole. Ovo upućuje na mogući pozitivan odnos između eksplozivnosti ruke i posturalne kontrole. Iako ove korelacije nisu izrazito visoke, prelaze prag slabe povezanosti i ulaze u područje umjerene, što im daje potencijalnu interpretativnu vrijednost u analizi tehničke izvedbe u odnosu na ravnotežu.

Pozitivne korelacije varijable ISN_ZDJ_ULAZ s pokazateljima ravnoteže MBAU10_D ($r = 0,37$) i MBAU10_L ($r = 0,45$) upućuju na to da niže spuštanje centra težišta tijela (CTT) u fazi *tsukuri* ima određenu povezanost s boljom posturalnom stabilnošću u testovima za procjenu ravnoteže MBAU10. Međutim, dodatna

interpretacija ovih rezultata upućuje na mogućnost da testovi MBAU10 možda nisu dovoljno osjetljivi i specifični za procjenu ravnoteže kod judaša što potvrđuju rezultati drugih testova za procjenu ravnoteže u ovom istraživanju (testovi za procjenu ravnoteže mjereni GYKO-om). S obzirom na specifične zahtjeve judo sporta, koji uključuju složene ravnotežne reakcije u dinamičkim i kontaktno orijentiranim situacijama, judaši u pravilu pokazuju viši stupanj razvijenosti posturalne kontrole u odnosu na osobe koje se ne bave judom (Perrin i sur., 2002.; Witkowski, Maśliński, Remiarz, 2014.; Sterkowicz i sur., 2016.). Stoga se može pretpostaviti da bi primjena osjetljivijih ili funkcionalno specifičnijih testova ravnoteže pružila precizniju diferencijaciju unutar ove populacije i ukazala na veću povezanost s kinematičkim pokazateljima bacanja *ippon seoi nage*.

S obzirom na dobivene korelacijske vrijednosti, a budući je većina korelacija niska ili zanemariva, može se zaključiti da ne postoji jasna ni snažna povezanost između kinematičkih parametara *ippon seoi nage* bacanja i ravnoteže u cjelini.

Tablica 32. Korelacija_kinematika harai goshi sa ravnotežom

Varijabla	MBA U10_ D	MBAU 10_L	G_O_ D_ML -MD	G_O_ D_AP -MD	G_O_ L_ML- MD	G_O_ L_AP- MD	G_Z_ D_ML -MD	G_Z_ D_AP- MD	G_Z_ L_ML- MD	G_Z_ L_AP- MD
HG_RA ME_KUT	0,03	0,09	0,52	0,14	0,53	0,34	0,30	0,35	0,35	0,36
HG_LAK AT_KUT	-0,12	-0,14	-0,23	-0,41	0,08	-0,08	-0,18	-0,18	-0,16	-0,07
HG_T_B AC	-0,15	-0,13	-0,07	0,01	0,12	0,17	-0,14	0,14	-0,02	0,12
HG_STO PAL_RA Z	0,04	0,02	-0,33	-0,12	-0,10	-0,04	-0,19	-0,23	-0,13	-0,20
HG_KUK _FLEX	0,10	0,16	-0,29	0,02	-0,28	-0,11	-0,13	-0,04	-0,12	-0,14
HG_KUK _KUT_B RZ	0,01	0,09	-0,07	0,10	0,01	0,09	0,06	-0,05	0,05	-0,15

Kod tehnike bacanja *harai goshi* (tablica 32.), najistaknutija je korelacija varijable HG_RAME_KUT, s parametrima za procjenu ravnoteže G_O_D_ML-MD ($r=0,52$) i G_O_L_ML-MD ($r=0,53$) u medio-lateralnoj osi pri stajanju na desnoj i lijevoj nozi s otvorenim očima. Ove vrijednosti spadaju u područje umjerene pozitivne korelacije, što može ukazivati na značajnu povezanost između kuta u ramenu kod narušavanja ravnoteže *ukea* i medio-lateralne ravnoteže tijekom izvedbe tehnike. S obzirom na kinematičku strukturu bacanja *harai goshi*, gdje kontrola rotacije i nagiba gornjeg dijela tijela ima važnu ulogu, ova korelacija je očekivana i može imati praktičnu vrijednost. Ipak, većina ostalih vrijednosti ostaje u području slabe korelacije, pa se i ovdje ukupno može govoriti o parcijalnim, lokalnim povezanostima, više nego o jedinstvenom obrascu povezanosti kinematike i ravnoteže.

Tablica 33. Korelacija_kinematika osoto gari sa ravnotežom

Varijabla	MBAU 10_D	MBAU 10_L	G_O_ D_ML -MD	G_O_ D_AP -MD	G_O_ L_ML -MD	G_O_ L_AP -MD	G_Z_ D_ML -MD	G_Z_ D_AP -MD	G_Z_ L_ML -MD	G_Z_ L_AP -MD
OG_RAM E_KUT	-0,08	-0,03	0,33	0,11	0,40	0,23	0,21	0,13	0,15	0,18
OG_LAKA T_KUT	0,29	0,27	-0,11	-0,09	0,13	0,05	-0,16	-0,18	-0,14	-0,06
OG_T_BA C	0,00	-0,05	0,22	0,18	0,09	0,10	0,26	0,43	0,28	0,21
OG_STOP AL_RAZ	0,11	0,13	-0,21	0,00	-0,14	-0,07	-0,03	-0,07	-0,08	0,04
OG_KUK _FLEX	0,08	0,21	-0,09	0,13	-0,24	0,01	0,10	0,16	-0,03	0,15
OG_KUK _KUT_BR Z	-0,11	-0,14	0,06	0,17	0,10	0,26	0,05	0,03	0,13	-0,02

U tehnici bacanja *osoto gari* ističe se nekoliko korelacija koje ukazuju na umjerenu povezanost određenih kinematičkih varijabli s parametrima ravnoteže (Tablica 33.). Umjerena pozitivna korelacija između varijabli OG_T_BAC i G_Z_D_AP-MD ($r=0,43$) upućuje na to da judaši koji su bacanje *osoto gari* izvodili u kraćem vremenu, pritom ostvaruju manje pomake CTT, odnosno bolju ravnotežu pri stajanju na desnoj nozi sa zatvorenim očima. Ovaj nalaz može upućivati na to da bolja posturalna kontrola

omogućuje bržu i stabilniju izvedbu bacanja. Nadalje, varijabla OG_RAME_KUT pokazuje umjerenu korelaciju s parametrom za procjenu ravnoteže G_O_L_ML-MD ($r=0,40$), što može sugerirati povezanost kuta ramena u *kuzushi* fazi s lateralnom stabilnošću na lijevoj nozi što odgovara samoj strukturi bacanja *osoto gari*. Iako nisu uočeni dosljedni i snažni obrasci povezanosti između svih kinematičkih varijabli bacanja *osoto gari* i ravnotežnih sposobnosti, pojedine korelacije, osobito spomenute koje imaju određenu aplikativnu vrijednost za judo, upućuju na moguću povezanost posturalne stabilnosti s tehničkim aspektima izvedbe. Takvi nalazi mogu poslužiti kao temelj za dublje istraživanje biomehaničkih veza između kontrole ravnoteže i preciznosti kinematike u specifičnim fazama bacanja.

4.4.2. Korelacija kinematičkih pokazatelja sa koordinacijom

Tablica 34. Korelacija_kinematika bacanja ippon seoi nage sa koordinacijom

Varijabla	HEXAGONAL	MAGONT	MSCO
ISN_L_RAME_KUT	0,22	0,09	0,23
ISN_D_RAME_KUT	-0,26	-0,01	-0,23
ISN_ZDJ_ULAZ	0,24	0,11	0,09
ISN_ZDJ_BAC	0,08	0,09	-0,10
ISN_ŠAKA_BRZ	0,18	-0,21	-0,10
ISN_GLAVA_RAZ	-0,30	-0,09	-0,02

Za rezultate navedene u tablici 34., koja prikazuje korelacije između kinematičkih varijabli bacanja *ippon seoi nage* i testova koordinacije, može se utvrditi kako nije pronađena nijedna korelacija koja bi se mogla smatrati umjerenom ili visokom ($r \geq 0,40$). Sve vrijednosti ostaju u području slabe povezanosti, pri čemu nijedna varijabla ne prelazi prag od 0,30 s više od jedne mjere koordinacije. Stoga se može zaključiti da nije utvrđena značajnija povezanost između kinematičkih parametara tehnike bacanja *ippon seoi nage* i rezultata koordinacijskih testova u ovom uzorku.

Tablica 35. Korelacija_kinematika bacanja harai goshi sa koordinacijom

Varijabla	HEXAGONAL	MAGONT	MSCO
HG_RAME_KUT	0,18	0,09	0,29
HG_LAKAT_KUT	0,17	-0,24	-0,14
HG_T_BAC	0,28	0,12	0,18
HG_STOPAL_RAZ	0,15	-0,14	-0,01
HG_KUK_FLEX	0,11	0,28	0,03
HG_KUK_KUT_BRZ	0,18	0,07	0,11

U tablici 35. prikazani su rezultati korelacije kinematičkih pokazatelja u izvedbi bacanja *harai goshi* sa testovima za procjenu koordinacije. Iz vidljivog može se zaključiti kako nije pronađena nijedna relevantna ili interpretacijski vrijedna korelacija, što ukazuje na to da u ovom uzorku nema značajnije povezanosti između kinematičkih pokazatelja izvedbe bacanja *harai goshi* i rezultata testova za procjenu koordinacije.

Tablica 36. Korelacija_kinematika bacanja osoto gari sa koordinacijom

Varijabla	HEXAGONAL	MAGONT	MSCO
OG_RAME_KUT	0,33	-0,06	0,21
OG_LAKAT_KUT	0,21	-0,38	0,06
OG_T_BAC	-0,04	0,25	-0,13
OG_STOPAL_RAZ	0,13	-0,04	-0,07
OG_KUK_FLEX	0,22	0,35	0,12
OG_KUK_KUT_BRZ	0,35	0,02	0,08

U tablici 36. jedina potencijalno interpretativno vrijedna korelacija zabilježena je između varijable kinematičkog pokazatelja OG_LAKAT_KUT i testa za procjenu koordinacije MAGONT ($r=-0,38$). Ova negativna povezanost upućuje na to da sudionici

koji su postigli bolje rezultate u testu okretnosti (brže vrijeme) tijekom bacanja *osoto gari* zadržavaju veći kut u *tsukuri* fazi bacanja. Ova veza može ukazivati na funkcionalnu povezanost između brzine promjene položaja tijela i pozicije ruke tijekom izvedbe bacanja odnosno sposobnosti kontrole *ukea* u *tsukuri* fazi bacanja, iako se radi o graničnoj vrijednosti umjerene korelacije.

Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti kako nije utvrđena snažna ni konzistentna povezanost između kinematičkih varijabli izvedbi bacanja i testova za procjenu ravnoteže i koordinacije. U većini tablica dominiraju slabe korelacije, dok su umjerene povezanosti zabilježene samo u pojedinačnim varijablama i to izolirano, bez jasno izraženog obrasca. Takav nalaz upućuje na to da u ovom uzorku ispitanika i s primijenjenim testovima za procjenu ne postoji opća povezanost između tehničke izvedbe i sposobnosti ravnoteže ili koordinacije. Ovakav rezultat može biti posljedica ograničenja vezanih uz veličinu i karakteristike uzorka, ali i specifičnost korištenih testova koji možda ne odgovaraju kompleksnim judo kretnjama.

5. RASPRAVA

Judo borba od uzrasta kadeta do seniorskog uzrasta traje četiri minute, tijekom koje dolazi do značajnog iscrpljivanja oba borca te opadanja razine motoričkih i funkcionalnih sposobnosti. Onaj borac koji usprkos umoru uspijeva izvoditi judo bacanja na tehnički višoj razini, koordinirano i u povoljnijem ravnotežnom položaju, zasigurno će imati i manji utrošak energije te na taj način ostvariti prednost u odnosu na protivnika. Pad razine sposobnosti dovodi do cijelog niza poteškoća u kinematičkom lancu koji je odgovoran pri izvedbi bacanja. Također, za istaknuti je kako loša izvedba bacanja u situacijskim uvjetima može dovesti do ozljede sportaša. Prema istraživanju (Blach, Smolders, Simenko, Mackala, 2022.) kod vrhunskih judaša, najveći broj ozljeda događa se tijekom borbe u stojećem stavu (78,0%) od čega 22,3% na *toriu* tijekom izvedbe bacanja. U nastavku ćemo objasniti rezultate dobivene u istraživanju prema redoslijedu kako su navedeni u prethodnom poglavlju.

5.1. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU

RAVNOTEŽE

Ravnoteža, kao jedna od ključnih komponenti u judu, a posebno u judo borbi igra presudnu ulogu u tehničkoj preciznosti i stabilnosti tijekom izvedbe bacanja. Prilikom izvedbe bacanja vrlo je važno da *tori* zadrži stabilan ravnotežni položaj, a istovremeno naruši *ukeov* kako bi povećao šanse za uspješnu izvedbu bacanja. Ravnoteža kao takva igra ključnu ulogu u stvaranju stabilnog prijenosa sile tijekom bacanja. U ovoj disertaciji nastojalo se utvrditi postižu li kvalitetniji judaši bolje rezultate u testovima za procjenu ravnoteže te može li se ta superiornost preslikati na kinematičke pokazatelje izvedbe bacanja, čime bismo dodatno potvrdili povezanost motoričkih sposobnosti i razine sportske izvrsnosti.

Promatrajući rezultate osnovnih deskriptivnih pokazatelja odnosno prosječne vrijednosti rezultata vidljivo je da su kvalitetniji judaši (grupa 1 - G1) imali bolje rezultate

u svim promatranim varijablama osim u varijabli MBAU10_L gdje su manje kvalitetni judaši (grupa 2 - G2) imali bolji rezultat (G2, AS=18,84 naspram G1, AS=15,57)(tablica 6.). Ako se pogledaju maksimalni rezultati spomenute varijable uočljivo je kako je rezultat jednog pojedinca pridonio tome, odnosno ostvario je maksimalno vrijeme koje taj test registrira, 120,00 sekundi, što utječe na rezultat čitave grupe. Kako se radi o testu slabe osjetljivosti nisu registrirani statistički značajne razlike. Nadalje, vrijednosti standardnih devijacija u testovima MBAU10_D i MBAU10_L ukazuju kako su judaši G1 imali više grupirane rezultate od judaša G2. Isto je, kako je već navedeno, rezultat pojedinca u grupi G2 koji je u oba testa postigao maksimalan rezultat u trajanju od 120 sekundi.

S druge strane uređaj GYKO bilježi vrlo male pomake centra težišta tijela te je u osam od šesnaest varijabli mjerenih GYKO-om utvrđena statistički značajna razlika (G_O_DML-MD, $p=0,04$; G_Z_D_EA, $p=0,02$; G_Z_D_ML-MD, $p=0,03$; G_Z_D_AP-MD, $p=0,01$; G_Z_L_EA, $p=0,02$; G_Z_L_D-MD, $p=0,01$; G_Z_L_ML-MD, $p=0,03$ i G_Z_L_AP-MD, $p=0,02$)(tablica 7.).

Također u tri varijable p vrijednost je bila blizu granice statističke značajnosti (G_O_L_D-MD, $p=0,07$; G_O_L_ML-MD, $p=0,09$ i G_Z_D_D-MD, $p=0,07$)(tablica 7.).

Budući judaši kroz proces učenja kompleksnih judo bacanja stalno izmjenjuju uvjete statičke i dinamičke ravnoteže, navikli su održavati ravnotežu u standardnim uvjetima, što može prikriti stvarne razlike u sposobnostima između pojedinaca različite kvalitativne razine. To potvrđuju i nalazi ovog istraživanja gdje su statistički značajne razlike utvrđene samo u testovima za procjenu ravnoteže koje su mjerene s uređajem GYKO koji registrira najmanje pomake centra težišta tijela. Iz navedenog može se zaključiti kako je za utvrđivanje razlika u procjeni ravnoteže kod judaša kadeta različitog kvalitativnog nivoa treniranosti nužno da su testovi osjetljivi i precizni.

Tome u prilog ide istraživanje Witkowski, Maśliński i Remiarz (2014.) koji su proučavali razlike u statičkoj i dinamičkoj ravnoteži između dječaka koji su trenirali judo i njihovih vršnjaka koji nisu trenirali judo. Dječaci su imali između 14 i 15 godina života te su provedena dva testa, po jedan za statičku ravnotežu te jedan za dinamičku. Za statičku ravnotežu rađen je „flamingo” test koji po svojim karakteristikama dosta nalikuje našem bazičnom testu za procjenu ravnoteže (Belej, Junger i sur., 2006.; Raczek,

Mynarski i Ljach, 2002.). Statistički značajna razlika utvrđena je kod testa za procjenu dinamičke ravnoteže rađene na „Marching testu” (Witkowski, Stefaniak, Kuźmiński, 2004.) dok kod statičke ravnoteže nije. Razlog tome je također slaba osjetljivost testa, budući je grupa dječaka koji se bave judom ipak imala nešto bolje rezultate u odnosu na grupu dječaka koji ne treniraju judo. Nadalje, u prilog tome ide i visoka pozitivna korelacija rezultata u oba testa kod dječaka judaša dok kod druge grupe to nije bio slučaj.

Rezultati testova mjereni uređajem GYKO pokazuju određene statistički značajne razlike između grupa. Kako je prije navedeno, statistički značajna razlika dobivena je u osam od šesnaest varijabla mjenjenih GYKO-om, odnosno ispitanici G1 imali su statistički značajno bolje rezultate od ispitanika G2. Posebno je zanimljivo da su ti rezultati većinom dobiveni u testovima sa zatvorenim očima. U svim varijablama gdje su prilikom provedbe testa oči bile zatvorene postignuti rezultat G1 je statistički značajno bolji u odnosu na rezultat G2, osim u varijabli G_Z_D-D-MD. Međutim, i u toj varijabli je skoro dostignuta statistički značajna razlika, odnosno postignuta vrijednost $p=0,07$. Takav rezultat sugerira da kvalitetniji judaši bolje reagiraju od manje kvalitetnih u otežanim uvjetima koji u ovom slučaju predstavlja izuzimanje vizualnog faktora kojim se utječe na cjelokupni vestibularni aparat. Slične rezultate dobili su i Segedi, Cetinić i Sertić (2022.), koji su u svom istraživanju potvrdili povezanost ravnoteže i koordinacije s razinom kvalitete treniranosti judaša, pri čemu su bolje ocjene koordinacije i stabilnosti bile karakteristične za natjecatelje višeg kvalitativnog ranga. Sukladno tome, može se zaključiti kako bi i u otežanim uvjetima u borbi gdje je u pitanju konstantna izmjena statičke i dinamičke ravnoteže, kvalitetniji judaši bolje reagirali na određene iznenadne situacije (povlačenje ili napad protivnika) u odnosu na manje kvalitetne judaše u identičnim uvjetima.

U istraživanju Sterkowitz i suradnici (2016.) koji su pored jakosti hvata istraživali i ravnotežu na judašima i studentima koji ne treniraju judo dobiveni su slični rezultati. Oni su proučavali kako se utjecaj umora manifestira na ravnotežu. Ravnoteža je proučavana na način da su ispitanici stajali s obje noge na platformi (CQ Stab 2P balance platform) u trajanju 30 sekundi sa otvorenim očima i zatim sa zatvorenim. Test je proveden prije zagrijavanja, nakon zagrijavanja (5 minuta) i nakon izazivanja umora

(Wingate anaerobic test - Bar-Or O., 1987.). Utvrdili su da umor značajno utječe na ravnotežu te da su judaši imali statistički značajno bolje rezultate u odnosu na studente koji ne treniraju judo. Ono zanimljivo iz spomenutog istraživanja jest podatak da su judaši, kada promatramo samo njihovu grupu, imali statistički značajno bolje rezultate unutar grupe u testu sa otvorenim očima, poglavito u varijabli SA - *sway area* odnosno ukupnoj površini kretanja centra težišta tijela (što odgovara parametru varijabli ovog rada - EA - *ellipse area*), u sve tri faze, tj. prije zagrijavanja, nakon zagrijavanja i nakon utjecaja umora. Ako se ta saznanja usporede s ovim radom i promotre se AS vrijednosti testova za procjenu ravnoteže mjerenih GYKO-m sa zatvorenim i otvorenim očima u varijablama gdje se promatrao EA mogu se uočiti određene sličnosti. U sve četiri varijable judaši G1 su imali bolje rezultate od judaša G2, međutim ono posebno zanimljivo je da su u testovima sa zatvorenim očima odnosno u varijablama G_Z_D_EA i G_Z_L_EA judaši G1 imali statistički značajno bolje rezultate u odnosu na judaše G2. Test za procjenu ravnoteže gdje ispitanik stoji na jednoj nozi i pri tome ima zatvorene oči predstavlja otežane uvjete u kojima se ispitanik nalazi. Takvi uvjeti mogu simulirati otežane borbene uvjete, a zatim ciljanim treningom adaptirati judaša da u borbi lakše održi ravnotežni položaj. Sterkowitz i suradnici (2016.) utvrdili su kako je važno poznavati koliko umor djeluje na ravnotežu jer je ona izuzetno bitna pri izvođenju tehnika bacanja. Međutim bitno je utvrditi ne samo koliko umor utječe na ravnotežu već koliko ukupno djeluje na kompletni kinetički lanac koji sudjeluje u izvedbi bacanja.

Nadalje, slično kao u ovom istraživanju, Paillard i sur. (2002.) su istraživali postoji li razlika u održavanju ravnoteže kod judaša različitog natjecateljskog nivoa. Istraživanje je provedeno na 20 judaša (godine života 16-19) koje su podijelili u 2 grupe, kvalitetnije koji su bili natjecatelji regionalnog nivoa i manje kvalitetne koji su bili natjecatelji nacionalnog i međunarodnog nivoa. Testirana je ravnoteža odnosno posturalno držanje pomoću platforme (Satel; 480 × 480 × 65 mm; Satel, Blagnac, France). Judaši su imali zadatak mirno stajati, s obje noge na tlu i rukama uz tijelo. Test je trajao 51,2 sekunde i proveli su ga prvo sa otvorenim očima, a zatim sa zatvorenim. Nije dobivena statistički značajna razlika između dviju grupa judaša, međutim dobiveni rezultati bili su nešto bolji kod iskusnijih odnosno kvalitetnijih judaša u testu sa otvorenim očima. Budući su judaši testirani na način da s obje noge stoje na tlu nisu stvoreni

otežani uvjeti koje bi bolje detektirali kvalitetnije judaše od manje kvalitetnih.

Ovaj rad utvrđuje upravo to, odnosno kada se pred judaše postavi test koji procjenjuje ravnotežu u otežanim uvjetima na način da stoje na jednoj nozi i još zatvore oči, tada kvaliteta judaša, odnosno nivo treniranosti dolazi do izražaja. Situacijski uvjeti, odnosno judo borba, koju čine konstantne izmjene dinamičke i statičke ravnoteže s mnogim akcijama napada ili kontra napada u kojima judaš u mnogim trenucima stoji na jednoj nozi predstavlja upravo te otežane uvjete. Tada, u tom visoko intenzivnom ritmu borbe, judaš mora biti sposoban održati ravnotežni položaj iz kojeg će na najbolji mogući način narušiti ravnotežni položaj svog protivnika te brzo i odlučnom reakcijom plasirati jednu od tehnika bacanja i poentirati ili sprovesti tranziciju borbe iz stojećeg stava u borbu u parteru i pri tome ostati u kontroli nad protivnikom.

Budući se borba provodi u visoko intenzivnom tempu treba razumjeti i kako umor djeluje na nivo treniranosti ravnoteže. U skladu s time, Morán-Navarro i sur. (2015.) istraživali su razlike u ravnoteži kod vrhunskih hrvača (godine života 19 ± 2.6) koje su podijelili u dvije grupe. Elitne, odnosno natjecatelje međunarodnog nivoa, tj. reprezentativci koji su sudjelovali na europskim i svjetskim natjecanjima i ne-elite, odnosno natjecatelje nacionalnog nivoa, tj. finaliste državnih prvenstava. Ravnoteža je proučavana prije i nakon iscrpljivanja u dinamičkim i statičkim uvjetima. Statički na način da su ispitanici bos stajali na platformi na dvije noge i zatim na svakoj nozi posebno. Dinamički uvjeti su osigurani na način da su ispitanici stajali na 15cm debeloj spužvi koja je bila postavljena na platformu te su proveli iste testove, stajanje na dvije noge te potom na svakoj zasebno. Ruke odnosno dlanovi su bili na kukovima, a u testovima na jednoj nozi, suprotna noga bila je skvrčena u koljenu pod kutem od 90° . Slično kao i u ovom istraživanju, rezultati istraživanja Morán-Navarro i sur. (2015.) nisu bili normalno distribuirani te su razlike utvrđivane *Kruskal Wallis* testom posebno za svaku varijablu. Iako su elitni hrvači imali nešto bolje rezultate od ne-elitnih i prije i nakon izazivanja umora, nisu utvrđene statistički značajne razlike. Međutim izazivanjem umora ipak je primijećen određen pad sposobnosti u održavanju ravnoteže i kod jedne i kod druge grupe, a posebno u testovima stajanja na jednoj nozi. Zaključuju kako kvaliteta boraca i iskustvo pridonose tome da su razlike u ravnoteži male, odnosno postoje razlike između boraca kada dosegnu određeni nivo treniranosti. Ovo istraživanje proučava judaše

kadetskog uzrasta, u kojem trenažni proces još uvijek snažno pridonosi razvoju motoričkih i funkcionalnih sposobnosti i potvrđuje kako postoji statistički značajna razlika između judaša kada ih se izloži otežanim uvjetima koji na određen način odgovaraju situacijama u borbi.

Mašliński i sur. (2016.) su proučavajući judaše različitih starosnih kategorija (grupa 1 – godine života = 15-16, grupa 2 – godine života = 17-19 i grupa 3 – godine života = >20) zaključili kako se nivo razvoja statičke ravnoteže ne mijenja s godinama. Zanimljivo je kako su primijetili pad sposobnosti statičke ravnoteže kod grupe 2. Statičku ravnotežu su testirali „flamingo” testom na jednoj, zatim na drugoj nozi. Dobivene rezultate (grupe 2) pripisuju utjecaju rasta i razvoja odnosno nagloj promjeni tjelesne visine i tjelesne težine, međutim, budući se ne radi o longitudinalnoj studiji teško je zaključiti o kolikom utjecaju se radi. Rezultati nisu ukazali na statistički značajne razlike u statičkoj ravnoteži između grupa ispitanika. Međutim, kao i u ovom istraživanju, moguće je da judaši, s obzirom na specifične zahtjeve sporta kojim se bave (kompleksne tehnike bacanja čija točna izvedba sama po sebi razvija koordinaciju i ravnotežu kod judaša), već posjeduju relativno visoku razinu razvijenosti ravnoteže. Iz tog razloga potrebno ih je testirati u otežanim uvjetima kako bi se detektirale stvarne razlike između skupina različite dobi, razine kvalitete i drugih čimbenika. Osim toga, trebalo bi primijeniti dovoljno osjetljive mjerne instrumente koji mogu zabilježiti i minimalna odstupanja u posturalnoj stabilnosti, kako bi se dobio precizniji uvid u stvarne razlike među ispitanicima. Nadalje, podatak da u dobi od 17-19 godina života sposobnost održavanja statičke ravnoteže djelomično opada zanimljivo je, ističu autori, iz razloga što se upravo tada pravovremenom intervencijom u trenažni proces može utjecati na razvoj sportaša i postići razlika u odnosu na druge (Mašliński i sur., 2016.).

To potvrđuje istraživanje Osipova i sur. (2018.) koje je provedeno na uzorku od 30 mladih judaša u dobi od 12 do 13 godina s namjerom utvrđivanja može li ciljano treniranje ravnoteže poboljšati sposobnost održavanja balansa u statičkim i dinamičkim uvjetima, a time utjecati na kvalitetniju tehničku izvedbu složenih bacanja poput nožnih tehnika bacanja *uchi mata* i *ouchi gari*. Judaši su bili podijeljeni u eksperimentalnu i kontrolnu skupinu, pri čemu je eksperimentalna skupina u svakom treningu izvodila posebno osmišljene vježbe za razvoj ravnoteže. Na kraju razdoblja u trajanju od jedne

godine, rezultati su pokazali da su judaši iz eksperimentalne skupine ostvarili statistički značajno bolje rezultate u testovima dinamičke ravnoteže. Brže i učinkovitije su izvodili kompleksne tehnike bacanja, dok razlike u testovima statičke ravnoteže nisu bile izražene. Zaključeno je kako je ciljano razvijanje ravnoteže ključno za poboljšanje tehničke izvedbe u judu, osobito kod mlađih sportaša. Nalazi Osipova i sur. (2018.) potvrđuju rezultate ovog istraživanja, u kojem su judaši višeg kvalitativnog ranga postigli statistički značajno bolje rezultate u testovima za procjenu ravnoteže u otežanim uvjetima.

Međutim, nalazi ovog istraživanja nisu potvrdili jasnu i snažnu povezanost između ravnoteže i svih kinematičkih pokazatelja izvedbe bacanja. Valja naglasiti kako određeni obrasci ipak upućuju na potencijalnu vezu između razvijenosti ravnoteže i tehničke izvedbe bacanja. Uočene su umjerene korelacije između pojedinih varijabli kinematičkih pokazatelja s varijablama ravnoteže. Tako su primjerice kod tehnike bacanja *harai goshi*, zabilježene umjerene pozitivne korelacije između varijable HG_RAME_KUT i varijabli koje mjere posturalnu stabilnost u medijalno-lateralnom i antero-posteriornom smjeru (G_O_L_ML-MD, $r=0,53$; G_O_D_ML-MD $r=0,52$)(tablica 32.). Takav nalaz sugerira da judaši s boljom ravnotežom učinkovitije koriste položaj i rad ramenog pojasa u *kuzushi* fazi kako bi narušili stabilnost protivnika u ključnom trenutku bacanja. Veći kut u ramenu i preciznije postavljena ruka koja drži rukav *ukea* može biti rezultat bolje kontrole vlastitog tijela, što *toriu* omogućuje da snažnije i usmjerenije djeluje na ravnotežni položaj *ukea*, a isto je ključno za uspješnu realizaciju tehnike bacanja. Slično je dobiveno kod tehnike bacanja *osoto gari*, odnosno umjerena povezanost zabilježena je između varijable kinematičkog pokazatelja OG_RAME_KUT i varijable za procjenu ravnoteže G_O_L_ML-MD ($r=0,40$)(tablica 33.). Također, kod bacanja *osoto gari* zabilježena je umjerena povezanost između varijabli OG_T_BAC s G_Z_D_AP-MD ($r=0,43$)(tablica 33.), što može sugerirati da kontrola ravnoteže tijekom izvođenja bacanja *osoto gari* doprinosi boljoj tehničkoj stabilnosti i vremenskoj preciznosti u izvedbi. Drugim riječima, judaš koji bolje održava ravnotežni položaj u mogućnosti je brže i kvalitetnije izvesti bacanje *osoto gari*. Nadalje, kod izvedbe tehnike bacanja *ippon seoi nage* zabilježena je pozitivna povezanost varijable ISN_ZDJ_ULAZ s pokazateljima ravnoteže MBAU10_D ($r=0,37$) i MBAU10_L ($r=0,45$) (tablica 31.), što

ukazuje na moguću ulogu posturalne stabilnosti u fazi pripreme i ulaska u tehniku (*tsukuri*). U toj fazi, kada se *tori* spušta u najniži položaj tijela u odnosu na *ukeovu* poziciju, stabilnost trupa i donjih ekstremiteta postaje ključna za prijenos sile i uspješnu izvedbu bacanja. S obzirom na to da se *ippon seoi nage* izvodi iz pozicije nalik polučučnju, uz izraženije opterećenje na mišićno-koštani sustav i povećane zahtjeve za ravnotežom, prisutnost ovakve povezanosti ima svoju funkcionalnu i tehničku osnovu. Međutim, judaši često razvijaju adaptirane obrasce posturalne kontrole kroz trenažni proces, što može utjecati na rezultate u testovima za procjenu ravnoteže koji nisu dovoljno osjetljivi na suptilne razlike unutar populacije judaša. Takav nalaz je u skladu s prethodnim istraživanjima koja potvrđuju da judaši, u odnosu na opću populaciju, pokazuju višu razinu posturalne kontrole kao posljedicu dugotrajnog izlaganja situacijama koje zahtijevaju preciznu ravnotežnu adaptaciju (Perrin i sur., 2002.; Witkowski, Maśliński, Remiarz, 2014.; Sterkowicz i sur., 2016.).

Rad Schroeder Martins i sur. (2019) istraživao je utjecaj jačanja stabilizacijskih mišića trupa na ravnotežu kod sveučilišnih judaša. U istraživanju je sudjelovalo 18 judaša, podijeljenih u eksperimentalnu (n=9) i kontrolnu (n=9) skupinu, pri čemu je eksperimentalna skupina prošla petotjedni program ciljane aktivacije stabilizacijskih mišića trupa (dvaput tjedno po 30 minuta), dok kontrolna skupina nije imala dodatne intervencije. Procjena ravnoteže provedena je pomoću baropodometrijske platforme marke (*FootWork Pro*, proizvođač AM Cube, Francuska), analizom oscilacija centra težišta tijela u antero-posteriornoj i medio-lateralnoj ravnini, te raspodjele pritiska između prednjeg i stražnjeg dijela stopala. Tijekom testiranja ravnoteže ispitanici su stajali u uspravnom položaju na obje noge u trajanju od 30 sekundi, najprije s otvorenim, a zatim sa zatvorenim očima. Iako nije utvrđena statistički značajna razlika između grupa, primijećeni trendovi ukazuju na to da jačanje stabilizacijskih mišića trupa pozitivno utječe na ravnotežu, osobito u uvjetima bez vizualne kontrole odnosno sa zatvorenim očima. Kao i u ovom istraživanju, rad Schroeder Martins i sur. (2019) ističe potrebu za testiranjem ravnoteže u otežanim uvjetima kako bi se preciznije uočile razlike između judaša. Nadalje, rad Schroeder Martins i sur. (2019) dijelom potvrđuje i nalaz ovog istraživanja, u kojem je kod tehnike bacanja *ippon seoi nage* zabilježena umjerena povezanost varijable ISN_ZDJ_ULAZ s testovima za procjenu ravnoteže (MBAU10_D,

$r=0,37$; MBAU10_L, $r=0,45$)(tablica 31.), što upućuje na važnost stabilnosti tijela u *tsukuri* fazi bacanja. To je pozicija u kojoj judaš mora biti u potpunoj kontroli pokreta i ravnoteže kako bi brzo i efikasno izveo bacanje te zadržao kontrolu nad protivnikom do samog završetka tehnike.

Nalazi ovog rada, uz rezultate istraživanja drugih prethodno spomenutih autora, dodatno potvrđuju važnost dobro razvijene ravnoteže kao temeljnog preduvjeta za učinkovitu izvedbu judo tehnika, osobito u tehnički i fizički zahtjevnim natjecateljskim uvjetima gdje i najmanje odstupanje u posturalnoj stabilnosti može utjecati na ishod borbe.

5.2. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU

KOORDINCIJE

Koordinacija, kao i ravnoteža, predstavlja jednu od ključnih motoričkih sposobnosti potrebnih za uspješnu izvedbu judo tehnika, jer omogućava precizno usklađivanje pokreta unutar kinematičkog lanca (Lech i sur., 2011.). Za precizno i učinkovito izvođenje tehnike bacanja, judaš mora pravovremeno prepoznati trenutak napada, optimalno tempirati reakciju i uskladiti pokrete vlastitog tijela s položajem i kretnjama protivnika. Pritom dolaze do izražaja sposobnosti prostorne i vremenske orijentacije. Primjerice, kod većine tehnika bacanja, izuzev kontranapade, judaš mora brzo procijeniti udaljenost i položaj te u skladu s tim sinkronizirati pokrete ruku, trupa i nogu. Reakcijska sposobnost omogućuje mu da u trenutku napada reagira na protivnikovu promjenu ravnoteže, dok osjetilno-motorička kontrola osigurava stabilnost i preciznost izvedbe, čak i u uvjetima izmijenjene ravnoteže. Sve tri faze bacanja zahtijevaju visoku razinu precizne koordinacije, čime se tehnika može izvesti s minimalnim energetske troškom, ali maksimalnim učinkom. U ovom istraživanju analiziralo se postoje li razlike u koordinacijskim sposobnostima između grupa judaša

različitog nivoa treniranosti te može li se razlika odraziti na izvedbu bacanja te pružiti dublji uvid u povezanost motoričkih sposobnosti i sportske izvedbe.

Rezultati su pokazali da je grupa G1 postigla bolje rezultate u odnosu na grupu G2 u sva tri testa. Multivarijatna analiza varijance pokazala je statistički značajnu razliku između dviju grupa ($F=4,07$, $p=0,02$)(tablica 9.) čime je potvrđena povezanost bolje koordinacije s višom razinom judaške izvedbe. Daljnjom analizom pojedinačnih varijabli utvrđeno je da su MAGONT ($p=0,00$) i MSCO ($p=0,02$)(tablica 10.) pokazali značajne razlike, dok test HEKSAGONAL nije pokazao statistički značajnu razliku, iako su rezultati sugerirali bolju izvedbu grupe G1. Ova razlika može se objasniti time što su MAGONT i MSCO testovi specifičniji za koordinacijske zahtjeve juda, dok test HEKSAGONAL procjenjuje agilnost i sposobnost brzih promjena smjera, koje nisu isključivo vezane uz koordinaciju relevantnu za judo.

Ovo može potvrditi i istraživanje Perković (2022), koje je uspoređivalo motoričke sposobnosti mlađih ($8,75 \pm 1,49$ godina) i starijih ($12,31 \pm 1,14$ godina) judaša sa grupom mlađih (8 ± 1 godina) i starijih ($11,44 \pm 0,73$ godina) taekwondoaša. U istraživanju je potvrđena značajna prednost judaša naspram taekwondoaša u području koordinacije, osobito u testu poligona za procjenu koordinacije cijelog tijela (MAGONT). Judoši su u navedenom testu postigli statistički značajno bolje rezultate u odnosu na njihove taekwondo vršnjake. Iako istraživanje nije analiziralo razliku između mlađih i starijih judaša, srednje vrijednosti rezultata u testu MAGONT ukazuju na bolje vrijednosti rezultata kod starijih judaša. Ovime se potvrđuju nalazi iz istraživanja Protic-Gava, Drid i Krkeljas (2019.) te Lolić i Nurkić (2011.) koji dokazuju kako se rezultati testova za procjenu koordinacije poboljšavaju od mlađih dobnih skupina sve do juniora i stoga je izuzetno bitno treningom juda konstantno utjecati na razvoj koordinacije. Takvi nalazi dodatno potvrđuju važnost koordinacijskih sposobnosti u judu, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja, gdje su ispitanici višeg trenažnog nivoa pokazali bolju uspješnost u izvođenju složenih tehnika bacanja. Tehnike judo bacanja možemo opisati kao koordinacijski vrlo zahtjevne elemente koji ovise o preciznoj sinkronizaciji pokreta i kontroli tijela u prostoru. Samim time učenje tehnike bacanja predstavlja vježbu kojom se utječe na razvoj koordinacijskih sposobnosti. Zato poseban naglasak treninga, trener

mora staviti na poučavanje i uvježbavanje elemenata bacanja budući na taj način najbolje razvija koordinaciju specifičnu za judo sport.

Drid, Trivić i Tabakov (2012.) istaknuli su kako su koordinacijske sposobnosti presudne za uspješnu izvedbu judaških tehnika, osobito u natjecateljskim uvjetima gdje je potrebno brzo i efikasno prilagođavanje tehničke izvedbe u ovisnosti o protivnikovim reakcijama. Proučavajući Special Judo Fitness Test (SJFT)¹⁷, istaknuli su kako je brzina izvođenja bacanja usko povezana s tehničkom učinkovitošću, ali i s razinom koordinacijske razvijenosti judaša. Judaši koji imaju viši nivo koordinacije izvode bacanja preciznije, brže i s manje utrošene energije, što im omogućuje učinkovitije svladavanje testa unatoč njegovim visokim zahtjevima (Drid, Trivić, Tabakov, 2012.). Takvi nalazi podupiru i rezultate ovog istraživanja, u kojem su kvalitetniji judaši (G1) postigli statistički značajno bolje rezultate u testovima za procjenu koordinacije, kao i u određenim kinematičkim pokazateljima koji uključuju procjenu brzine izvedbe bacanja u odnosu na manje kvalitetne judaše (G2). U ovom istraživanju nije utvrđena značajna povezanost između rezultata u testovima za procjenu koordinacije i kinematičkih pokazatelja izvedbe tehnika bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*. Međutim, to ne isključuje važnost koordinacije u judo izvedbi. Dobiveni rezultati sugeriraju kako korišteni testovi koordinacije možda nisu bili dovoljno specifični i osjetljivi da precizno zahvate motoričke zahtjeve navedenih tehnika bacanja. Osim toga, iako se ispitanici nalaze u razvojnem razdoblju kada koordinacija dobiva na značaju, moguće je da njihova tehnička izvedba još nije dovoljno usvojena i stabilna da bi koordinacijske sposobnosti došle do izražaja u mjerljivom obliku. Drugim riječima, iako posjeduju određenu razinu koordinacije, možda ju još ne uspijevaju dovoljno i učinkovito primijeniti u izvedbi tehnički zahtjevnih bacanja. S obzirom na to, moguće je da bi u skupini tehnički iskusnijih judaša povezanost između koordinacije i kinematičkih pokazatelja bila izraženija i statistički značajna.

Nadalje, važnost koordinacije u izvođenju tehnika bacanja potvrđuje i istraživanje Franchini, Artioli i Brito (2013.) koji su analizirali fiziološke zahtjeve juda i

17 Special Judo Fitness Test (SJFT) (1995): test koji mjeri broj bacanja *ippon seoi nage* u tri intervala (15 s + 30 s + 30 s) uz mjerenje pulsa odmah i nakon 1 min, koristi se u procjeni judo-fizičke spremnosti; razvijen od strane Sterkowicza, pouzdan i efikasan za dokazivanje razlike u razini judaša, te povezivanje s anaerobnim i aerobnim sposobnostima (Drid, Trivić i Tabakov 2012)

trajanje i strukturu judo borbe. U svome radu zaključuju kako viša razina razvijenosti koordinacije omogućava brže i preciznije napade te bolju obranu od protivničkih akcija, čime se povećava prilagodljivost sportaša tijekom borbe. Brza reakcija i precizna izvedba bacanja zahtijevaju visoko razvijen senzomotorički sustav, što se podudara s boljom koordinacijom pokreta. Ovi nalazi dodatno potvrđuju da su tehnike bacanja u judu usko povezane sa specifičnom koordinacijom, koja predstavlja temeljnu motoričku sposobnost prilagođenu zahtjevima borilačkog sporta u ovom slučaju juda. Stoga je iznimno važno da se trenažni proces usmjerava prema razvoju upravo one vrste koordinacije koja najbolje podržava učinkovitost i brzinu izvedbe tehničkih elemenata karakterističnih za judo. Prema istraživanju Lolić i Nurkić (2011.) bitno je da se motoričke sposobnosti paralelno unapređuju kroz čitav razvojni proces judaša. Sukladno tome, dobar pristup trenažnom procesu bio bi kada bi se uz specifičnu koordinaciju razvijala, primjerice, i specifična snaga na način da se pored standardnih metoda poučavanja judo tehnika bacanja uključe i vježbe s otporom uz pomoć još jednog *ukea* kod izvedbe bacanja ili primjenom rastezljivih guma različitog otpora i slično.

Koliko je specifična koordinacija bitna pokazuje i istraživanje Jaworski, Żak, & Sterkowicz-Przybycień (2020.). Proučavani su različiti testovi koordinacijskih sposobnosti između judaša, badmintonaša i nesportaša. Iako podaci dobiveni u istraživanju ukazuju da judaši postižu slabije rezultate u nekim koordinacijskim testovima od badmintonaša, razina razvijenosti tih sposobnosti ima funkcionalnu vrijednost unutar specifičnog konteksta judo borbe. Drugim riječima, koordinacija je prema autorima dovoljno razvijena za potrebe judo sporta. Isto potvrđuju uspoređujući rezultate judaša u odnosu na rezultate nesportaša, gdje judaši postižu bolje rezultate. Međutim, naglašavaju, kako pretjerani trening snage i izdržljivosti može usporiti razvoj koordinacijskih sposobnosti, posebno u vidu brzine reakcije koja dolazi do izražaja u različitim fazama judo borbe.

To potvrđuje i nalaze ovog istraživanja u kojem su judaši višeg kvalitativnog ranga postigli statistički značajno bolje rezultate u testovima specifične koordinacije, što upućuje na važnost ciljanog razvoja onih aspekata koordinacije koji su neposredno povezani s uspjehom u judu. Budući je kriterij za odabir judaša u grupu kvalitetnijih

judaša bio uspjeh na natjecanju može se potvrditi kako je koordinacija neposredno povezana s uspjehom u judu.

Spomenuto podupiru podaci dobiveni u istraživanju Kuvačić, Krstulović i Đapić-Caput (2017.). Autori su utvrdili da je koordinacija jedna od ključnih motoričkih sposobnosti za uspjeh u judu, osobito kod mladih judaša u težim kategorijama. Koordinacija je u modelu temeljenom na testiranju bila među tri najvažnija prediktora natjecateljskog uspjeha u težim kategorijama, uz maksimalnu snagu i skočnost. Time se potvrđuje da koordinacija u judu ima određenu vrijednost i važnost, što je posebno izraženo kod judaša mlađih dobnih kategorija poput kadeta. Ove rezultate dodatno nadopunjuju nalazi Đapić-Caput, Krstulović i Katić (2013.). Oni su na uzorku od 56 judaša mlađih kadeta (13 do 15 godina života) htjeli utvrditi koliki je utjecaj osnovnih morfoloških i motoričkih sposobnosti na natjecateljsku uspješnost. Kroz primjenu niza testova, među kojima su bili oni za procjenu eksplozivne snage, frekvencije pokreta, koordinacije i mišićne izdržljivosti, autori su došli do zaključka da su upravo eksplozivna snaga, koordinacija i tzv. regulator sile (mišićna izdržljivost) najvažniji faktori koji razlikuju uspješne natjecatelje od manje uspješnih. Posebno je zanimljivo da se frekvencija pokreta, povezana s brzinom reakcije i efikasnošću u borbi, istaknula kao drugi po važnosti prediktor uspjeha, odmah iza eksplozivne snage. Prema autorima, frekvencija pokreta, posebno dolazi do izražaja u judu tijekom brzog i povezanog izvođenja tehnika te njihovih kombinacija u svrhu napada, obrane ili kontranapada protivnika. Ta sposobnost usko je povezana s koordinacijom, jer učinkovito izvođenje takvih kompleksnih i brzih sekvenci zahtijeva visok stupanj usklađenosti pokreta i precizno tempiranje napada u odnosu na protivnika. U tom kontekstu, koordinacija nije izolirana sposobnost, već djeluje u sinergiji s brzinom pokreta, omogućujući sportašu da pravovremeno i učinkovito reagira na dinamične situacije u borbi (Đapić-Caput, Krstulović, Katić, 2013.). Iako u ovom istraživanju nije utvrđena povezanost između koordinacijskih sposobnosti i pojedinačnih kinematičkih pokazatelja bacanja, treba naglasiti važnost koordinacije u izvedbi judo tehnika, osobito u složenim i promjenjivim natjecateljskim uvjetima. Specifične okolnosti borbe, poput nepredvidivosti protivnikovih reakcija i potrebe za brзом prilagodbom naspram novonastalih uvjeta u borbi, dodatno

naglašavaju funkcionalnu vrijednost koordinacije koja u takvim okolnostima često dolazi do izražaja na načine koji nisu u potpunosti obuhvaćeni standardiziranim testovima.

Nadalje, Krstulović, Sekulić i Sertić (2005.) proveli su istraživanje na uzorku od 34 mlađa judaša (15.6 ± 0.3 godina života) podijeljenih u tri skupine prema natjecateljskoj uspješnosti (uspješni, prosječni i manje uspješni natjecatelji) s ciljem da utvrde koje motoričke i morfološke karakteristike najbolje razlikuju sportaše prema uspjehu. Testirane su brojne sposobnosti, uključujući eksplozivnu snagu, repetitivnu snagu, mišićnu izdržljivost i koordinaciju. Rezultati su pokazali da eksplozivna snaga (skok u dalj), repetitivna snaga (trbušnjaci i zgibovi) i izdržljivost (podizanje trupa) značajnije diferenciraju judaše u odnosu na njihovu natjecateljsku razinu od koordinacijskih sposobnosti. Međutim, autori napominju da na važnost pojedinih motoričkih sposobnosti može utjecati dobna struktura ispitanika. Naime, u dobi puberteta često dolazi do nesrazmjera u razvoju koštanog i mišićnog tkiva, što može privremeno oslabiti izraženost koordinacijskih sposobnosti, iako one ostaju važan faktor uspješnosti. Time se ukazuje na potrebu za dugoročnim praćenjem razvoja sportaša te za prilagodbom trenažnog procesa kako bi se koordinacija sustavno razvijala, osobito u razdobljima kada nije prirodno dominantna (Krstulović, Sekulić, Sertić, 2005.). Ovi rezultati nadopunjuju spoznaje iz drugih istraživanja koja ukazuju da, iako koordinacija možda nije uvijek glavni prediktor uspjeha u ranoj dobi, ona u kombinaciji s drugim sposobnostima ima ključnu ulogu u tehničkoj izvedbi i kasnijem sportskom razvoju.

Spomenuto dodatno podupire i meta-analiza Barnett i sur. (2016.), koja pokazuje da koordinacijske sposobnosti značajno napreduju s dobi, iskustvom i kontinuiranim tjelesnim vježbanjem. Autori ističu da temeljne motoričke sposobnosti poput ravnoteže, preciznosti i kontrole pokreta (unutar domene koordinacijskih sposobnosti), nisu samo rezultat biološkog sazrijevanja, već i sustavno vođenog trenažnog procesa. U kontekstu juda, to znači da se koordinacija može i mora razvijati kroz sve faze sportskog razvoja, od početnika do vrhunskih natjecatelja. Time se nadopunjuju nalazi Krstulovića, Sekulića i Sertića (2005.), koji ukazuju na mogući privremeni pad izraženosti koordinacije u dobi puberteta, ali i na potrebu za dugoročnim razvojem ove sposobnosti. U konačnici, meta-analiza potvrđuje da koordinacija ne samo da prati, već i aktivno doprinosi ukupnoj sportskoj uspješnosti, osobito u tehnički

zahtjevnim sportovima poput juda. Samim time potvrđuje se nalaz ovog istraživanja prema kojem kvalitetniji judaši (G1, birani prema uspješnosti na natjecanju) postižu statistički značajno bolje rezultate u testovima za procjenu specifične judo koordinacije.

Da je koordinacija temeljna sposobnost u sportovima visokih tehničkih zahtjeva zahtjeva, u koje spada judo, potvrđuje istraživanje Miletić, Katić i Maleš (2004.). Oni su istraživali utjecaj morfoloških i motoričkih čimbenika na uspješnost izvođenja osnovnih i specifičnih motoričkih znanja u ritmičkoj gimnastici. Pri tome su testirali 50 djevojčica pomoću niza testova motorike uključujući frekvenciju pokreta, fleksibilnost, eksplozivnu snagu i koordinaciju u ritmu. Autori ističu važnost razvoja koordinacije u ritmu i brzine pokreta, osobito kod specifičnih vještina koje uključuju precizno baratanje rekvizitima, čime se jasno ukazuje na blisku povezanost fine motoričke kontrole i koordinacije s uspješnošću u sportovima koji zahtijevaju kompleksne pokretne obrasce. Pravovremena reakcija judaša, koja može odgovarati koordinaciji u ritmu, može utjecati na to da judaš bez velikog utroška energije uspije izvesti tehniku bacanja koristeći protivnikovu inerciju, primjerice kod izvedbe nožne tehnike bacanja *deashi harai*, i ostvariti prednost na natjecanju ili pobjedu što odgovara nalazu Miletić, Katić i Maleš (2004.) koji dodatno ističu važnost vremenski precizne koordinacije u izvedbi tehnički složenih pokreta.

U skladu s time su i nalazi iz rada Sadowski (2005.) koji se bavi analizom dominantnih koordinacijskih motoričkih sposobnosti kod sportaša borilačkih sportova, konkretno taekwonda i kickboxinga. Cilj istraživanja bio je utvrditi koje su to koordinacijske motoričke sposobnosti ključne u tim sportovima te koliko je njihov razvoj specifičan i spolno uvjetovan. Autor ističe kako su se koordinacijske sposobnosti tipa motorna prilagodba, brzina reakcije, prostorna orijentacija, diferencijacija pokreta i ritam pokreta, pokazale kao ključnima za uspješnost u spomenutim borilačkim sportovima te preporuča uvođenje specifičnih i općih koordinacijskih vježbi u trenažni proces. Istraživanje (Sadowski, 2005.) dodatno potvrđuje kako različiti borilački sportovi dijele slične zahtjeve u koordinaciji i upućuje na potrebu za ciljanom dijagnostikom i razvojem koordinacije unutar borilačkih sportova, jer upravo te sposobnosti doprinose boljoj tehničkoj izvedbi u dinamičnim borbenim uvjetima. Izneseno jasno ide u korist tvrdnji kako je u judu ključno razvijati specifičnu koordinaciju prvenstveno kroz poučavanje i uvježbavanje kompleksnih struktura poput tehnika bacanja, ali isto tako koristiti

specifičnu dijagnostiku za detekciju razlika, posebno kod judaša sličnog kvalitativnog nivoa treniranosti.

Nadalje, Bonitch-Góngora i sur. (2012.) proveli su istraživanje na uzorku od 12 elitnih muških judaša španjolske reprezentacije kako bi ispitali utjecaj fizičkog opterećenja na tehničke i funkcionalne sposobnosti važne za uspjeh u judu. Mjeren je maksimalni izometrički stisak šake (koji dolazi do izražaja u borbi za povoljniji hvat - *kumi kata*) dominantne i nedominantne ruke u različitim fazama specijalnog judo testiranja (SJFT), kojim se izaziva metaboličko i funkcionalno opterećenje slično onom u stvarnoj borbi. Rezultati su pokazali da dolazi do značajnog pada snage stiska šake nakon testa, a taj pad bio je izraženiji u nedominantnoj ruci. Autori zaključuju da sposobnost održavanja funkcionalne učinkovitosti hvata i kontrole protivnika u uvjetima umora ovisi o razini razvijenosti neuromuskularne kontrole i prilagodbi na specifična opterećenja. To posredno ukazuje na važnost koordinacijskih sposobnosti, jer precizna i stabilna izvedba tehnika zahtijeva optimalnu povezanost motoričkog odgovora, osobito u uvjetima umora. Sportaši s razvijenijom koordinacijom i tehnikom uspijevaju učinkovitije održavati kontrolu i preciznost izvedbe, što im daje kompetitivnu prednost tijekom natjecanja.

Važnost koordinacije potvrđena je rezultatima ovog istraživanja i dodatno podržana nalazima prethodno spomenutih autora te se može reći kako igra važnu ulogu u tehničkoj uspješnosti judaša. Dobiveni rezultati sugeriraju da razlike u razini koordinacijskih sposobnosti mogu pridonijeti razlikovanju judaša različitog kvalitativnog ranga, no pritom je važno istaknuti kako se kompleksne judo strukture trebaju procjenjivati pomoću dovoljno specifičnih testova koji odgovaraju zahtjevima sporta. Također, tada bi se te razlike jasnije očitovale i preciznije povezale s kinematičkim pokazateljima izvedbe bacanja.

5.3. RASPRAVA O REZULTATIMA TESTOVA ZA PROCJENU

KINEMATIČKIH POKAZATELJA

Kinematički pokazatelji proučavani su i analizirani tijekom izvedbe judo tehnika bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*. Predmet istraživanja je utvrditi razlike između dviju grupa ispitanika u promatranim varijablama prilikom izvedbe spomenutih tehnika bacanja. Nadalje, utvrditi na koji način i u kojoj mjeri protokol iscrpljivanja djeluje na judaše prema njihovoj kvaliteti kroz promatrane varijable u svim fazama bacanja. Kada se usporede vrijednosti frekvencija srca (Tablica 5., *ippon seoi nage*; AS = 188,17, *harai goshi*; AS = 189,53 i *osoto gari*; AS = 189,17) sa rezultatima tijekom judo borbe prema istraživanju Slimani i sur. (2018) koje je iznosilo od 174 do 185 b/min, može se zaključiti kako je odabrani protokol iscrpljivanja omogućio da se simuliraju uvjeti odnosno umor koji se manifestira tijekom judo borbe. Slične vrijednosti frekvencije srca potvrđuju i druga istraživanja (Degoutte, Jouanel i Filaire, 2003.; Serrano-Huete i sur., 2016.; Torres-Luque i sur., 2016.). Treba napomenuti kako sve tehnike bacanja od *toria* traže značajnu razinu povezanosti tehničke izvrsnosti, pravovremenosti i brzine, a kako bi se efikasno primijenile u situacijskim uvjetima odnosno u judo borbi. Rezultati promatranih kinematičkih parametara pokazali su da postoje statistički značajne razlike između dviju grupa judaša kada ih se promatra u odnosu na kvalitetu (G1 u odnosu na G2) te u odnosu na utjecaj faktora umora (prije opterećenja u odnosu na poslije opterećenja) u određenim varijablama. Kako postoje razlike između grupa, tako postoje statistički značajne razlike i unutar grupa kada se promatraju rezultati prije i poslije provedbe protokola iscrpljivanja. Važno je za istaknuti kako se kao i u većini dosadašnjih istraživanja (Imamura i sur., 2006; Ishii i sur., 2017; Sant'Ana i sur., 2017; Detanico i sur., 2015; Blais, Trilles i Lacouture 2007) bacanje izvodilo bez otpora *ukea* (što ne odgovara borbenim uvjetima), te je za pretpostaviti da bi uz otpor *ukea* promatrane parametre bilo još teže održati na optimalnoj razini.

Kinematičke parametre ne treba promatrati izolirano jednog od drugog, već kao međusobno povezani kinematički lanac koji zajednički doprinosi uspješnoj izvedbi bacanja. Poremećaj ili slabija izvedba u jednom segmentu tog lanca povlači potrebu za

kompenzatornim prilagodbama u drugim dijelovima sustava, čime se narušava kinematička učinkovitost i smanjuje ukupna efikasnost izvedbe. Sterkowicz i sur. (2013) ističu kako je sinkronizacija segmenata tijela i racionalno korištenje biomehaničkih principa poput ravnoteže i poluge presudna za kvalitetnu tehničku izvedbu, što dodatno potvrđuje potrebu za holističkim promatranjem tehničkih elemenata judo bacanja.

5.3.1. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja *ippon seoi nage*

Kinematički parametri bacanja *ippon seoi nage* promatrani su kroz šest varijabli raspoređenih kroz sve tri faze bacanja. U *kuzushi* fazi bacanja, kada *tori* povlači *ukea* naprijed i gore promatran je kut u lijevom ramenu (abdukcija), *ISN_L_RAME_KUT*, gdje veći kut predstavlja bolje narušavanje ravnotežnog položaja *ukea*. Ukoliko *tori* ne uspije narušiti ravnotežni položaj *ukea* u početnoj fazi bacanja, ne samo da otežava izvedbu tehnike bacanja, već time *ukeu* ostavlja prostor za kontranapad, čime gubi inicijativu u borbi. U takvoj situaciji, *tori* nerijetko ostaje u nepovoljnom položaju bez kontrole nad protivnikom, što *uke* može iskoristiti za preuzimanje napada ili izvođenje *kaeshi waza*. Osim taktičkog rizika, *tori* se izlaže i mogućnosti dobivanja kazne (*shido*¹⁸) za neisprovocirani ili neuvjerljiv napad, budući da ulazak u tehniku bez destabilizacije protivnika često djeluje kao lažni napad. U suvremenom natjecateljskom judu, gdje se svaki segment borbe pomno analizira, ovakve pogreške tanka su granica između tehničke inicijative i gubitka kontrole nad borbom. Nakon *kuzushi* faze slijedi *tsukuri* faza gdje *tori* izvodi mae *mawari sabaki* i zauzima najpovoljniji položaj za izvedbu bacanja (Sertić, Segedi, 2013.). Upravo u tom završnom dijelu *tsukuri* faze promatraju se dvije varijable, *ISN_D_RAME_KUT* (abdukcija, kut između desne nadlaktice i trupa gdje veći kut znači da je *tori* uspio zadržati *ukea* u gornjem položaju i fiksirao njegovu nadlakticu između svoje nadlaktice i podlaktice) i *ISN_ZDJ_ULAZ* (parametar koji nam ukazuje koliko je *tori* išao svojim težištem tijela ispod težišta tijela *ukea* izvedbu bacanja). Ukoliko

18 Shido blaga kazna za različite prekršaje, uključujući pasivnost, neagresivan napad, ulazak bez dovoljno destabilizacije protivnika ili neodržavanje kontakta / hvata. Preuzeto sa: <https://www.ijf.org/ijf/documents/23>

tori ne zadrži kontrolu nad hvatom u toj fazi i ne spusti svoje težište dovoljno nisko ispod *ukeovog* centra težišta tijela, neće biti u mogućnosti izvesti tehnički ispravno, brzo i precizno bacanje. Uspješnost *tsukuri* faze ovisi i o stabilnosti *toria* te o sposobnosti da zadrži ruke dovoljno visoko (veći kut - ISN_D_RAME_KUT) kako bi zadržao *ukea* u narušenom ravnotežnom položaju i onemogućio mu iniciranje kontranapada. Gubitak kontrole u ovoj fazi često dovodi do neuspjelog bacanja ili izlaganja *toria* taktički nepovoljnoj situaciji. Nakon *tsukuri* faze slijedi *kake* faza bacanja. Kroz *kake* fazu bacanja promatraju se još tri varijable. ISN_ŠAKA_BRZ koja predstavlja maksimalnu brzinu šake *toria* (one koja drži *ukeov* rukav) te ISN_ZDJ_BAC i ISN_GLAVA_BAC koje promatramo na kraju *kake* faze bazanja, a predstavljaju poziciju glave na kraju bacanja odnosno koliko je *tori* s gornjim dijelom tijela išao u pretklon prilikom izvedbe bacanja te koliko je koristio podizanje zdjelice iz niske pozicije u *tsukuri* fazi za provedbu bacanja. Brzina šake *toria*, izražena varijablom ISN_ŠAKA_BRZ, može poslužiti kao važan pokazatelj učinkovitosti izvedbe bacanja jer reflektira koliko brzo i odlučno *tori* provodi *kake* fazu bacanja. S druge strane, umor može negativno utjecati na maksimalnu brzinu šake, jer smanjuje sposobnost eksplozivne kontrakcije i usporava vremensko usklađivanje pokreta. Osim toga, ova varijabla može razlikovati kvalitetnije judaše od manje kvalitetnih jer oni s višom tehničkom razinom u pravilu ostvaruju veće vrijednosti brzine šake, izvedeći bacanje s manjim energetske troškom i boljom kinematičkom učinkovitošću. Varijable ISN_ZDJ_BAC i ISN_GLAVA_BAC dodatno pomažu u razumijevanju strategije izvedbe bacanja. Kod poučavanja judaša često se kod kvalitetnih judaša vidi prelet *ukea* preko *toria*, koji je rezultat eksplozivnog pokreta ruku i preciznog tempiranja, dok manje kvalitetni judaši često kompenziraju tehničke nedostatke naglašenim pretklonom trupa kako bi "izvukli" bacanje. Takvo oslanjanje na gornji dio tijela često je posljedica nedovoljno dubokog čučnja odnosno slabije izvedene *tsukuri* faze, što ukazuje na važnost cjelovitog i tehnički usklađenog kretanja tijekom cijelog bacanja.

Promatrajući osnovne deskriptivne pokazatelje izvedbe bacanja *ippon seoi nage* prije i nakon iscrpljivanja uočljivo je kako su rezultati prije testa iscrpljivanja veći/bolji i kod G1 i kod G2 u skoro svim varijablama u odnosu na rezultate nakon provedbe protokola iscrpljivanja. Jedina varijabla u kojoj je rezultat veći nakon iscrpljivanja je

ISN_GLAVA_RAZ (G1, AS prije = 68,68 u odnosu na AS poslije = 68,69 i G2, AS prije = 61,81 u odnosu na AS poslije = 68,76)(tablica 11.) međutim, veći rezultat znači da su prilikom bacanja judaši išli gornjim dijelom tijela više u pretklon. Navedeno ne znači da veći rezultat nužno predstavlja bolji rezultat. Posljedica većeg pretklona može biti smanjen ili nedovoljan ulazak *toria* u *tsukuri* fazi ispod centra težišta tijela *ukea*, što je ključno za pravilnu izvedbu bacanja *ippon seoi nage*. Kada *tori* ne uspije dovoljno spustiti svoje težište ispod *ukeovog*, dolazi do kompenzacije kroz naglašeniji pretklon gornjeg dijela tijela kako bi se pokušalo nadomjestiti manjak vertikalne razlike između *toria* i *ukea*. U takvoj situaciji bacanje se izvodi više snagom gornjeg dijela tijela uz pomoć ruku umjesto brzim, preciznim tehničkim pokretom rukama uz malo podizanje zdjelice prema gore, što može smanjiti učinkovitost i kontrolu.

Ako u varijabli ISN_GLAVA_RAZ promatramo zasebno svaku grupu prije i poslije iscrpljivanja, vidi se kako je razlika u srednjim vrijednostima između bacanja prije i nakon umora puno veća kod G2 u odnosu na rezultate G1. Slični rezultati dobiveni su u varijabli ISN_ZDJ_ULAZ, odnosno razlika u srednjim vrijednostima kada se uspoređuju izvedbe bacanja prije i nakon iscrpljivanja veća je kod G2 u odnosu na razliku u rezultatima kod G1. Takvi nalazi govore kako umor više i negativnije utječe na izvedbu bacanja kod judaša G2. Kako je prije navedeno, manje spuštanje centra težišta tijela *toria* pod CTT *ukea*, kao posljedica umora mišića nogu koji su ključni za energično i brzo podizanje protivnika od poda, kompenzira se na način da *tori* gornjim dijelom tijela više ide u pretklon i na taj način izvodi tehniku ubacanja. Pretjerani pretklon trupa tijekom izvedbe bacanja može dovesti do narušavanja ravnoteže *toria* i povećane vjerojatnosti pada prema naprijed. U takvoj situaciji, ukoliko bacanje nije u potpunosti uspješno, *tori* se dovodi u nepovoljnu poziciju pri tranziciji iz stojećeg stava u parter, gdje *uke* može preuzeti inicijativu.

Unatoč tome što su kod obje grupe rezultati prosječnih vrijednosti bili bolji prilikom izvedbe bacanja prije iscrpljivanja, najveća zabilježena brzina šake *toria* koja drži rukav *ukea* (ISN_ŠAKA_BRZ) bila je nakon iscrpljivanja i to kod grupe 1 (max = 5,82)(tablica 11.). S druge strane najsporija brzina šake zabilježena je tijekom izvedbe bacanja nakon iscrpljivanja kod grupe 2 (min = 0,55)(tablica 11.). Unatoč rezultatima

pojedinaца koji i nakon izazivanja umora zadržavaju ili čak povišuju svoj nivo tehničke izvedbe, možemo reći kako umor ipak negativno utječe na brzinu šake koja predstavlja važan segment u kinetičkom lancu izvedbe bacanja.

Slično je i sa vrijednostima u varijabli ISN_L_RAME_KUT. Kako je navedeno, veći kut u toj varijabli znači i jače djelovanje *torie*ve lijeve ruke na ravnotežni položaj *ukea* te istovremeno podizanje centra težišta tijela *ukea* na višu razinu, a što će omogućiti toriju prostor za postavljanje vlastitog tijela u bolju poziciju u *tsukuri* fazi bacanja. Jedan od pokazatelja utjecaja umora nakon protokola iscrpljivanja u grupi G2 je i minimalna vrijednost zabilježena u spomenutoj varijabli ISN_L_RAME_KUT (G2, Min = -20,89)(tablica 11.). Ova vrijednost ukazuje na to da tijekom *kuzushi* faze bacanja nije došlo do adekvatnog povlačenja *ukea* naprijed i prema gore, odnosno da pokret u ramenu nije bio usmjeren prema destabilizaciji protivnika, što upućuje na oslabljenu početnu fazu bacanja. Isti trend zabilježen je i kod grupe G1, ali sa manjom vrijednosti (G1, Min = - 10,96)(tablica 11.). Dakle, pojedinci iz obje grupe zbog posljedica umora izazvanog protokolom iscrpljivanja izvode bacanje na način da vrlo malo ili uopće ne izvlače *ukea* prema naprijed i gore s ciljem narušavanja njegovog ravnotežnog položaja. Nasuprot tome, kod nekih ispitanika vidljivo je kako ipak uspijevaju održati veličinu kuta u ramenu na nešto boljoj i većoj razini i u stanju iscrpljenosti, a to je upravo ono što se treningom treba postići. Tehnička izvrsnost i u zoni visokog fiziološkog opterećenja u borbi. Slične zaključke iznose i Ishii i sur. (2017.), koji su utvrdili razlike u kinematici bacanja *seoi nage* između elitnih i sveučilišnih judaša. Oni su promatrali *kuzushi* fazu bacanja na način da se promatra se relativni kut rotacije ramena između *toria* i *ukea* (kut između osi ramena *toria* i osi ramena *ukea*), pri čemu su elitni judaši pokazali manji kut rotacije ramena u odnosu na *ukea*, što upućuje na bolju kinematičku usklađenost i učinkovitiji prijenos sile kroz kinematički lanac odnosno bolje narušavanje ravnotežnog položaja *ukea* u *kuzushi* fazi bacanja. Autori ističu da poremećaji u fazi *kuzushi* dovodi do slabije izvedbe *tsukuri* faze i posljedično neefikasnog *kake* dijela bacanja. Takva narušena struktura tehnike, osobito u uvjetima umora, može značajno umanjiti vjerojatnost postizanja uspješne izvedbe te povećati rizik od kontranapada.

Srednje vrijednosti varijable ISN_D_RAME_KUT prije izazivanja umora kao i srednje vrijednosti varijable ISN_ZDJ_ULAZ prije izazivanja umora ukazuju na određene sličnosti i kod G1 i kod G2. Budući se te dvije varijable proučavaju u završnom dijelu *tsukuri* faze bacanja, može se reći kako su obje skupine prije provođenja protokola iscrpljivanja tehnički podjednako izvele bacanje *ippon seoi nage*, što upućuje na to da je u stanju odmora razina tehničke izvedbe bila ujednačena, bez većih razlika u kvaliteti kinematičkih parametara među grupama. Međutim, nakon provedbe protokola iscrpljivanja, uočene su negativne promjene i kod G1 i kod G2. S time da valja naglasiti kako su izraženije promjene uočljive u izvedbi bacanja kod grupe G2 u usporedbi s grupom G1, što upućuje na to da je umor imao veći negativan utjecaj na tehničku izvedbu kod judaša G2. Nalazi upućuju kako je razlika izraženija kod G2 u varijabli ISN_ZDJ_ULAZ što znači da su judaši G2 nakon provedbe protokola iscrpljivanja manje spuštali centar težišta tijela ispod *ukeovog* u završnom dijelu *tsukuri* faze. Ovi rezultati su očekivani i potvrđuju ranija istraživanja, poput onoga koje su proveli Blais, Trilles i Lacouture (2007.), u kojem se pokazuje kako su u izvedbi bacanja *morote seoi nage* najopterećeniji donji ekstremiteti i trup u fazama *tsukuri* i *kake*, dok su gornji ekstremiteti najviše angažirani u fazi *kuzushi*, odnosno prilikom narušavanja ravnotežnog položaja *ukea*. Upravo zbog toga, izraženije smanjenje srednjih vrijednosti u varijablama ISN_L_RAME_KUT, ISN_D_RAME_KUT i ISN_ZDJ_ULAZ nakon umora, osobito kod judaša grupe G2, može se tumačiti kao posljedica nedovoljne mišićne izdržljivosti ključnih mišićnih skupina koje omogućuju stabilan i tehnički ispravan ulazak u bacanje. Takve promjene u kinematičkom lancu, naročito pod uvjetima umora, povećavaju rizik od tehničke pogreške i smanjuju učinkovitost same izvedbe tehnike, čime se direktno smanjuje vjerojatnost uspješne realizacije bacanja i povećava izloženost kontranapadima.

Daljnjom analizom podataka, odnosno 2x2 ANOVA analizom za definiranje razlika između skupina ispitanika (kategorija – G1 i G2) i uvjeta izvedbe (opterećenje – prije i poslije) utvrđena je statistički značajna razlika ($F=7,33$; $p=0,00$)(tablica 12.). Međutim, unatoč gore spomenutim razlikama, 2x2 ANOVA analizom za svaku varijablu zasebno, statistički značajna razlika utvrđena je samo u slijedećim varijablama:

ISN_ZDJ_ULAZ ($F=17,34$, $p=0,00$); ISN_ZDJ_BAC ($F=7,38$, $p=0,01$); ISN_ŠAKA_BRZ ($F=19,59$, $p=0,00$); ISN_GLAVA_RAZ ($F=6,83$, $p=0,01$)(tablica 13.).

Nadalje, *Tuckey post hoc* testom utvrđeno je u kojim točno slučajevima odnosno interakcijama je utvrđena statistički značajna razlika to jest postoje li razlike kada se rezultati grupe G1 i grupe G2 promatraju zasebno prije i nakon izazivanja umora, te postoje li razlike kada se promatraju rezultati grupe G1 u odnosu na rezultate grupe G2 prije i nakon izazivanja umora.

U varijabli ISN_ZDJ_ULAZ, koja predstavlja koliko *tori* svojim CTT ide pod *ukeov* CTT u *tsukuri* fazi bacanja, utvrđeno je kako umor statistički značajno utječe na izvedbu bacanja i kod G1 i kod G2. Možemo reći kako obje grupe, kada ih promatramo zasebno, u izvedbi bacanja prije opterećenja statistički značajno više spuštaju CTT ispod *ukea* u *tsukuri* fazi bacanja (tablica 14., usporedba interakcija 1 i 2, $p=0,04$; usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Međutim, zanimljivo je kako ispitanici G1 u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora statistički značajno više spuštaju CTT prilikom *tsukuri* faze u odnosu na ispitanike G2 (tablica 14., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,01$). Ova razlika sugerira da judaši višeg kvalitativnog ranga i u uvjetima umora, zadržavaju tehnički ispravniju formu ulaska u bacanje čime postižu povoljniju poziciju za realizaciju tehnike *ippon seoi nage*. Ovakvi rezultati ukazuju na bolju tehničku stabilnost i sposobnost održavanja motoričke kontrole kod judaša G1, čak i pod uvjetima izraženog umora. Slične spoznaje iznijeli su Ishii i sur. (2017.), koji su utvrdili da bolje utrenirani judaši u *tsukuri* fazi bacanja *seoi nage* ostvaruju veći kut u koljenu u odnosu na slabije judaše. Veći kut u koljenu u njihovom istraživanju može se povezati s varijablom ISN_ZDJ_ULAZ iz ovog rada, budući da obje mjere upućuju na razinu spuštanja općeg centra težišta tijela *toria* ispod *ukeovog* u završnom dijelu *tsukuri* faze bacanja. Takav način izvedbe izravno doprinosi kvalitetnijoj pripremi za bacanje, a njegova važnost posebno se ističe u uvjetima umora. Naime, budući se u *tsukuri* i *kake* fazi bacanja najviše aktiviraju mišići nogu, kvalitetniji judaši i u stanju iscrpljenosti uspijevaju niže spustiti CTT i time omogućiti optimalniji prijenos sile. Na taj način povećavaju učinkovitost izvođenja tehnike i troše energiju racionalnije (Ishii i sur. 2017.). Ovi nalazi dodatno su podržani rezultatima korelacijske analize iz ovog istraživanja, gdje je

utvrđena umjerena povezanost varijable ISN_ZDJ_ULAZ s rezultatima testova ravnoteže (MBAU10_D, $r=0,37$; i MBAU10_L, $r=0,45$)(tablica 31.). To sugerira da judaši s bolje razvijenom ravnotežom uspješnije održavaju tehnički zahtjevnu poziciju dubokog spuštanja CTT-a u *tsukuri* fazi, čak i pod utjecajem umora, što dodatno naglašava važnost stabilnosti kao preduvjeta za kvalitetnu izvedbu bacanja *ippon seoi nage*.

Kako su promatrane varijable ISN_D_RAME_KUT i ISN_ZDJ_ULAZ na kraju *tsukuri* faze bacanja, tako su varijable ISN_ZDJ_BAC, ISN_ŠAKA_BRZ i ISN_GLAVA_RAZ promatrane kroz *kake* fazu bacanja i možemo reći da zavise jedna o drugoj. U bazičnoj izvedbi *ippon seoi nage* bacanja judaš dovoljno nisko spušta svoj CTT ispod *ukeovog*, podiže ga od tla kukovima te laganim pretklonom naprijed i energičnim pokretom rukama izvodi bacanje. Narušavanjem jednog od spomenutih elemenata događa se kompenzacija u drugima što naravno narušava kvalitetu izvedbe bacanja.

Određeni rezultati kod ispitanika u G1 ukazuju na to kako je zdjelica nakon *tsukuri* faze bacanja u *kake* fazi išla još više prema dole. Budući se takav slučaj pojavio kod ispitanika G1 i prije ($\min=-3,24$) i nakon izazivanja umora ($\min=-2,58$)(tablica 11.) ne može se reći kako je isto posljedica umora već vjerojatno načina izvođenja tehnike. Slične nalaze dobili su i Imamura i sur. (2006.), koji su u istraživanju provedenom na osmorici vrhunskih japanskih judaša, članova nacionalne reprezentacije i kandidata za Olimpijske igre, utvrdili da se kod većine ispitanika tijekom *kake* faze bacanja *ippon seoi nage* opći centar težišta tijela ne spušta značajno, već ostaje na približno istoj visini ili se blago podiže. Ipak, u pojedinim slučajevima zabilježeno je dodatno spuštanje CTT-a, što prema autorima upućuje na tehničke varijacije koje nisu nužno povezane s umorom, već s individualnim stilom izvedbe bacanja. Ovi nalazi potvrđuju da i među elitnim judašima postoje kinematičke razlike koje mogu utjecati na učinkovitost prijenosa sile i završnu fazu bacanja (Imamura i sur., 2006).

Kada se promotre srednje vrijednosti varijable IS_ZDJ_BAC vidljivo je da i kod jedne i kod druge grupe ispitanika zdjelica ide manje prema gore u *kake* fazi bacanja nakon iscrpljivanja što je direktna posljedica manjeg spuštanja CTT-a u *tsukuri* fazi bacanja kao posljedica umora ispitanika. *Tuckey post hoc* testom utvrđeno je kako u

varijabli ISN_ZDJ_BAC judaši G1 statistički više koriste moment podizanja *ukea* zdjelicom od poda u *kake* fazi bacanja u odnosu na judaše G2 nakon izazivanja umora (tablica 15., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,04$) dok su razlike između grupa u ovoj varijabli prije izazivanja umora zanemarive. Ovaj nalaz nastavlja se na prethodni gdje grupa G1 nakon umora statistički značajno više spušta CTT ispod *ukea* u *tsukuri* fazi od ispitanika G2.

Zanimljivo je za napomenuti kako su judaši G1 u varijabli ISN_ZDJ_ULAZ nakon izazivanja umora postigli statistički značajno lošije rezultate u odnosu na izvedbu prije umora, međutim u kinematičkom pokazatelju ISN_ZDJ_BAC postigli su podjednake rezultate u izvedbi i prije i nakon izazivanja umora. Takav nalaz može ukazivati na to da kvalitetniji judaši, unatoč umoru, uspijevaju dovoljno nisko spustiti CTT-a u *tsukuri* fazi, čime stvaraju preduvjete za učinkovito korištenje podizanje kuka kao poluge u *kake* fazi bacanja. Time se osigurava kontinuirani prijenos sile prema *ukeu* i zadržava tehnička učinkovitost izvedbe bacanja *ippon seoi nage* čak i u uvjetima povećanog fiziološkog opterećenja.

Za istaknuti je kako su ispitanici G2 u varijabli ISN_ZDJ_BAC postigli statistički značajno lošije rezultate u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja u odnosu na izvedbu prije (tablica 15., usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Može se zaključiti kako umor negativno utječe na izvedbu bacanja kod ispitanika G2 na način da se nedovoljno spuštanje CTT-a *ukea* u *tsukuri* fazi bacanja (varijabla ISN_ZDJ_ULAZ) reflektira na smanjeno podizanje *ukea* zdjelicom od poda prilikom *kake* faze (varijabla ISN_ZDJ_BAC). Takva izvedba pripremnih faza bacanja dovodi do cjelokupne kompenzacije izvedbe bacanja na način da judaš sada pojačano koristi pretklon gornjim dijelom tijela prema naprijed. Dva su razloga zašto. Nedovoljno je spušten CTT u *tsukuri* fazi, ali isto tako nedovoljno su angažirane ruke u povlačenju *ukea* s ciljem da se zadrži u narušenom ravnotežnom položaju kroz *kuzushi* i *tsukuri* fazu. Zato judaš koristi pretklon gornjim dijelom tijela kako bi *ukea* prebacio preko sebe u *kake* fazi. Ovo potvrđuju nalazi G2 u varijabli ISN_GLAVA_RAZ gdje su u izvedbi bacanja nakon umora statistički značajno više spustili glavu naprijed u pretklon u odnosu na bacanje prije izazivanja umora (tablica 17., usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,02$). Nadalje, dodatno potvrdu takvog obrasca

pružaju i rezultati u varijabli ISN_ŠAKA_BRZ. Naime, judaši G2 ostvarili su statistički značajno manju maksimalnu brzinu šake u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja u odnosu na izvedbu bacanja prije izazivanja umora (tablica 16., usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Promatrajući svih šest varijabli kod ispitanika G2 u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja, uočljivo je da se poremećaj u kinetičkom lancu javlja već u početnoj fazi izvedbe bacanja, a negativne posljedice tog narušavanja prate sve sljedeće faze bacanja.

U tom kontekstu osobito su zanimljivi nalazi Imamura i sur. (2006.), koji su pokazali kako tehnika *seoi nage* u usporedbi sa tehnikama *harai goshi* i *osoto gari*, ostvaruje najmanji impuls i silu sudara (zamah i izbijanje stajne noge *ukea* kod tehnika *harai goshi* i *osoto gari*), ali istovremeno zadržava kontinuiranu i visoku razinu momenta tijela *ukea* kroz sve tri faze bacanja, osobito u anteroposteriornom smjeru. To sugerira da se *seoinage* kao bacanje oslanja prvenstveno na brzinu, preciznu mehaniku pokreta i tehničku usklađenost, a ne na čistu snagu, što tehnički zahtijeva visoku razinu kontrole i očuvanja kinematičkog lanca. Stoga svaki poremećaj u kontinuitetu pokreta, kao što je vidljivo kod judaša G2 u stanju umora, direktno narušava učinkovitost bacanja, dok judaši višeg kvalitativnog ranga, poput onih u G1, uspijevaju i u takvim uvjetima zadržati stabilniji prijenos sile i koordinaciju pokreta potrebnu za izvedbu *ippon seoi nage* bacanja.

U varijabli ISN_GLAVA_RAZ može se primjetiti jedna zanimljivost. Nalazi sugeriraju kako su ispitanici G1 u odnosu na ispitanike G2 statistički značajno više išli glavom u pretklon naprijed u kake fazi prilikom izvedbe bacanja prije izazivanja umora (tablica 17., usporedba interakcija 1 i 3, $p=0,03$). Međutim, kada se analiziraju sve promatrane varijable kao dio jedinstvenog kinematičkog sustava, jasno je da je ovaj rezultat posljedica cjelokupnog načina izvedbe bacanja, dominantno uvjetovan brzinom izvedbe koja se iščitava kroz rezultate u varijabli ISN_ŠAKA_BRZ. Dakle, judaši G1 su u varijabli ISN_GLAVA_RAZ postigli gotovo identične rezultate u izvedbi bacanja prije i nakon iscrpljivanja, što ukazuje na stabilnost tehničke izvedbe i u uvjetima umora. Dodatno, rezultati u varijabli ISN_ŠAKA_BRZ pokazuju da su ispitanici G1 u izvedbi nakon iscrpljivanja ostvarili statistički značajno veću brzinu šake u odnosu na ispitanike

G2, što potvrđuje višu razinu eksplozivnosti i tehničke učinkovitosti čak i pri smanjenim fiziološkim kapacitetima.

Ovi nalazi podudaraju se s istraživanjem Ishii i sur. (2017.), koji su utvrdili da elitni judaši u izvedbi tehnike *seoi nage* pokazuju stabilniju tehniku u završnoj fazi bacanja, što uključuje manju rotaciju ramena i bolju kontrolu kretanja. Takva kinematička stabilnost omogućuje im zadržavanje veće brzine tijela i ruku kroz završnu fazu bacanja, čime se povećava eksplozivnost izvedbe i učinkovitost tehnike čak i u uvjetima umora (Ishii i sur.).

Važnost brzine pokreta u izvedbi tehnike *ippon seoi nage* dodatno potvrđuju nalazi Ishii i sur. (2019), koji su utvrdili kako su judaši višeg tehničkog ranga tijekom prelaska iz kuzushi u tsukuri fazu bacanja (prilikom okreta) ostvarivali statistički značajno veće linearne brzine u zglobov gležnja i kuka u anteroposteriornom smjeru, u usporedbi s manje iskusnim judašima. Štoviše, ove su brzine bile u snažnoj pozitivnoj korelaciji s generiranim kutnim momentom *toria* ($r=0,825$ za gležanj i $r=0,737$ za kuk), što ukazuje na važnost pravilne mehanike i stabilne posturalne kontrole pri ostvarivanju učinkovite i eksplozivne izvedbe. Ovi rezultati dodatno potkrepljuju nalaz iz ovog istraživanja gdje je varijabla ISN_ŠAKA_BRZ pokazala umjerene negativne korelacije s testovima statičke ravnoteže G_Z_L_ML-MD ($r=-0,41$) i G_Z_L_AP-MD ($r=-0,39$)(tablica 31.), čime se potvrđuje da je brzina pokreta u tehnici bacanja povezana s posturalnom stabilnošću. Judoši koji postižu bolje rezultate u kontroli ravnoteže, osobito u otežanim uvjetima (sa zatvorenim očima), istovremeno postižu veću brzinu pokreta rukom, što upućuje na koordiniranu i učinkovitiju tehniku bacanja što je ključno za uspješnu realizaciju tehnike bacanja *ippon seoi nage* čak i pod fiziološkim opterećenjem.

5.3.2. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja *harai goshi*

Kao i kod prethodnog bacanja, kinematičke parametre bacanja *harai goshi* proučavalo se kroz šest varijabli. U *kuzushi* fazi bacanja, kada *tori* rukom koja drži rukav, povlači *ukea* naprijed i gore, promatran je kut u lijevom ramenu (abdukcija), HG_RAME_KUT, gdje veći kut, kao i kod bacanja *ippon seoi nage*, predstavlja bolje narušavanje ravnotežnog položaja *ukea* (Sertić, Segedi, 2013.). Slično kao kod tehnike bacanja *ippon seoi nage*, izostanak destabilizacije protivnika u *kuzushi* fazi izvedbe bacanja tehnike *harai goshi* može rezultirati gubitkom kontrole nad situacijom. Bez narušenog ravnotežnog položaja *ukea*, izvedba bacanja postaje tehnički otežana, a *tori* se izlaže riziku kontranapada, te također mogućnosti da zbog neuvjerljivog napada bude sankcioniran kaznom *shido*. Nakon *kuzushi* faze, u prvom dijelu *tsukuri* faze bacanja desnu nogu postavlja u blizinu svog drugog stopala kroz pokret *mae sabaki*, te se u drugom dijelu *tsukuri* faze rotira tijelom i svoje drugo stopalo postavlja blizu *ukeovog* desnog stopala te na taj način postavlja tijelo u idealnu poziciju za bacanje (Sertić, Segedi, 2013.). Snažan kontakt s *ukeom* prisutan je samo u gornjem dijelu trupa koje mu omogućava upravo slijedeća promatrana varijabla, HG_LAKAT_KUT, koji predstavlja kut između desne nadlaktice i desne podlaktice (pružena ruka predstavlja kut od 0,00 koji se povećava kako se približavaju podlaktica i nadlaktica, fleksija). Spomenuti kut važan je kinematički pokazatelj razine kontrole nad *ukeom* u završnom dijelu *tsukuri* faze. Veća fleksija u laktu sugerira čvršći kontakt i bolju mogućnost upravljanja *ukeovim* trupom, što je preduvjet za stabilan prijelaz u *kake* fazu i učinkovitu realizaciju bacanja. Nedovoljno čvrst hvat revera u završnom dijelu *tsukuri* faze može rezultirati djelomičnim ili potpunim otpuštanjem *ukeova* kimona, čime *tori* gubi kontrolu nad protivnikovim gornjim dijelom tijela. U takvoj situaciji *uke* dobiva prostor za reorganizaciju ravnoteže, preuzimanje inicijative i potencijalno izvođenje kontranapada. Taktički gledano, to može značiti gubitak dominacije u borbi te omogućavanje *ukeu* da preokrene situaciju u svoju korist i ostvari bodovnu ili pozicijsku prednost. Nakon *tsukuri*, slijedi *kake* faza bacanja. Kroz *kake* fazu bacanja proučavale su se tri varijable koje reflektiraju kinematičku učinkovitost završnog dijela izvedbe bacanja. Varijabla HG_STOPALO_RAZ označava visinu do koje je *tori* podignuo zamašnu nogu, kojom

djeluje na stajnu nogu *ukea* prilikom izvedbe bacanja. S tom varijablom usko je povezana HG_KUK_FLEKS, koja predstavlja kut pretklona trupa, odnosno kut kuka stajne noge *toria* gdje *tori* u trenutku izvedbe bacanja zauzima položaj sličan "vagi", a koji je karakterističan za kinematički ispravnu izvedbu *harai goshi* bacanja. Ova pozicija zahtijeva stabilnu bazu oslonca, dobru ravnotežu i precizno vremensko usklađivanje pokreta između gornjeg i donjeg dijela tijela. Nedovoljno razvijena specifična koordinacija može otežati *toriu* zauzimanje učinkovite pozicije stopala stajne noge za kvalitetno bacanje u odnosu na vlastiti centar težišta. To je posebno važno kod bacanja poput *harai goshi* koje se izvodi s osloncem na jednu nogu. U takvim situacijama povećava se rizik od gubitka ravnoteže i smanjenja stabilnosti tijekom izvedbe. Uz to, sposobnost održavanja dinamičke ravnoteže ima dodatnu ulogu u osiguravanju tehnički precizne i kontrolirane izvedbe bacanja. Dodatnu dinamiku pokretu u *kake* fazi bacanja analizira varijabla HG_KUK_KUT_BRZ, koja mjeri brzinu zamašne noge kojom *tori* djeluje na *ukeovu* stajnu nogu. Veća brzina ukazuje na eksplozivnost pokreta, ali i na efikasnu pretvorbu prethodno pripremljene tehničke pozicije u završnu silu bacanja. Posljednja varijabla HG_T_BAC mjeri trajanje cijelog bacanja koje se računa od prvog kontakta *torievog* desnog stopala sa strunjačom do trenutka kada *uke* svojim tijelom ostvaruje kontakt sa strunjačom. Varijabla HG_T_BAC može biti osjetljiva na utjecaj umora, osobito u uvjetima smanjene tehničke preciznosti ili narušenog kinematičkog lanca. Umor može dovesti do kašnjenja u aktivaciji pojedinih segmenata pokreta, smanjenja eksplozivnosti i poremećaja u vremenskoj usklađenosti faza bacanja, što u konačnici usporava cijeli proces izvedbe. Kada pokreti nisu optimalno sinkronizirani, tehnička izvedba postaje manje učinkovita, a trajanje bacanja se produžuje, što može ukazivati na smanjenje tehničke ekonomičnosti i potencijalnu ranjivost u natjecateljskim uvjetima.

Promatrajući srednje vrijednosti osnovnih deskriptivnih pokazatelja kinematičkih parametara grupe G1 i grupe G2, u izvedbi bacanja prije i nakon izazivanja umora može se vidjeti kako su u gotovo svim varijablama rezultati bolji u izvedbi bacanja prije izazivanja umora. Jedina varijabla u kojoj su srednje vrijednosti bile veće nakon izazivanja umora je kod grupe G1 u varijabli HG_KUK_FLEKS (poslije AS=102,36 naspram prije AS=100,98)(tablica 18.). Moguće je da su kvalitetniji judaši prije izazivanja

umora, zahvaljujući učinkovitijem narušavanju ravnotežnog položaja *ukea*, što je vidljivo u većim vrijednostima varijable HG_RAME_KUT, manje koristili pretklon tijelom te se više oslanjali na potisak zamašne noge i njezinu inerciju za izvedbu bacanja. Nakon izazivanja umora, u cilju racionalnijeg utroška energije, istovremeno su češće koristili veći pretklon trupa i podizanje noge u takozvanu vagu. Ovakav pristup je u skladu s biomehaničkim modelom bacanja koje pripada tzv. "couple" grupi, gdje se rotacija protivnika postiže djelovanjem suprotnih sila ruku i nogu (Sacripanti, 2016.).

Zanimljivo je da je grupa G2 imala bolje srednje rezultate u varijabli HG_LAKAT_KUT od G1 u izvedbi bacanja *harai goshi* i prije i nakon izazivanja umora. Međutim, razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti bile su veće kod grupe G2, što upućuje na veće varijacije u tehničkoj izvedbi među ispitanicima. Ovaj podatak može ukazivati na tehničku nestabilnost i manjak ujednačenosti u kontroli pokreta, što dodatno potvrđuje važnost konzistentnog izvođenja *kuzushi* i *tsukuri* faze što je vidljivo u rezultatima grupe G1.

Ispitanici grupe G1 su u odnosu na ispitanike grupe G2 i prije i nakon izazivanja umora bacanje *harai goshi* izvodili brže (varijabla HG_T_BAC) međutim nije utvrđena statistički značajna razlika ($F=2,98$, $p=0,09$)(tablica 20.). Ipak, rezultat sugerira da umor negativno utječe na brzinu izvedbe bacanja, što može biti presudno za uspješnu realizaciju tehnike u natjecateljskim uvjetima. Ovo potkrepljuje nalaz Imamura i sur. (2006.) koji u svojoj analizi naglašavaju da uspješnost bacanja poput *harai goshi* ovisi o generiranju velikog početnog momenta sile, koji je direktno povezan s brzinom pokreta kroz kinetički lanac.

Najveće odstupanje rezultata uočeno je kod G2 u varijabli HG_KUK_KUT_BRZ pri izvedbi bacanja prije iscrpljivanja ($SD=48,45$)(tablica 18.), što potvrđuje tehničku zahtjevnost bacanja *harai goshi*. Samo bacanje *harai goshi* predstavlja izuzetno kompleksan motorički zadatak jer zahtijeva precizno i snažno narušavanje ravnoteže protivnika, visoku razinu posturalne kontrole i ravnoteže s obzirom da se izvodi s osloncem na jednu nogu, a pritom se tijelo nalazi u rotaciji. Tijekom *tsukuri* faze, ta oslonačka noga mora biti optimalno postavljena kako bi *tori* zadržao stabilnost i kontrolu pri izvođenju bacanja. Uz to, nužan je sklad i sinkronizacija pokreta gornjih i donjih

ekstremiteta, osobito usklađenost ruku koje povlače ukea i zamašne noge koja provodi završni dio pokreta, što dodatno povećava kinematičku složenost cijele tehnike. Upravo zbog te složenosti moguće je da su statistički značajne razlike pronađene samo u manjem broju varijabli, jer i manja odstupanja u bilo kojem od segmenata mogu značajno utjecati na kvalitetu izvedbe. Dodatno, treba uzeti u obzir da se u ovom istraživanju radi o judašima kadetskog uzrasta, kod kojih još uvijek nisu u potpunosti razvijene sve komponente koordinacije i ravnoteže, a pogotovo tehničke preciznosti. Zbog toga je vjerojatno da i ispitanici iz obje promatrane skupine izvedu bacanje s određenom razinom zadržke, nesigurnosti ili kinematičke nepreciznosti, što dodatno doprinosi varijabilnosti rezultata i manjoj izraženosti statističkih razlika među skupinama. Slične kinematičke razlike između natjecateljskih i nenatjecateljskih uvjeta zabilježili su Imamura i sur. (2007), ističući kako vanjski otpor u borbi mijenja kinematiku izvođenja bacanja. U ovom istraživanju, sličnu funkciju ima umor. Djeluje kao unutarnji kinematički stresor koji narušava finu koordinaciju i stabilnost nužnu za kvalitetnu izvedbu *harai goshi* bacanja.

ANOVA 2X2 analizom za definiranje razlika između promatranih skupina judaša (G1 i G2) i uvjeta izvedbe (prije opterećenja i poslije opterećenja), u dobivenim rezultatima mjerenja utvrđene su statistički značajne razlike ($F=5,74$; $p=0,00$)(tablica 19.). Daljnjom analizom zasebno za svaku promatranu varijablu utvrđene su statistički značajne razlike u spomenutim odnosima skupina i opterećenja odnosno interakcijama u slijedećim varijablama: HG_RAME_KUT ($F=20,02$, $p=0,00$), HG_LAKAT_KUT ($F=7,57$, $p=0,01$) i HG_KUK_KUT_BRZ ($F=6,53$, $p=0,01$)(tablica 20.). Za razliku od rezultata u izvedbi bacanja *ippon seoi nage*, gdje u promatranim varijablama koje predstavljaju narušavanje ravnotežnog položaja *ukea* u *kuzushi* fazi nisu nađene statistički značajne razlike, kod rezultata u izvedbi bacanja *harai goshi* one su potvrđene i to u obje, odnosno u varijablama HG_RAME_KUT i HG_LAKAT_KUT. Uz statistički značajnu razliku u varijabli HG_KUK_KUT_BRZ može se reći kako su kod grupe G1 u odnosu na rezultate grupe G2 u izvedbi bacanja *harai goshi* skladno djelovale i ruke i noge što još jednom nadopunjuje teorija u radu Sacripanti (2016.) koji naglašava kako je uspješna rotacija u „couple” tehnikama ovisna o kvaliteti biomehaničke veze između gornjih i donjih ekstremiteta.

Varijabla HG_RAME_KUT predstavlja djelovanje lijeve ruke u fazi kuzushi. Odnosno ruka koja drži *ukeov* rukav, pri čemu ga u fazi *kuzushi* povlači prema naprijed i gore. Najveći kut abdukcije očekuje se u trenutku okreta i postavljanja tijela u poziciju za bacanje, odnosno u *tsukuri* fazi, čime se stvaraju optimalni preduvjeti za uspješnu realizaciju tehnike bacanja *harai goshi*. Analizom rezultata unutar svake grupe zasebno, uočeno je da su i G1 i G2 statistički značajno više narušavali ravnotežni položaj *ukea* u kuzushi fazi u izvedbi bacanja prije izazivanja umora u odnosu na rezultate u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora (tablica 21., usporedba interakcija 1 i 2, $p=0,03$; interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Iako među grupama u izvedbi bacanja prije izazivanja umora nije utvrđena statistički značajna razlika, treba naglasiti kako je u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora grupa G1 značajno više narušila *ukeov* ravnotežni položaj odnosno promatrani kut u ramenu bio je statistički značajno veći u odnosu na grupu G2 (tablica 21., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,00$) Takav nalaz ukazuje na očuvanu razinu tehničke izvedbe unatoč fiziološkom opterećenju. Ruka koja drži *ukeov* rukav izuzetno je važna u situacijskim uvjetima borbe, jer njezina nedovoljna aktivacija može smanjiti učinkovitost tehnike i povećati rizik od kontranapada. Na primjer, *uke* može iskoristiti slabost u kontroli ruke kako bi pritisnuo *torievu* ruku uz tijelo i izveo kontra bacanje poput požrtvovne tehnike bacanja *tani otoshi*. Dodatno, pregled minimalnih vrijednosti u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora u obje grupe pokazuje da je ta ruka kod nekih ispitanika ostala gotovo uz tijelo (G1: min = 1,58; G2: min = 0,61), (tablica 18.) što ukazuje na znatno smanjeno djelovanje na ravnotežni položaj *ukea*. Imamura i sur. (2007.) pokazali su da se kinematika bacanja *harai goshi* značajno mijenja ovisno o uvjetima. U natjecateljskom okruženju s prisutnim otporom protivnika, *tori* mora generirati veću silu povlačenja u *kuzushi* fazi kako bi destabilizirao *ukea*, dok u kontroliranim uvjetima (trening, bez otpora *ukea*) ima veću slobodu pokreta. Sličan obrazac prepoznaje se i u ovom istraživanju odnosno umor djeluje poput vanjskog otpora, smanjuje kut u ramenu prilikom povlačenja *ukea* i narušavanja njegova ravnotežnog položaja što otežava izvedbu uspješne tehnike bacanja *harai goshi*. Smanjena abdukcija ramena lijeve ruke tako može značiti slabiju kontrolu nad protivnikom i veću izloženost kontranapadu. Ovi nalazi upućuju na to da unutarnji faktori,

poput umora, mogu imati podjednako snažan utjecaj na izvedbu bacanja kao i vanjski faktori, poput aktivne obrane protivnika u borbi (Imamura i sur., 2007.).

U varijabli HG_LAKAT_KUT uočava se zanimljiv nalaz. Kako je prije navedeno, ova varijabla ukazuje na Snažan kontakt s ukeom u gornjem dijelu trupa u tsukuri fazi i važan je kinematički pokazatelj razine kontrole nad *ukeom* u završnom dijelu *tsukuri* faze. Veća fleksija u laktu sugerira čvršći kontakt i bolju mogućnost upravljanja *ukeovim* trupom, što je preduvjet za stabilan prijelaz u *kake* fazu i učinkovitu realizaciju bacanja. Utvrđeno je kako je umor statistički značajno utjecao na rezultate ovog kinematičkog pokazatelja. Odnosno, i G1 i G2 su statistički manji kut imali u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora u odnosu na izvedbu bacanja prije izazivanja umora (tablica 22., usporedba interakcija 1 i 2, $p=0,03$; interakcija 3 i 4, $p=0,00$), što ukazuje na smanjenu kontrolu nad *ukeom* u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora. Zanimljivo je kako su u promatranoj varijabli ispitanici G2 postigli nešto bolje srednje vrijednosti u odnosu na G1, u izvedbi bacanja prije opterećenja (AS=111,98 naspram AS=100,16) i u izvedbi bacanja nakon opterećenja (AS=98,12 naspram AS=94,18)(tablica 18.), što bi na prvu moglo sugerirati kvalitetniju izvedbu u toj varijabli od strane grupe G2. Međutim, kada se prouče rezultati u varijabli HG_LAKAT_KUT te koliko variraju u izvedbi bacnja i prije i nakon provedenog protokola iscrpljivanja, može se zaključiti kako ispitanici G1 čak i u uvjetima umora zadržavaju višu razinu tehničke kvalitete i motoričke kontrole u izvedbi bacanja *harai goshi*. Kao i kod bacanja *ippon seoi nage*, analizom svih kinematičkih pokazatelja kroz tri faze bacanja može se zaključiti kako ispitanici grupe G1 izvode tehniku bacanja *harai goshi* ujednačenije i tehnički usklađenije. Ta se usklađenost ogleda u većini promatranih varijabli, gdje G1 pokazuje stabilniju izvedbu i manja odstupanja, kako u uvjetima odmora tako i nakon izazivanja umora. Ukupni rezultati sugeriraju višu razinu tehničke kompetentnosti, učinkovitije korištenje kinetičkog lanca te bolju sposobnost očuvanja kvalitete izvedbe i pod opterećenjem kod ispitanika G1 u odnosu na ispitanike G2.

To se potvrđuje i nalazima u promatranoj varijabli HG_KUK_KUT_BRZ. Ona predstavlja brzinu zamašne noge *toria* u *kake* fazi bacanja. Upravo u toj varijabli dobivene su najznačajnije razlike između skupina i stanja umora, što jasno ukazuje na

njezinu ključnu ulogu u uspješnoj izvedbi bacanja. Ovi rezultati su u skladu s nalazima Kima i sur. (2011), koji ističu da su visoka kutna brzina kuka i koljena u završnoj fazi bacanja ključni faktori za generiranje dovoljne sile potrebne za destabilizaciju protivnika. Naše istraživanje potvrđuje da umor negativno utječe upravo na taj aspekt odnosno smanjenje brzine zamašne noge otežava prijenos sile na *ukea*, što u konačnici može znatno umanjiti učinkovitost same tehnike. S druge strane, iako varijabla HG_T_BAC, koja označava ukupno trajanje bacanja, nije pokazala statistički značajnu razliku između grupa ($F=2,98$; $p=0,09$)(tablica 20.), vidljivo je došlo do usporavanja nakon protokola iscrpljivanja. To upućuje na povezanost između brzine zamašne noge i ukupne brzine izvedbe bacanja gdje brzina zamašne noge izravno doprinosi dinamici i učinkovitosti cjelokupnog bacanja.

Nastavno na prethodno, detaljnija analiza rezultat varijable HG_KUK_KUT_BRZ dodatno potvrđuje izražen utjecaj umora na brzinu zamašne noge, koja je ključna komponenta u završnoj fazi bacanja *harai goshi*. Statistički značajne razlike utvrđene su u gotovo svim promatranim interakcijama. Unutar svake grupe uočeno je statistički značajno smanjenje brzine zamašne noge u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora u odnosu na izvedbu bacanja prije opterećenja. Kod grupe G1, interakcija 1 i 3, $p=0,00$ i kod grupe G2, interakcija 2 i 4, $p=0,00$ (tablica 23.). Ovi rezultati potvrđuju da fiziološki stres negativno utječe na jedan od najvažnijih kinematičkih elemenata bacanja *harai goshi*. Zanimljivo je da su u izvedbi bacanja prije provođenja protokola iscrpljivanja, ispitanici grupe G1 pokazali statistički značajno veću brzinu zamaha nogom u odnosu na grupu G2 (tablica 23., usporedba interakcija 1 i 3, $p=0,00$). Čak i u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora, ista razlika je ostala statistički značajna u korist grupe G1 (tablica 23., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,00$), što ukazuje na njihovu veću sposobnost održavanja učinkovitosti pokreta u uvjetima fizičkog opterećenja u odnosu na manje kvalitetne judaše. Kako navode Imamura i sur. (2006.), za uspješnu destabilizaciju protivnika nužno je generirati velik početni moment sile, što se ostvaruje preciznom koordinacijom pokreta cijelog tijela, osobito zamašne noge. Bacanje *harai goshi* posebno zahtijeva snažan kontakt i naglu promjenu momenta sile, a svaki pad u brzini zamašne noge može značiti i pad u sposobnosti stvaranja te sile, odnosno slabiju destabilizaciju *ukea* (Imamura i sur., 2006.). U kontekstu našeg istraživanja, jasno je da

umor znatno kompromitira tu sposobnost, osobito kod manje iskusnih judaša. S obzirom na to da je brzina zamašne noge osjetljiv indikator tehničke spremnosti i motoričke učinkovitosti, može poslužiti kao vrijedan kriterij u procjeni kvalitete izvedbe, ali i kao orijentir trenerima u programiranju specifičnih sadržaja treninga usmjerenih na očuvanje eksplozivnosti i koordinacije u zahtjevnim fiziološkim uvjetima. Stoga, u programiranju trenažnih sadržaja, posebnu pažnju treba usmjeriti na razvoj specifičnih kretnih struktura karakterističnih za judo tehnike poput *harai goshi*, ali i drugih tehnika bacanja s naglaskom na eksplozivnost i preciznu koordinaciju između gornjih i donjih ekstremiteta. Treninzi bi trebali simulirati situacijske uvjete borbe kako bi sportaši mogli održati visoku razinu tehničke učinkovitosti i pod opterećenjem, što je presudno za uspješnu izvedbu bacanja u natjecateljskom kontekstu.

Nadalje, u istraživanju Pucsok, Nelson i Ng (2001.) analizirana je kinetika i kinematika bacanja *harai goshi* među judašima različitih razina tehničke pripremljenosti. Za razliku od naših rezultata, oni nisu pronašli statistički značajnu razliku u horizontalnoj brzini zamašne noge između početnika i naprednih judaša, no njihova je analiza pokazala snažnu korelaciju između horizontalne brzine zamašne noge i sile reakcije podloge noge oslonca. Ovaj nalaz potvrđuje kako je primjena horizontalne sile oslonca od ključne važnosti za učinkovito izvođenje tehnike, jer omogućuje stvaranje dovoljnog momenta sile za destabilizaciju protivnika (Pucsok, Nelson, Ng, 2001.). Naši rezultati, u kojima je umor doveo do smanjenja brzine zamašne noge, dodatno naglašavaju ovu biomehaničku povezanost na način da pad brzine može značiti i smanjenu sposobnost generiranja horizontalne sile, što u konačnici umanjuje učinkovitost bacanja *harai goshi*. Time se još jednom potvrđuje važnost optimalne interakcije sile oslonca i pokreta zamašne noge za realizaciju ove kompleksne judo tehnike.

Iako u ovom istraživanju nije utvrđena statistički značajna korelacija između rezultata u testovima za procjenu koordinacije i ravnoteže s kinematičkim pokazateljima izvedbe bacanja *harai goshi*, brojni autori naglašavaju važnost tih sposobnosti za uspješnu tehničku izvedbu. Imamura i sur. (2006.) ističu kako posturalna kontrola i precizna koordinacija segmentarnih pokreta igraju ključnu ulogu u stvaranju potrebnog momenta sile za destabilizaciju protivnika. Kim i sur. (2011.) navode kako kutna brzina pokreta ovisi o usklađenosti rada nogu i trupa, dok Sacripanti (2016.) u biomehaničkom

modelu "couple" tehnika naglašava važnost sinkroniziranog djelovanja gornjih i donjih ekstremiteta. Slične zaključke iznose i Pucsok, Nelson i Ng (2001.), čije je istraživanje pokazalo da horizontalna brzina zamašne noge pozitivno korelira s horizontalnom silom reakcije podloge, što jasno upućuje na važnost optimalne kontrole ravnoteže i biomehaničke stabilnosti oslonca. Autori ističu kako mogućnost precizne i učinkovite primjene sile u velikoj mjeri ovisi o stabilnosti oslonca, odnosno o kvaliteti koordinacije u prijenosu sile kroz kinetički lanac. S obzirom na to, jasno je da visok stupanj razvijene koordinacije i posturalne stabilnosti predstavlja preduvjet za učinkovitost u tehnički zahtjevnim bacanjima poput *harai goshi*, osobito u uvjetima fizičkog opterećenja.

5.3.3. Rasprava o rezultatima izvedbe bacanja *osoto gari*

Bacanje *osoto gari* također se kao i prethodna dva bacanja proučavalo kroz šest varijabla. Prema Sacripanti (2016), bacanja *osoto gari* i *harai goshi* prema kinematičkoj strukturi izvedbe pripadaju istoj skupini tehnika koje naziva Couple group, odnosno tehnikama koje se temelje na primjeni dviju suprotnih sila za rotaciju protivnika. Oba bacanja zahtijevaju stabilnost na jednoj nozi i korištenje zamašne noge za destabilizaciju *ukea*. Glavna razlika je u smjeru bacanja, kod *harai goshi* bacanja, *tori* naginje tijelo prema naprijed dok se *uke* okreće prema dolje, dok se kod *osoto gari* bacanja *uke* kreće ravno unatrag, a *tori* zadržava uspravniji položaj. Unatoč tim razlikama, biomehanički zahtjevi ovih tehnika su vrlo slični, osobito u kontroli ravnoteže, koordinaciji pokreta i generiranju dovoljne sile za uspješnu izvedbu (Sacripanti 2016). Slijedom spomenute sličnosti proučavale su se identične varijable kao u bacanju *harai goshi*. Iako, za razliku od bacanja *harai goshi*, sada *tori* rukom koja drži rukav, izvodi kuzushi natrage desno te prebacuje težište ukeovog tijela na brid i petu jednog stopala (Sertić, Segedi, 2013.). U tom pokretu, promatran je identičan kut u lijevom ramenu (abdukcija) kao i kod bacanja *harai goshi*, varijabla OG_RAME_KUT. Veći kut naravno, predstavlja bolje narušavanje ravnotežnog položaja *ukea*. Izostanak destabilizacije protivnika u *kuzushi* fazi izvedbe bacanja tehnike *osoto gari* može rezultirati blokiranjem napada *ukea* i preuzimanjem inicijative. Bez narušenog ravnotežnog položaja *ukea*,

izvedba bacanja postaje tehnički otežana, a *tori* se izlaže riziku kontranapada. U isto vrijeme tijekom *kuzushi* faze *tori* izvodi korak naprijed te postavlja stopalo pored ukeovog stopala na razmak od 2-3 širine stopala. U drugom dijelu *tsukuri* faze zamašna noga je opružena iza *ukeovog* tijela te spremna za izbijanje *ukeovog* oslonca (Sertić, Segedi, 2013.). Snažan kontakt s ukeom prisutan je u gornjem dijelu trupa koje mu omogućava upravo slijedeća promatrana varijabla, OG_LAKAT_KUT, koji predstavlja kut između desne nadlaktice i desne podlaktice (pružena ruka predstavlja kut od 0,00 koji se povećava kako se približavaju podlatica i nadlaktica, fleksija). Kao i kod *harai goshi* bacanja spomenuti kut važan je kinematički pokazatelj razine kontrole nad *ukeom* u završnom dijelu *tsukuri* faze. Veća fleksija u laktu sugerira čvršći kontakt i bolju mogućnost upravljanja *ukeovim* trupom, što je preduvjet za stabilan prijelaz u *kake* fazu i učinkovitu realizaciju bacanja. Nakon *tsukuri*, slijedi *kake* faza bacanja. Kroz *kake* fazu bacanja, kao i kod tehnike bacanja *harai goshi*, proučavale su se tri varijable koje reflektiraju kinematičku učinkovitost završnog dijela izvedbe bacanja. Varijabla OG_STOPALO_RAZ označava visinu do koje je *tori* podignuo zamašnu nogu, nakon djelovanja na stajnu nogu *ukea* prilikom izvedbe bacanja. S tom varijablom usko je povezana OG_KUK_FLEKS, koja predstavlja kut preklona trupa, odnosno kut kuka stajne noge *torie* gdje *tori* u trenutku izvedbe bacanja zauzima položaj sličan "vagi", a koji je karakterističan za kinematički ispravnu izvedbu *osoto gari* bacanja. Za uspješnu izvedbu bacanja ključno je da *tori* postavi stajnu nogu u stabilan i funkcionalan položaj u skladu s vlastitim centrom težišta, uz usklađen rad cijelog tijela. Ukoliko specifična koordinacija nije dovoljno razvijena, može doći do netočnog pozicioniranja oslonca, što otežava prijenos sile i smanjuje učinkovitost bacanja. To je kao i kod bacanja *harai goshi* važno i kod bacanja *osoto gari* koje se izvodi s osloncem na jednu nogu. Također, dodatne razumijevanje izvedbe bacanja *osoto gari* u *kake* fazi bacanja analizira varijabla HG_KUK_KUT_BRZ, koja mjeri brzinu zamašne noge kojom *tori* djeluje na *ukeovu* stajnu nogu. Kao i kod *harai goshi* bacanja varijabla OG_T_BAC mjeri trajanje cijelog bacanja koje se računa od prvog kontakta *torievog* desnog stopala sa strunjačom do trenutka kada *uke* svojim tijelom ostvaruje kontakt sa strunjačom. Varijabla OG_T_BAC također može biti podložna utjecaju umora, posebno kada dolazi do smanjene tehničke usklađenosti ili narušavanja kinematičkog slijeda pokreta. Umor često uzrokuje sporiju

aktivaciju pojedinih dijelova tijela, smanjuje eksplozivnost i remeti precizno vremensko usklađivanje faza bacanja. Posljedica toga može biti usporena izvedba, produženo trajanje bacanja i smanjena tehnička učinkovitost, što u natjecateljskim uvjetima predstavlja potencijalni nedostatak.

Promatrajući srednje vrijednosti osnovnih deskriptivnih pokazatelja kinematičkih parametara, vidljivo je da su ispitanici grupa G1 i G2 postigli slabije rezultate u gotovo svim promatranim varijablama prilikom izvedbe bacanja nakon provedenog protokola iscrpljivanja. Jedinu iznimku čini varijabla OG_KUK_FLEX kod grupe G1, gdje je zabilježen blagi porast vrijednosti nakon umora (AS prije = 92,29; AS poslije = 92,99)(tablica 24.).

U varijabli OG_LAKAT_KUT zabilježeni su nalazi koji su u velikoj mjeri usporedivi s rezultatima dobivenima kod varijable HG_LAKAT_KUT. Ova varijabla predstavlja fleksiju u laktu ruke koja drži *ukeov* rever i važan je kinematički pokazatelj razine kontrole nad gornjim dijelom *ukeovog* tijela, osobito u završnoj fazi *tsukuri* i pri prijelazu u *kake* fazu bacanja. Veća fleksija u laktu omogućuje čvršći kontakt i bolje upravljanje *ukeovom* ravnotežom, što stvara preduvjete za učinkovitu izvedbu završnog dijela bacanja. Rezultati ANOVA 2x2 analize pokazali su statistički značajan utjecaj umora na ovu varijablu, pri čemu su ispitanici grupe G2 pokazali značajan pad vrijednosti nakon iscrpljivanja (tablica 28., usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$), dok kod ispitanika grupe G1 ta razlika nije bila statistički značajna, što upućuje na njihovu veću sposobnost održavanja kontrole nad *ukeom* u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora. Iako su judaši grupe G2 ostvarili nešto bolje srednje vrijednosti u varijabli OG_LAKAT_KUT u uvjetima odmora (G2, AS=114,65; naspram G1, AS=108,90)(tablica 24.), u stanju umora grupa G1 pokazuje ujednačeniju i tehnički stabilniju izvedbu bacanja. Kada se promatraju sve varijable kao cjelina, očito je da ispitanici grupe G1, koji predstavljaju kvalitetnije judaše, zadržavaju višu tehničku razinu izvedbe čak i pod fiziološkim opterećenjem. Ova stabilnost u izvedbi potvrđuje višu razinu motoričke kontrole, bolju koordinaciju pokreta i učinkovitije korištenje kinematičkih principa, što su ključni elementi uspješne primjene tehnike *osoto gari* u realnim uvjetima borbe. Ove nalaze dodatno podupiru rezultati Imamure i Johnsona (2003) koji su u svojoj analizi

tehničke izvedbe bacanja *osoto gari* istaknuli važnost bliskog kontakta gornjeg dijela tijela toria s ukeom za ostvarenje većeg kutnog momenta sile i efikasnijeg prijenosa energije kroz kinetički lanac. Njihova istraživanja pokazuju da iskusniji judaši, zahvaljujući kvalitetnijem kontaktu i kontroli, postižu veće kutne brzine rotacije ukeovog trupa, što izravno utječe na učinkovitost završne faze bacanja. Upravo iz tog razloga, smanjena fleksija lakta nakon umora, kao što je zabilježeno kod judaša grupe G2, može predstavljati ozbiljan limitirajući faktor u kontroli protivnika i kvaliteti izvedbe.

Varijabla OG_RAME_KUT odnosi se na položaj i djelovanje *torie*ve ruke koja drži *ukeov* rukav, a koja ima ključnu ulogu u narušavanju ravnotežnog položaja *ukea* tijekom kuzushi faze bacanja *osoto gari*. *Tori* izvodi korak prema naprijed i postavlja stopalo uz *ukeovo*, istovremeno radeći *kuzushi ukea* natrag i desno, čime prenosi njegovu težinu na vanjski rub i petu stajnog stopala (Sertić, Segedi, 2013.). Upravo taj pokret osigurava narušavanje ravnotežnog položaja ukeovog tijela, čime se stvaraju preduvjeti za pravilnu izvedbu bacanja. Nedovoljno učinkovito narušavanje stabilnog položaja *ukea* može rezultirati time da *uke* ostane u ravnoteži i zadrži kontrolu nad situacijom, što mu omogućuje lakše blokiranje napada ili izvođenje kontranapada. Analizom srednjih vrijednosti u varijabli OG_RAME_KUT može se primijetiti da su ispitanici grupe G1, u izvedbi bacanja i u uvjetima odmora i nakon izazivanja umora, u prosjeku više narušavali stabilnost *ukea* u usporedbi s grupom G2. Minimalna vrijednost zabilježena kod jednog ispitanika unutar grupe G2 ($\min = 2,18$)(tablica 24.) dodatno naglašava tehnički nedostatak, budući da tako mali kut ukazuje na gotovo nikakav utjecaj na ukeovu ravnotežu. S taktičkog aspekta, takva izvedba može biti vrlo rizična jer povećava mogućnost kontranapada od strane *ukea*. Daljnjom analizom rezultata putem 2x2 ANOVA utvrđena je statistički značajna razlika u varijabli OG_RAME_KUT ($F=5,72$, $p=0,02$)(tablica 26.). Rezultati pokazuju kako je umor imao negativan utjecaj na obje grupe. Rezultati G1 i G2 su u izvedbi bacanja nakon iscrpljivanja statistički značajno lošiji u odnosu na izvedbu prije izazivanja umora (tablica 27., usporedba interakcija 1 i 2, $p=0,02$; usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Znači da su obje grupe statistički manje djelovale na ukeov ravnotežni položaj u kuzushi fazi bacanja. Međutim, kada se usporede rezultati izvedbe bacanja između grupa nakon izazivanja umora, vidljivo je da ispitanici G1 i dalje ostvaruju značajno bolju kontrolu i učinkovitije djeluju na ravnotežni

položaj ukea u odnosu na G2 (tablica 27., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,00$). Ovi nalazi upućuju na to da kvalitetniji judaši, unatoč fizičkom opterećenju, uspijevaju održati višu razinu tehničke izvedbe, što potvrđuje njihovu bolju spremnost za izvođenje tehnike u realnim borbenim uvjetima. Ovakav zaključak dodatno podupiru rezultati istraživanja Imamure i suradnika (2006), koji su u trodimenzionalnoj biomehaničkoj analizi bacanja *osoto gari* naglasili važnost stvaranja velikog momenta sile i snažnog kontakta između *torie* i *ukea* već u fazi *kuzushi*. Njihova analiza ukazuje kako se kod iskusnijih judaša tijekom faza *kuzushi* i *tsukuri* generira najveći impuls sile, što omogućuje snažnu destabilizaciju *ukea* i učinkovitu pripremu za *kake* fazu. Autori ističu da je *osoto gari* bacanje snažno uvjetovano kvalitetnom manipulacijom ravnoteže *ukea*, pri čemu *toriev* angažman u fazi narušavanja ravnoteže izravno utječe na uspjeh izvedbe. Upravo to pokazuje važnost održavanja tehničke preciznosti čak i pod uvjetima umora, što je obilježje tehnički boljih judaša, poput ispitanika iz grupe G1 u odnosu na ispitanike G2.

Kada se zajedno analiziraju varijable OG_RAME_KUT i OG_LAKAT_KUT, postaje jasno da judaši grupe G1, u odnosu na G2, zadržavaju višu razinu tehničke kvalitete u kontroli ukeova ravnotežnog položaja tijekom *kuzushi* i *tsukuri* faze, čak i nakon izazivanja umora. Iako između grupa nije utvrđena statistički značajna razlika u varijabli OG_LAKAT_KUT, kod judaša grupe G2 uočena je veća osjetljivost na fiziološko opterećenje, što je rezultiralo slabijom funkcionalnom upotrebom obje ruke u destabilizaciji ravnotežnog položaja ukea. To ukazuje na činjenicu da umor kod manje kvalitetnih judaša značajno narušava kontrolu nad protivnikom u fazi koja je ključna za pripremu uspješnog bacanja. S obzirom na to da obje ruke, ona koja drži rever i ona koja drži rukav, moraju djelovati usklađeno kako bi se postigla optimalna destabilizacija pozicije ukea, jasno je da manjkavosti u kinetičkom lancu značajno umanjuju efikasnost čitave tehnike. Ove nalaze dodatno potvrđuju i rezultati Imamure i Johnsona (2003.). Njihova analiza pokazuje da iskusniji judaši ostvaruju veće kutne brzine rotacije *ukeovog* trupa upravo zahvaljujući boljoj kontroli i sinergijskom djelovanju ruku, što omogućuje precizniju i energičniju izvedbu bacanja. Ako su vrijednosti varijabli koje opisuju djelovanje ruku, poput OG_RAME_KUT i OG_LAKAT_KUT, smanjene, to može ukazivati na slabiji fizički kontakt, manju tehničku kontrolu i time nižu ukupnu

učinkovitost izvedbe. To posebno dolazi do izražaja u uvjetima umora, koji dodatno naglašava razlike u razini tehničke pripremljenosti između skupina.

Dodatni uvid u razliku u tehničkoj izvedbi između skupina G1 i G2 pružaju rezultati varijabli OG_KUK_FLEKS i OG_STOPALO_RAZ, koje se odnose na završni segment *kake* faze bacanja, odnosno položaj trupa i visinu podizanja zamašne noge u trenutku kad je tori u „vagi“. Kod grupe G1 rezultati pokazuju gotovo identične vrijednosti pretklona tijela prije i nakon izazivanja umora uz, kako smo prije naveli blagi porast u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora (AS=92,29 prije i AS=92,99 poslije)(tablica 24.), što ukazuje na stabilnost izvedbe i očuvanje tehničke kontrole čak i pod fizičkim opterećenjem. S druge strane, kod grupe G2 dobivena je statistički značajna razlika. U izvedbi bacanja nakon izazivanja umora kut fleksije u kuku stajne noge kod ispitanika G2 je statistički značajno manji u odnosu na izvedbu bacanja prije iscrpljivanja (tablica 29., usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,04$). Iako u varijabli OG_STOPALO_RAZ nije utvrđena statistički značajna razlika ($F=3,95$, $p=0,07$)(tablica 26.) rezultati ukazuju na lošije rezultate prilikom izvedbe bacanja nakon izazivanja umora. Ovi nalazi sugeriraju da su ispitanici G2 u fazi umora imali manju sposobnost održavanja stabilnosti i kontrole pri završnom dijelu bacanja, što se može tumačiti kao narušena funkcionalnost kinetičkog lanca. Istraživanje Liua i sur. (2020) potvrđuje važnost koordiniranog kretanja trupa i zamašne noge u generiranju brzine i prijenosa sile tijekom izvedbe *osoto gari* odnosno veći pretklon i brža kutna brzina omogućuju učinkovitije narušavanje ravnotežnog položaja *ukea*. Kod ispitanika G2, umor je narušio tu koordinaciju, smanjivši spuštanje tijelom u pretklon prilikom izvedbe bacanja i, posljedično, smanjio učinkovitost cijelog pokreta. Kada se ovi nalazi promatraju zajedno s rezultatima varijabli koje opisuju rad ruku (OG_RAME_KUT i OG_LAKAT_KUT), postaje jasno da se kod manje kvalitetnih judaša umor odrazio na više ključnih elemenata bacanja. Takav poremećaj u prijenosu energije kroz kinetički lanac može u borbenim uvjetima rezultirati neučinkovitom izvedbom i većom izloženošću kontranapadu. Nasuprot tome, judaši grupe G1 pokazuju veću posturalnu stabilnost i kontinuitet u motoričkoj izvedbi, čime potvrđuju višu tehničku razinu i sposobnost očuvanja kvalitete pokreta u uvjetima umora.

Za razliku od bacanja *harai goshi*, gdje nije utvrđena statistički značajna razlika u varijabli HG_T_BAC (trajanje bacanja), ali jest u varijabli HG_KUK_KUT_BRZ (brzina

zamašne noge), kod tehnike *osoto gari* situacija je upravo suprotna. U ovom slučaju, utvrđena je statistički značajna razlika u varijabli OG_T_BAC ($F=10,82$, $p=0,00$) (tablica 26.), dok za varijablu OG_KUK_KUT_BRZ nisu pronađene statistički značajne razlike. Ovakav nalaz može se djelomično objasniti strukturnim razlikama između dviju tehnika. Prema (Sacripanti, 2016.) *harai goshi*, kao tehnika u kojoj je dominantan kružni pokret oko vlastite osi (rotacijska komponenta pokreta), u većoj mjeri ovisi o brzini zamašne noge kako bi se stvorio potreban moment sile i ostvarila destabilizacija protivnika dok je s druge strane *osoto gari* tehnika s naglašenijim linearnim pomakom tijela unaprijed i primarno se oslanja na precizno tempiran prijenos mase i kontaktnu točku sile. Iz navedenog se može utvrditi zašto se trajanje bacanja pokazalo osjetljivijim pokazateljem promjena pod utjecajem umora. Iako u ovom istraživanju nisu utvrđene statistički značajne razlike u brzini zamašne noge za tehniku *osoto gari* (OG_KUK_KUT_BRZ), nalazi Rexhepija i Hraskog (2011.A) sugeriraju da je brzina pokreta donjeg ekstremiteta, posebice u završnoj fazi bacanja, važan faktor učinkovitosti, s obzirom da omogućuje optimalan prijenos sile i narušavanje ravnotežnog položaja *uke*. Dodatno, njihovo istraživanje (Rexhepi, Hraski, 2011.B) pokazuje da kinematička učinkovitost *tsukuri* faze, uključujući stabilnost stajne noge i pozicioniranje tijela, neposredno utječe na mogućnost postizanja visoke brzine zamašnog pokreta. Gledano u tom kontekstu, iako varijabla OG_KUK_KUT_BRZ u ovom istraživanju nije pokazala statistički značajne razlike, veće srednje vrijednosti brzine kod G1 u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora mogle su doprinijeti kraćem trajanju izvedbe bacanja u toj grupi. To upućuje na potencijalnu kinematičku povezanost između kontinuiteta kretanja kroz faze bacanja i efikasnosti u realnim borbenim uvjetima.

Kako je već navedeno, utjecaj umora statistički je značajno usporio izvedbu bacanja *osoto gari*. Kod obje grupe, izvedba bacanja nakon iscrpljivanja bila je statistički značajno sporija od izvedbe bacanja prije izazivanja umora (tablica 30., usporedba interakcija 1 i 2, $p=0,00$, usporedba interakcija 3 i 4, $p=0,00$). Međutim, G1 je u odnosu na G2 u izvedbi bacanja nakon izazivanja umora, statistički značajno brže izveo tehniku bacanja *osoto gari* (tablica 30., usporedba interakcija 2 i 4, $p=0,00$). Čak je i u uvjetima prije izazivanja umora razlika u trajanju bacanja između grupa G1 i G2 bila dosta izražena (tablica 30., interakcija 1 i 3, $p=0,09$), što svakako pored ostalih rezultata

upućuje na učinkovitiju pripremu za bacanje odnosno bolje tehnički izvedene faze bacanja *kuzushi* i *tsukuri* što omogućuje bržu i učinkovitiju izvedbu bacanja. Slične zaključke iznose i Lopes Melo i sur. (2012.), koji su analizirali trajanje bacanja *osoto gari* u odnosu na visinu protivnika. Njihovo istraživanje pokazuje kako se tehnika izvodi najefikasnije protiv protivnika niže visine, što rezultira kraćim trajanjem *kuzushi* i *tsukuri* faze. Upravo te faze smatraju ključnima za efektivnost tehnike, dok je *kake* faza više posljedica dobro izvedenih prethodnih. Ovi rezultati potvrđuju važnost što učinkovitijeg provođenja početnih faza bacanja budući kraće trajanje *kuzushia* i *tsukuria* smanjuje vrijeme u kojem *uke* može reagirati, čime se povećava vjerojatnost uspješne izvedbe.

Iako u ovom istraživanju nije pronađena statistički značajna korelacija između rezultata u testovima za procjenu koordinacije i ravnoteže s kinematičkim pokazateljima izvedbe bacanja *osoto gari*, brojna spomenuta istraživanja potvrđuju da su ove sposobnosti ključne za kvalitetnu tehničku izvedbu. Primjerice, Rexhepi i Hraski (2011.B) ističu kako precizna koordinacija i stabilnost tijela tijekom *tsukuri* i *kake* faze omogućuju optimalan prijenos sile i učinkovitu destabilizaciju protivnika, osobito kod tehnika koje uključuju istovremeno djelovanje više segmenata tijela poput *osoto gari*. Također, Lopes Melo i sur. (2012.) navode da promjene u posturalnom balansu i kontroli trupa mogu značajno utjecati na efikasnost izvedbe, u smislu skraćivanja određenih faza bacanja poput *kuzushi* i *tsukuri*. Stoga se može zaključiti kako razvijene sposobnosti koordinacije i ravnotež predstavljaju važan temelj za stabilnost i preciznost izvedbe tehnike *osoto gari*, osobito u kontekstu uvjeta umora i smanjenih funkcionalnih kapaciteta.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanje provedeno u okviru ove disertacije dalo je dubinski uvid u kinematičke i motoričke karakteristike juda, s posebnim fokusom na ravnotežu, koordinaciju i kinematičke parametre tijekom izvođenja bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari* prije i nakon iscrpljivanja. Uspoređujući rezultate dviju grupa judaša različitog kvalitativnog ranga, potvrđene su ključne razlike u izvedbi tehnika, utjecaju umora na kinematičke karakteristike te značaj treniranosti u očuvanju motoričkih sposobnosti pod opterećenjem. Analizom kinematičkih i motoričkih podataka dobiven je širok pregled funkcionalne povezanosti između izvedbe i sposobnosti koje ju podržavaju. Nadalje, analiza podataka omogućila je precizno vrednovanje hipoteza postavljenih u ovom radu, pružajući važne implikacije za sportske znanosti, biomehaniku juda i trenažne procese.

Hipoteza H1 – postoji statistički značajna razlika u ravnoteži, koordinaciji i kinematičkim karakteristikama prilikom izvođenja tehnika bacanja kod judaša različitog kvalitativnog nivoa treniranosti.

Podaci prikupljeni tijekom istraživanja jasno pokazuju da su judaši višeg natjecateljskog ranga postigli znatno bolje rezultate u testovima ravnoteže i koordinacije. Njihova sposobnost održavanja stabilnosti, osobito u testovima sa zatvorenim očima i jednostranim osloncem, bila je izraženija, što ukazuje na višu razinu proprioceptivne kontrole i automatizacije posturalne stabilnosti. Posebno je primjetno da su iskusniji judaši imali manji ukupni pomak centra mase u svim testnim uvjetima, što ukazuje na finiju kontrolu ravnotežnih mehanizama i veću otpornost na destabilizacijske podražaje.

Nadalje, analizirajući kinematičke karakteristike bacanja, primjetno je da iskusniji judaši koriste efikasniju kinematičku strategiju koja uključuje optimalnije postavljanje težišta tijela, sinkroniziraniju sekvencu pokreta ekstremiteta te izraženiji eksplozivni impuls u završnoj fazi tehnike. Vrijednosti kinematičkih varijabli, poput brzine šake i

rotacije trupa, bile su više i preciznije kod višerangiranih judaša, što ukazuje na bolji prijenos sile kroz kinetički lanac i veću tehničku ekonomičnost.

Također, tehnička izvedba pokazala je manja odstupanja i veću konzistentnost kod judaša s višom razinom treniranosti, kako u fazama pripreme bacanja, tako i u prijelazima između faza. Kod manje iskusnih judaša uočena je veća varijabilnost u kutovima zglobova i distribuciji težine, što može ukazivati na slabiju motoričku automatizaciju i veći kognitivni napor tijekom izvedbe. Ovi podaci potvrđuju da je dugogodišnji, ciljani trening ključan faktor u razvoju ne samo tehničke preciznosti, već i stabilnosti i efikasnosti pokreta u cjelini.

U konačnici, sposobnost pravilne kontrole ravnoteže i koordinacije direktno se reflektira na kvalitetu izvedbe tehnika, pri čemu judaši višeg ranga pokazuju veću otpornost na vanjske i unutarnje poremećaje ravnoteže te veću biomehaničku usklađenost pokreta. Rezultati potvrđuju da judaši koji posjeduju viši stupanj ovih sposobnosti ostvaruju značajnu prednost u natjecateljskim uvjetima, što potvrđuje **hipotezu H1 kao u cijelosti potvrđenu.**

Hipoteza H2 – viša razina treniranosti ravnoteže i koordinacije statistički značajno utječe na pozitivne kinematičke karakteristike prilikom izvođenja bacanja.

Rezultati provedene analize u okviru hipoteze H2 pružaju složenu i višeslojnu sliku odnosa između motoričkih sposobnosti ravnoteže i koordinacije s jedne strane i kinematičkih parametara izvedbe bacanja s druge strane. Za razliku od prethodnih hipoteza koje su se temeljile na deskriptivnim razlikama između skupina, korelacijska analiza omogućila je dublji uvid u potencijalne mehanizme povezanosti između tehničke učinkovitosti i temeljnih motoričkih sposobnosti.

Iako ukupni rezultati ne potvrđuju postojanje konzistentne, snažne i statistički značajne povezanosti između ravnoteže i koordinacije s pozitivnim kinematičkim karakteristikama bacanja, pojedinačni nalazi ipak ukazuju na određene specifične obrasce koji imaju aplikativnu vrijednost u judu. Naime, kod tehnika poput harai goshi i

osoto gari uočene su umjerene pozitivne korelacije između varijabli koje opisuju tehničku izvedbu (npr. HG_RAME_KUT i OG_RAME_KUT) i rezultata u testovima za procjenu ravnoteže (npr. G_O_L_ML-MD), što implicira da posturalna stabilnost može imati ulogu u održavanju kvalitete izvedbe u ključnim fazama bacanja, posebice u zahtjevnijim tehnikama koje se izvode s reduciranom oslončanom površinom.

Iako se očekivalo da će takve tehnike, zbog biomehaničke složenosti i manjeg uporišta, imati izraženiju povezanost s ravnotežom i koordinacijom, rezultati to nisu u potpunosti potvrdili. Dio objašnjenja može se pronaći u prirodi samog testiranja. Naime, testovi za procjenu koordinacije koji su korišteni (MAGONT, HEXAGONAL) mjere opću motoričku sposobnost i nisu dovoljno specifični za kompleksnu strukturu judo tehnika bacanja. Koordinacija u judu uključuje visoko specifične obrasce pokreta koji se odnose na usklađenost s partnerom, prepoznavanje taktilnih informacija, anticipaciju protivničkog pokreta i vremensku preciznost u kontekstu otpora. Stoga, za dublje razumijevanje povezanosti koordinacije i tehničke izvedbe potrebni su judo-specifični testovi koji mogu preciznije kvantificirati sposobnost integracije složenih pokreta u realnim borbenim uvjetima.

S druge strane, rezultati vezani uz ravnotežu iznenadili su u određenoj mjeri. Iako je pretpostavljeno da će ravnoteža imati značajan utjecaj na kvalitetu izvedbe, posebice u tehnikama s dinamičnijim ulaskom i rotacijom poput tehnika bacanja *harai goshi* i *osoto gari*, pokazalo se da kvaliteta izvedbe nije nužno uvjetovana isključivo sposobnošću samostalnog održavanja stabilnosti. Jedan od mogućih razloga za to jest činjenica da u uvjetima testiranja izvedbe bacanja ovog istraživanja *uke* ne pruža aktivan otpor, već djelomično surađuje u procesu bacanja. U takvom kontekstu, *tori* u određenoj mjeri koristi *ukea* kao oslonac, bilo kroz taktilni kontakt, pasivno pridržavanje ili sinkronizaciju pokreta, čime se smanjuje potreba za izraženom individualnom ravnotežom. Time sposobnost održavanja posturalne stabilnosti, koja se procjenjuje u izoliranim testovima, ne dolazi u punoj mjeri do izražaja tijekom izvedbe. Ova interakcija omogućuje *toriu* da iskoristi *ukeovu* prisutnost za kompenzaciju vlastite manjkavosti u sposobnostima održavanja ravnotežnog položaja, što može djelomično objasniti manju povezanost između rezultata u testovima za procjenu ravnoteže i kinematičkih pokazatelja izvedbe bacanja u laboratorijskim odnosno strogo kontroliranim uvjetima.

Ipak, važno je naglasiti kako su kvalitativno bolji judaši zadržali višu razinu tehničke stabilnosti i u uvjetima induciranog umora, što je pokazatelj njihove sposobnosti da održavaju kontrolu nad tehnikom i pokretom čak i pod povećanim fiziološkim opterećenjem. Osim toga, ti isti judaši postigli su bolje rezultate u testovima ravnoteže u otežanim uvjetima (npr. stajanje na jednoj nozi sa zatvorenim očima), što sugerira da ravnoteža ipak ima funkcionalnu vrijednost u kontekstu judo izvedbe, ali se njezina važnost očituje tek u uvjetima koji više nalikuju stvarnoj borbi.

Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da su pretpostavke sadržane u hipotezi H2 djelomično potvrđene: (1) pojedine varijable ravnoteže pokazale su statistički značajnu povezanost s određenim kinematičkim parametrima bacanja, osobito u tehnikama koje zahtijevaju spuštanje težišta i kontrolu trupa, dok (2) povezanost koordinacijskih sposobnosti i kinematičkih obilježja nije potvrđena u statistički relevantnoj mjeri. Ovi nalazi ukazuju na to da tehnička kvaliteta izvedbe judaških bacanja nije isključivo rezultat općih motoričkih sposobnosti, već je u znatnoj mjeri oblikovana specifičnostima samog sporta, u kojem na izvedbu utječe i dinamička interakcija s partnerom, razina otpora i taktička situacija.

Stoga se **hipoteza H2 može smatrati djelomično potvrđenom**, a dobiveni nalazi pružaju vrijedne uvide u složene odnose između ravnoteže, koordinacije i tehničke izvedbe bacanja u judu. Također, ukazuju na potrebu za razvojem specifičnijih dijagnostičkih i evaluacijskih instrumenata, koji će moći preciznije zahvatiti motoričke zahtjeve stvarnih natjecateljskih uvjeta. Daljnja istraživanja u funkcionalno i situacijski relevantnijim okolnostima mogla bi dodatno razjasniti mehanizme koji povezuju ravnotežu i koordinaciju s kinematičkom učinkovitošću, čime bi se stvorili temelji za oblikovanje učinkovitijih trenažnih i dijagnostičkih protokola u judu.

Hipoteza H3 – postoji statistički značajna razlika u kinematičkim karakteristikama izvedaba tehnika bacanja prije i nakon umora, a razlika u kinematičkim karakteristikama bacanja nakon umora bit će statistički značajno manja kod grupe judaša višeg kvalitativnog ranga u odnosu na judaše nižeg kvalitativnog ranga.

Rezultati ovog istraživanja jasno ukazuju na to da umor ima izražen negativan utjecaj na tehničku izvedbu judo tehnika bacanja, no ta degradacija nije jednako izražena kod svih sportaša. Analizom kinematičkih parametara prije i nakon induciranog umora utvrđene su značajne promjene u načinu izvedbe kod većine ispitanika, osobito u segmentima koji zahtijevaju visoku razinu koordinacije i brzine, poput brzine rotacije trupa, položaja ekstremiteta i preciznosti postavljanja tijela u završnoj fazi bacanja.

Kod judaša nižeg kvalitativnog ranga umor je izazvao značajne poremećaje u tehničkoj strukturi pokreta, smanjila se brzina izvođenja, pojavila se veća asimetrija pokreta, a ključni kutovi u ramenima, laktu i kuku pokazivali su veća odstupanja u odnosu na vrijednosti u izvedbama bacanja prije izazivanja umora. Njihova izvedba nakon umora pokazuje manju konzistentnost, slabiju kontrolu nad pokretima i smanjenu eksplozivnost, što upućuje na manju adaptaciju na stresne fiziološke uvjete.

Suprotno tome, judaši višeg natjecateljskog ranga pokazali su znatno manje promjene u kinematičkim parametrima nakon umora. Njihov pokret ostao je kinematički stabilniji sa zadržanim obrascem rotacije trupa, preciznijim pozicioniranjem nogu i manjim odstupanjem u vremenskoj dinamici pokreta. Iako je umor također djelovao i na ovu skupinu, njegova je posljedica bila znatno blaža, što ukazuje na učinkovitiju aktivaciju i koordinaciju mišića tijekom pokreta, s minimalnim energetske gubicima i visokom tehničkom preciznošću, što omogućuje stabilnu izvedbu čak i pod opterećenjem razvijenu kroz višegodišnji specifični trenažni proces.

Posebno vrijedi istaknuti da su kvalitetniji judaši bolje održali vrijednosti ključnih kinematičkih pokazatelja kao što su brzina šake, kutevi u ramenima koji predstavljaju narušavanje ravnotežnog položaja *ukea* i brzine zamašne noge, dok su kod manje iskusnih sportaša te vrijednosti više oscilirale nakon opterećenja. Ovi nalazi potvrđuju da treniranost ne utječe samo na kvalitetu izvedbe u idealnim uvjetima, već i na sposobnost

očuvanja tehničke izvedbe u stanju umora, što je ključno u natjecateljskim situacijama gdje se odluke i izvedbe donose pod visokim fiziološkim opterećenjem.

Razlike među skupinama bile su statistički značajne u većem broju analiziranih varijabli, što dodatno potvrđuje tezu da otpornost na umor nije rezultat samo opće kondicijske pripreme, već i rezultat specifične prilagodbe motoričkih obrazaca koji omogućuju učinkovitije upravljanje energijom i preciznije izvođenje tehnike u otežanim uvjetima. Ova otpornost posebno je važna u sportovima poput juda, gdje umor dolazi brzo i intenzivno, a tehnička stabilnost presudna je za ishod borbe.

Na temelju prikazanih rezultata, može se sa sigurnošću zaključiti da su obje pretpostavke sadržane u hipotezi H3 potvrđene: (1) umor značajno mijenja kinematičku strukturu bacanja, i (2) ti su učinci statistički značajno blaži kod iskusnijih judaša. To implicira da kvaliteta tehničke izvedbe nije samo funkcija trenutne sposobnosti, već i otpornosti na stresne uvjete, koja se razvija kroz dugotrajan, specifično strukturiran trenažni proces.

Stoga, **hipoteza H3 je u potpunosti potvrđena**, a dobiveni nalazi predstavljaju vrijedan doprinos razumijevanju utjecaja umora na tehničku izvedbu u borilačkim sportovima te mogu poslužiti kao temelj za oblikovanje učinkovitijih trenažnih i dijagnostičkih protokola usmjerenih na očuvanje tehničke kvalitete u uvjetima maksimalnog fizičkog opterećenja.

Istraživanje provedeno u okviru ove disertacije predstavlja značajan doprinos znanosti o sportu, a osobito području biomehanike i metodike juda. Dobiveni rezultati omogućuju bolje razumijevanje tehničke izvedbe judo tehnika bacanja kroz kvantificirane kinematičke pokazatelje, čime se otvaraju nove mogućnosti za precizno modeliranje mehanike pokreta u stvarnim situacijskim uvjetima. Identificiranjem ključnih kinematičkih parametara koji karakteriziraju učinkovito izvođenje tehnika bacanja *ippon seoi nage*, *harai goshi* i *osoto gari*, stvoren je temelj za izradu pouzdanijih kinematičkih modela judo tehnika bacanja, koji mogu poslužiti kao referentni standardi u evaluaciji tehničke izvedbe.

Osim teorijskog doprinosa, rezultati istraživanja imaju i značajnu praktičnu vrijednost u kontekstu unapređenja trenažnog procesa. Detaljna analiza promjena u tehničkoj izvedbi pod utjecajem umora omogućuje trenerima bolje planiranje opterećenja, distribuciju intenziteta unutar trenažnog ciklusa te specifično usmjeravanje rada na stabilnost izvedbe u uvjetima umora. Uvid u to kako iskusniji judaši zadržavaju tehničku preciznost i kinematičku konzistentnost i nakon iscrpljenosti omogućuje formulaciju ciljanih strategija za razvoj izdržljivosti u službi očuvanja kvalitete izvedbe. Time se izravno podržava funkcionalna integracija kondicijskih i tehničkih sadržaja unutar treninga.

Ovo istraživanje također pruža empirijsku podlogu za postojeće teorije koje povezuju motoričke sposobnosti s tehničkom izvedbom u boričkim sportovima, ali ih istovremeno i problematizira u dijelu gdje nije potvrđena statistička povezanost između sposobnosti koordinacije i ravnoteže sa kinematičkim pokazatelja izvedbe. Ovaj nalaz ukazuje na nužnost preciznijeg definiranja i mjerljivosti motoričkih svojstava koja stvarno utječu na izvedbu u kompleksnim situacijama poput borbe. Ujedno se otvara prostor za razvoj specifičnih testova koji bi bolje odražavali funkcionalne zahtjeve judo tehnika te omogućili dublje razumijevanje kinematičko-motoričke povezanosti u realnim uvjetima.

Nadalje, rezultati istraživanja nude korisne smjernice za praksu. Treneri mogu koristiti konkretne kinematičke pokazatelje kako bi objektivno pratili napredak svojih sportaša, identificirali tehničke nedostatke i individualizirali pristup u korekciji izvedbe. Isto tako, u kontekstu natjecateljske pripreme, podaci o otpornosti na umor i održavanju tehničke učinkovitosti pod opterećenjem mogu služiti kao temelj za dizajn simulacijskih treninga i optimizaciju oporavka. Korištenjem kinematičkih podataka u svakodnevnom radu mogu se preciznije oblikovati taktičko-tehnički zadaci, što izravno doprinosi učinkovitijem prijenosu trenažnih sadržaja na natjecateljske situacije.

Zaključno, disertacija predstavlja sveobuhvatan doprinos razumijevanju složene interakcije između kinematičkih i motoričkih čimbenika koji uvjetuju izvedbu judo tehnika, posebno u kontekstu varijabilnosti uzrokovane umorom. Dobiveni uvidi ne samo da nadopunjuju postojeća teorijska znanja, već i nude praktične alate za optimizaciju trenažnog procesa, evaluaciju sportaša i razvoj metodologije treninga usmjerene na

tehničku preciznost, stabilnost i otpornost u uvjetima visokog fiziološkog opterećenja. Time ova disertacija otvara vrata novim istraživačkim pristupima, ali i konkretnim primjenama u kontekstu suvremenog juda.

7. POPIS LITERATURE

1. Adam, M., Wolska, B., Tabakov, S. (2018). Ways of settling a judo fight at consecutive stages of sports competitions. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 10(1), 30–37. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.10.1.03>
2. Adamec, J., Hofer, P., Pittner, S., Monticelli, F., Graw, M., Schöpfer, J. (2021). Biomechanical assessment of various punching techniques. *International Journal of Legal Medicine*, 135(3), 853–859. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02440-8>
3. Alkhalaf, N., Pain, M. T. G., Hiley, M. J. (2025). A comparative analysis of IMUs and optical systems in layup shot biomechanics. *Applied Sciences*, 15(3847). <https://doi.org/10.3390/app15073847>
4. Arede, J., Figueira, B., Gonzalo-Skok, O., Leite, N. (2019). Validity and reliability of the Gyko Sport for the measurement of barbell velocity on the bench-press exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(12), 1940–1946. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09770-6>
5. Banović, I. (2001). Mogućnost predviđanja uspješnosti u judu na temelju procjena nekih motoričkih sposobnosti i tehničkog znanja. *Kinesiology*, 33(2), 191–196.
6. Barnett, L. M., Lai, S. K., Veldman, S. L. C., Hardy, L. L., Cliff, D. P., Morgan, P. J., Zask, A., Lubans, D. R., Shultz, S. P., Ridgers, N. D., Rush, E., Brown, H. L., Okely, A. D. (2016). Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46, 1663-1688
7. Bartlett, R., Bussey, M. (2013). *Sports Biomechanics: Reducing Injury and Improving Performance*. London: Routledge.
8. Beekhuizen, K. S., Davis, M. D., Kolber, M. J., Cheng, M.-S. (2009). Test-retest reliability and minimal detectable change of the Hexagon Agility Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2167–2171. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b439f0>

9. Belčić, I., Rodić, S., Dukarić, V., Rupčić, T., Knjaz, D. (2021). Do blood lactate levels affect the kinematic patterns of jump shots in handball? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10809. [https://doi.org/10.3390/ijerph182010809:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.3390/ijerph182010809:contentReference[oaicite:0]{index=0})
10. Belej, M., Junger, J. (2006). Motor tests of coordination abilities. Prešov University, Faculty of Sports, Prešov.
11. Bestwick-Stevenson, T., Toone, R., Neupert, E., Edwards, K., Kluzek, S. (2022). Assessment of fatigue and recovery in sport: A narrative review. *International Journal of Sports Medicine*, 43(12), 1151–1162. <https://doi.org/10.1055/a-1834-7177>
12. Blais, L., Trilles, F., Lacouture, P. (2007). Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a judo throwing technique (Morote Seoï Nage). *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1211–1220. <https://doi.org/10.1080/02640410600982204>
13. Bompa, T. O., Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
14. Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Padial, P., Feriche, B. (2012). The effect of lactate concentration on handgrip strength during judo bouts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1863-1871.
15. Callister, R., Callister, R. J., Staron, R. S., Fleck, S. J., Tesch, P., Dudley, G. A. (1991). Physiological characteristics of elite judo athletes. *International journal of sports medicine*, 12(2), 196–203. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024667>
16. Cetinić, M., Segedi, I., Sertić, H. (2018). Construction and validation of measurement instrument for endurance evaluation in judo. U H. Sertić, S. Čorak & I. Segedi (ur.), *Proceedings book, 5th European Science and Judo Research Symposium and 4th Scientific and Professional Conference: Applicable Research in Judo* (str. 59–61). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
17. Chan, J. S. Y., Luo, Y., Yan, J. H., Cai, L., Peng, K. (2015). Children's age modulates the effect of part and whole practice in motor learning. *Human Movement Science*, 42, 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.06.002>

18. Chwała, W., Ambroży, T., Sterkowicz, S. (2013). Three-dimensional analysis of the ju-jitsu competitors' motion during the performance of the ippon-seoi-nage throw. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 9, 41–51.
19. Cowley, J. C., Gates, D. H. (2017). Proximal and distal muscle fatigue differentially affect movement coordination. *PLoS ONE*, 12(2), e0172835. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172835>
20. Čuk, Š., Bratić, M., Mučibabić, M. (2016). The motor potential of young judokas in Slovenia. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 14(2), 297–305.
21. D'Emanuele, S., Boccia, G., Angius, L., Hayman, O., Goodall, S., Schena, F., Tarperi, C. (2024). Reduced rate of force development under fatigued conditions is associated to the decline in force complexity in adult males. *European Journal of Applied Physiology*, 124, 3583–3591. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05561-9>
22. De Créé, C., Edmonds, D. A. (2012). A technical-pedagogical and historical reflection on the conceptual and biomechanical properties of Kōdōkan jūdō's "ko-uchi-gari" (minor inner reaping throw). *Comprehensive Psychology*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.2466/05.25.CP.1.1>
23. Degoutte, F., Jouanel, P., Filaire, E. (2003). Energy demands during a judo match and recovery. *British Journal of Sports Medicine*, 37(3), 245–249. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.3.245>
24. Demiral, S. (2011). The Study of the Effects of Educational Judo Practices on Motor Abilities of 7–12 Years Aged Judo Performing Children. *Asian Social Science*, 7(9), 212–219.
25. Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., dos Santos, S. G. (2015). Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1010–1016. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000746>
26. Dopico-Calvo, X., Iglesias-Soler, E., Morenilla, L., Giráldez, M. A., Santos, L., Ardá, A. (2016). Laterality and performance in combat sports. *Archives of Budo*, 12, 167–176.

27. Drabik, J. (1996). Children and sports training: How your future champions should exercise to be healthy, fit, and happy. Stadion Publishing Company.
28. Drid, P. (2023). Džudo. Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
29. Drid, P., Trivić, T., Tabakov, S. (2012). Special judo fitness test – a review. Serbian Journal of Sports Sciences, 6(4), 117-125.
30. Đapić Caput, P., Krstulović, S., Katić, R. (2013). Impact of biomotor dimensions on efficiency of young judoka. Collegium Antropologicum, 37(1), 87–92.
31. Findak, V. (1999). Metodika tjelesne i zdravstvene kulture. Zagreb: Školska knjiga.
32. Fischetti, F., Cataldi, S., Greco, G. (2019). Lower-limb plyometric training improves vertical jump and agility in adult female soccer players. Journal of Physical Education and Sport, 19(2), 1285–1292.
33. Franchini, E., Artioli, G. G., Brito, C. J. (2013). Judo combat: Time-motion analysis and physiology. International Journal of Performance Analysis in Sport, 13(3), 624-641
34. Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. A., Artioli, G. G. (2011 A). Physiological profiles of elite judo athletes. Sports Medicine, 41(2), 147–166.
35. Franchini, E., Miarka, B., Matheus, L., Del Vecchio, F. B. (2011 B). Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players. Archives of Budo, 7(1), 1–4.
36. Franchini, E., Takito, M. Y., Bertuzzi, R. C. M. (2005). Morphological and physiological profile of elite Brazilian judoka: An international comparison. Archives of Budo, 1, 1–7.
37. Frassinelli, S., Niccolai, A., Zich, R. E., Rosso, V., Gastaldi, L. (2019). Quantification of motor abilities during the execution of judo techniques. Acta Bioeng Biomech, 21(3), 3–12.
38. Gardašević, J., Stanković, V. (2020). Differences in the frequency of applied judo throwing techniques in relation to the applied rule changes. Sport Science, 13(1), 44–49.

39. Geithner, C. A., Thomis, M. A., VandenEynde, B., Maes, H. H., Loos, R. J. F., Peeters, M., Claessens, A. L. M., Vlietinck, R., Malina, R. M., Beunen, G. P. (2004). Growth in Peak Aerobic Power During Adolescence. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1616–1624.
40. Gutiérrez-Sánchez, Á., Soria-Domínguez, A., Pérez-Turpin, J. A., Cortell-Tormo, J. M. (2011). Importance of hand-grip strength as an indicator for predicting the results of competitions of young judokas. *Archives of Budo*, 7(3), 167–172pdfs.semanticscholar.org.
41. Guttmann, A., Thompson, L. (2001). *Japanese sports: A history*. University of Hawaii Press.
42. Hamersma, D., Hofste, A., Rijken, N., Rohé, M., Oosterveld, F. (2019). Reliability and validity of the Microgate Gyko for measuring range of motion of the low back. *Musculoskeletal Science and Practice*, 45, 102091. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2019.102091>
43. Hatze, H. (1974). The meaning of the term “biomechanics.” *Journal of Biomechanics*, 7(2), 189–190. doi:10.1016/0021-9290(74)90060-8
44. Hernández-Davó, J. L., Loturco, I., Pereira, L. A., Cesari, R., Pratdesaba, J., Madruga-Parera, M., Sanz-Rivas, D., Fernández-Fernández, J. (2021). Relationship between sprint, change of direction, jump, and hexagon test performance in young tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(1), 196–202. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.197>
45. Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221–232. <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000>
46. Iermakov, S. S., Podrigalo, L. V., Jagiełło, W. (2016). Hand-grip strength as an indicator for predicting the success in martial arts athletes. *Archives of Budo*, 12, 179–186. <https://core.ac.uk/display/155234555>
47. Ikai, M., Matsumoto, Y. (1958). The kinetics of judo. In *Bulletin of the Association for the Scientific Studies on Judo: Report I* (pp. 49–61). Tokyo: Kōdōkan.

48. Imamura, R. T., & Johnson, B. (2003). A kinematic analysis of a judo leg sweep: Major outer leg reap – Osoto-gari. *Sports Biomechanics*, 2(2), 191–201. <https://doi.org/10.1080/14763140308522817>
49. Imamura, R. T., Hreljac, A., Escamilla, R. F., Edwards, W. B. (2006). A three-dimensional analysis of the center of mass for three different judo throwing techniques. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI), 122–131.
50. Imamura, R. T., Iteya, M., Hreljac, A., Escamilla, R. F. (2007). A kinematic comparison of the judo throw Harai-goshi during competitive and non-competitive conditions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(CSSI-2), 15–22.
51. International Judo Federation. (2024). IJF Policy: Vision, Mission and Goals. Dokument objavljen 9. siječnja 2024. Preuzeto s: https://78884ca60822a34fb0e6-082b8fd5551e97bc65e327988b444396.ssl.cf3.rackcdn.com/up/2024/01/IJF_Policy_Vision_Mission_and_-1704827465.pdf
52. International Judo Federation. (n.d.). History. Preuzeto 13. svibnja 2025., s <https://www.ijf.org/history>
53. International Olympic Committee. (n.d.). Judo. Preuzeto 13. svibnja 2025., s <https://olympics.com/en/sports/judo/>
54. Ishii, T., Ae, M., Koshida, S., Fujii, N. (2017). Kinematic comparison of the seoi-nage technique between elite and college judo athletes. In *Proceedings of the 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports* (pp. 983–986). Cologne, Germany.
55. Ishii, T., Ae, M., Suzuki, Y., Kobayashi, Y. (2018). Kinematic comparison of the seoi-nage judo technique between elite and college athletes. *Sports Biomechanics*, 17(2), 238–250. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1284256>
56. Ishii, T., Ae, M., Koshida, S., Fujii, N. (2019). Comparison of Seoi-nage technique for judo athletes of different skill levels. 37th International Society of Biomechanics in Sport Conference, Oxford, OH, United States. *Proceedings Archive*, 37, 89.

57. Ito, K., Hirose, N., Nakamura, M., Maekawa, N., Tamura, M. (2014). Judo kumi-te pattern and technique effectiveness shifts after the 2013 International Judo Federation rule revision. *Archives of Budo*, 10, 1–10.
58. Jagiello, W., Kalina, R., Korobielnikow, G. (2007). Morphological diversification of female judo athletes. *Archives of Budo*. 3. 27-34.
59. Jaworski, J., Ambroży, T., Lech, G., Spieszny, M., Bujas, P., Żak, M., Chwała, W. (2020). Absolute and relative reliability of several measures of static postural stability calculated using a GYKO inertial sensor system. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 22(2), 93–99. <https://doi.org/10.37190/ABB-01502-2019-02>
60. Jaworski, J., Żak, M., Sterkowicz-Przybycień, K. (2020). Profile of coordination motor abilities in elite judokas and badminton players compared to non-athletes. *Archives of Budo*, 16, 117–126.
61. Jovanović, M., Sporiš, G., Omrcen, D., Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1285–1292. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da77df>
62. Kacprzak, J., Mosler, D., Tsos, A., Wąsik, J. (2025). Biomechanics of Punching—The Impact of Effective Mass and Force Transfer on Strike Performance. *Applied Sciences*, 15(7), 4008. <https://doi.org/10.3390/app15074008>
63. Kajmovic, H., Rađo, I., Mekic, A., Crnogorac, B., Colakhodzic, E. (2014). Differences in gripping configurations during the execution of throwing techniques between male and female cadets at the European Judo Championship. *Archives of Budo*, 10, 141–147.
64. Kano, J. (1889). *The Contribution of Judo to Education*. Preuzeto s <https://kodokanjudoinstitut.org/en/doctrine/history/>
65. Kano, J. (2013). *Kodokan Judo: The Essential Guide to Judo by Its Founder Jigoro Kano* (Reprint ed.). Kodansha USA. (Original work published 1956).

66. Karadeniz, S., Suveren, C., Arslan, Y., Ayyıldız Durhan, T., Ceylan, T., Albay, F., Küçük, H., Ceylan, L. (2024). Examination of Basic Motor Skills in Children and Adolescents. *Frontiers in Physiology*, 14, 1346750
67. Kato, S., Yamagiwa, S. (2022). Predicting successful throwing technique in judo from factors of Kumite posture based on a machine-learning approach. *Computation*, 10(10), 175. <https://doi.org/10.3390/computation10100175>
68. Katralli, J., Jyothi, S., Deshpande, D. V. (2019). Effect of training on muscular strength, flexibility and agility in judo players: A comparative study. *International Physiology*, 7(1), 23–27 [journals.indexcopernicus.com](https://journals.indexcopernicus.com/journals.indexcopernicus.com)
69. Kim, K.-S., Park, C.-H., Lee, E.-K., Chung, N.-J., Kim, D.-H. (2011). A kinematic analysis of Harai-Goshi (hip throw) in judo. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(1), 47–55. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.1.047>
70. Kodokan Judo Institute. (n.d.). History of Judo. Preuzeto 13. svibnja 2025., s <https://kodokanjudoinstitut.org/en/doctrine/history/>
71. Kostovski, Ž., Mikić, B., Kostovska, Z. (2012). The comparison of anthropological dimensions in the multivariate space with judo sportsmen at the age of 13 to 15. *Спортске науке и здравље – APEIRON*, 4(2), 161–169.
72. Kostrzewa, M., Laskowski, R., Wilk, M., Błach, W., Ignatjeva, A., Nitychoruk, M. (2020). Significant predictors of sports performance in elite men judo athletes based on multidimensional regression models. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8192.
73. Kowalczyk, M., Zgorzalewicz-Stachowiak, M., Błach, W., Kostrzewa, M. (2025). Does Judo Training Contribute to the Motor Development of Children and Adolescents? A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(7), 2439 [mdpi.com. https://doi.org/10.3390/jcm14072439](https://doi.org/10.3390/jcm14072439)
74. Krstulović, S., Sekulić, D., Sertić, H. (2005). Anthropological determinants of success in young judoists. *Collegium Antropologicum*, 29(2), 697-703

75. Kuvačić, G., Krstulović, S., Đapić-Caput, P. (2017). Factors determining success in youth judokas. *Journal of Human Kinetics*, 56, 207-217
76. Lech, G., Jaworski, J., Lyakh, V., Krawczyk, R. (2011). Effect of the level of coordinated motor abilities on performance in junior judokas. *Journal of Human Kinetics*, 30, 153–160. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0083-0>
77. Li, F., Knjaz, D., Rupčić, T. (2021). Influence of fatigue on some kinematic parameters of basketball passing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 700. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020700>
78. Liu, L., Deguchi, T., Shiokawa, M., Ishii, T., Oda, Y., Shinya, M. (2024). A biomechanics analysis of the judo osoto-gari technique: Comparison of black belt and white belt judokas. *Sports Biomechanics*, 23(11), 2021–2033. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1990993>
79. Liu, L., Ishii, T., Deguchi, T., Shinya, M. (2020). Measuring and analyzing the angular momentum produced in the application of the judo throwing technique Osoto-gari. In *Proceedings of the 38th International Society of Biomechanics in Sports Conference*. NMU Commons. <https://commons.nmu.edu/isbs/vol38/iss1/60>
80. Liu, Y., Zhu, Z., Chen, X., Deng, C., Ma, X., Zhao, B. (2022). Biomechanics of the lead straight punch of different level boxers. *Frontiers in physiology*, 13, 1015154. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1015154>
81. Lolić, D., i Nurkić, M. (2011). Razlike u motoričkim sposobnostima kod džudista različitog uzrasta [Differences in motor skills in judo players of different ages]. *Sportske nauke i zdravlje*, 1(2), 135–142.
82. Lopes Melo, S. I., dos Santos, S. G., Teixeira, J. S., Piucco, T. (2012). The mechanical efficiency of the o soto gari technique when applied to judokas of different heights. *Archives of Budo – Science of Martial Arts*, 8(1), 19–26.
83. Lota, K. S., Blach, W., Rydzik, Ł., Ambroży, T., Angioi, M., Malliaropoulos, N. (2022). Video Biomechanical Analysis of Shoulder Impact Kinematics in Tai-Otoshi and Morote-Seoi-Nage Judo Throws: A Cross-Sectional Study. *Applied Sciences*, 12(7), 3613. <https://doi.org/10.3390/app12073613>

84. Mackenzie, B. (2005). 101 Performance Evaluation Tests. London: Electric Word plc.
85. Malina, R. M., Bouchard, C. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics.
86. Mašliński, J., Witkowski, K., Cieśliński, W., Śliz, T. (2016). Body balance in judokas. Journal of Combat Sports and Martial Arts, 7(1), 43-49. <https://doi.org/10.5604/20815735.1222834>
87. McGinnis, P. M. (2013). Biomechanics of Sport and Exercise (3. izd.). Champaign, IL: Human Kinetics.
88. Messner, N. (2024, 25. srpnja). Honour and pride – 37 judoka flag bearers in Paris. International Judo Federation News. Ovaj članak objavljen je na službenoj stranici IJF-a i dostupan je na: <https://www.ijf.org/news/show/honour-and-pride#:~:text=By%20tomorrow%20evening%2C%20we%20will,special%20roles%20and%20women%2042>
89. Metikoš, D., Prot, F., Hofman, E., Pintar, Ž., Oreb, G. (1989). Mjerenje osnovnih motoričkih dimenzija sportaša. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu.
90. Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Jones, A. M. (2007). Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: Can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? Sports Medicine, 37(10), 857–880. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737100-00003>
91. Milanović, D., Šalaj, S., Jukić, I., Gregov, C. (2013). Teorija treninga: kineziologija sporta. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
92. Miletić, Đ., Katić, R., Maleš, B. (2004). Some anthropological factors of performance in rhythmic gymnastics novices. Collegium Antropologicum, 28(2), 727-737.

93. Millet, G. P., Brocherie, F., Burtcher, J. (2021). Olympic sports science—Bibliometric analysis of all summer and winter Olympic sports research. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 772140. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.772140>
94. Monteiro, L., Massuça, L. M., Ramos, S., García-García, J. (2024). Neuromuscular performance of world-class judo athletes on bench press, prone row and repeated jump tests. *Applied Sciences*, 14(7), 2904. <https://doi.org/10.3390/app14072904>
95. Morán-Navarro, R., Valverde-Conesa, A., López-Gullón, J. M., De la Cruz-Sánchez, E., Pallarés, J. G. (2015). Can balance skills predict Olympic wrestling performance? *Journal of Sport and Health Research*, 7(1), 19-30.
96. Mraković, V. (1997). *Uvod u sistematsku kineziologiju*. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.
97. Nakanishi, T., Hitosugi, M., Murayama, H., Takeda, A., Motozawa, Y., Ogino, M., Koyama, K. (2021). Biomechanical analysis of serious neck injuries resulting from judo. *Healthcare*, 9(2), 214. <https://doi.org/10.3390/healthcare9020214>
98. Nielsen, N.-P. B., Hug, F., Guével, A., Colloud, F., Lardy, J., Dorel, S. (2018). Changes in motor coordination induced by local fatigue during a sprint cycling task. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(7), 1394–1404. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001572>
99. Osipov, A. Y., Kudryavtsev, M. D., Iermakov, S. S., Jagiełło, W., Doroshenko, S. A. (2018). Development of the ability to maintain body balance in young athletes 12-13 years practicing judo. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 14, 21-30.
100. Paillard, T., Costes-Salon, C., Lafont, C., Dupui, P. (2002). Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *British Journal of Sports Medicine*, 36(4), 304-305. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.4.304>
101. Pan, X., Zhong, Y., Wei, X., Wei, M. (2021). The technical usage tendency of elite judo athletes under the new rules. *Archives of Budo*, 17, 293–305.

102. Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F., Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait & Posture*, 15(2), 187–194.
103. Perković, J. (2022). Utvrđivanje razlika u motoričkim sposobnostima između judaša i taekwondoaša. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet
104. Prieto, I., Gutiérrez-Santiago, A., Prieto Lage, M. Á. (2014). Knowledge of errors in the teaching-learning process of judo-techniques: Osoto-guruma as a case study. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 253–263. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0053>
105. Protic-Gava, B., Drid, P., Krkeljas, Z. (2019). Effects of judo participation on anthropometric characteristics, motor abilities, and posture in young judo athletes. *Human Movement*, 20(3), 10–15.
106. Pucsok, J. M., Nelson, K., Ng, E. D. (2001). A kinetic and kinematic analysis of the Harai-goshi judo technique. *Acta Physiologica Hungarica*, 88(3–4), 271–280. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.88.2001.3-4.9>
107. Pujszo, R., Adam, M., Wolska, B. (2017). The course of judo competition created by gold medallists of the World Championships 2015 in Astana. *Archives of Budo Science of Martial Arts and Extreme Sports*, 13, 119–125.
108. Raczek, J., Mynarski, W., Ljach, W. (2002). Kształtowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych. Podręcznik dla nauczycieli, trenerów i studentów. Wydawnictwo AWF, Katowice, 26-64, 69-95. [In Polish, summary in English and Russian].
109. Rajkiran, A. K. (2019). Effects of judo specific complex training program on selected motor components among intercollegiate level judokas. *International Journal of Yogic, Human Movement and Sports Sciences*, 4(1), 259–263.
110. Ren, M., Tian, Y., McNeill, C., Lenetsky, S., Uthoff, A. (2023). The role and development of strength for elite judo athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 45(6), 663–673. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000778Lip>

111. Rexhepi, F., Hraski, Ž. (2011 A). Comparison of some biomechanical spatial, temporal and velocity parameters in the judo throwing techniques Osoto Gari and Uchi-Mata. In Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Kinesiology (pp. 172–175). Opatija, Croatia.
112. Rexhepi, F., Hraski, Ž. (2011 B). Osnovne biomehaničke karakteristike druge faze bacanja (tsukuri) judo nožne tehnike Osoto Gari. Sport Mont, (31–33), Crnogorska sportska akademija.
113. Sacripanti, A. (2010). Biomechanics of Kuzushi-Tsukuri and Interaction in Competition. arXiv preprint arXiv:1010.2658. Preuzeto s <https://arxiv.org/abs/1010.2658>
114. Sacripanti, A. (2012). A Biomechanical Reassessment of the Scientific Foundations of Jigoro Kano's Kodokan Judo. arXiv preprint arXiv:1206.1135. Preuzeto s <https://arxiv.org/abs/1206.1135>
115. Sacripanti, A. (2014). How to enhance effectiveness of Direct Attack Judo throws. Preuzeto sa: <https://arxiv.org/vc/arxiv/papers/1401/1401.1102v1.pdf>
116. Sacripanti, A. (2016). Uchi Mata family analysis for Coaches and Teachers. Preuzeto s arXiv:1602.02165.
117. Sadowski, J. (2005). Dominant coordination motor abilities in combat sports. Journal of Human Kinetics, 13, 61-72.
118. Saini, A., Dubey, B. K., Vishwakarma, R. (2025). Ascertaining the effectiveness of coordination training interventions in enhancing sports performance: A systematic review and meta-analysis. Physical Education Theory and Methodology, 25(1), 183–190. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.1.22>
119. Sant'Ana, J., Franchini, E., da Silva, V., Diefenthaler, F. (2017). Effect of fatigue on reaction time, response time, performance time, and kick impact in taekwondo roundhouse kick. Sports Biomechanics, 16(2), 201–209. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1217347>
120. Santos, L., Fernandez-Rio, J., Ruiz, M. L., Del Valle, M., Callan, M., Challis, B., Sterkowicz, S. (2014). Three-dimensional assessment of the judo throwing techniques

frequently used in competition. Archives of Budo, 10, 105–112.
<https://www.researchgate.net/publication/262249693>

121. Satkunskiene, D., Bruzas, V., Mickevicius, M., Snieckus, A., Kamandulis, S. (2024). Impact of Leg Strength on the Force Produced During a Cross-Punch in Highly Trained Amateur Boxers. Journal of strength and conditioning research, 38(10), 1739–1744. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004867>

122. Schroeder Martins, H., Lüdtke, D. D., Araújo, J. C. O., Cidral-Filho, F. J., Salgado, A. S. I., Viseux, F. J. F., Martins, D. F. (2019). Effects of core strengthening on balance in university judo athletes. Journal of Bodywork and Movement Therapies. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.009>

123. Segedi, I. (2011). Utjecaj različitih sustava treniranja na razvoj motoričkih sposobnosti i uspješnost u judu (Doktorska disertacija). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

124. Segedi, I., Cetinić, M., Sertić, H. (2022). The relationship between balance and coordination with the training level quality of cadet judokas. The Arts and Sciences of Judo, 2(2), 4–9.

125. Segedi, I., Sertić, H. (2014). Klasifikacija tehnika bacanja prema njihovoj važnosti u judo borbi. Kinesiology, 46 (Supplement 1.), 108-113. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/127863>

126. Serrano-Huete, V., Latorre-Román, P. A., García-Pinillos, F., Morcillo Losa, J. A., Moreno-Del Castillo, R., Párraga-Montilla, J. A. (2016). Acute effect of a judo contest on muscular performance parameters and physiological response. International Journal of Kinesiology & Sports Science, 4(3), 24–31. <https://doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.4n.3p.24>

127. Sertić, H. (2004). Osnove boričkih sportova. Judo, karate, hrvanje. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

128. Sertić, H., Segedi, I. (2013). Judo osnove. Zagreb: Gopal.

129. Sertić, H., Segedi, I., Sterkowicz, S. (2008). Differences of the groups of throws used by men and woman in different weight categories during the European Junior Judo Championships. *Annals of 1st Scientific European Congress of Judo*, Lisboa, 2008.
130. Sertić, H., Segedi, I., Vučak, T. (2009). Technical efficiency of men judokas during the european championships (u 23) in Zagreb 2008. In Scardone D. (ed) *Annals for the 6th International Science of Judo Symposium*. Rotterdam, 20.
131. Sertić, H., Sterkowicz, S., Vuleta, D. (2009). Influence of latent motor abilities on performance in standing position judo bouts. *Kinesiology*, 41(1), 76–87.
132. Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M., & Davis, P. (2018). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 273–292.
133. Solum, M., Lorås, H., Pedersen, A. V. (2020). A Golden Age for Motor Skill Learning? *Frontiers in Psychology*, 11, 538.
134. Soriano, D., Iruiria, A., Tarragó, R., Tayot, P., Milà-Villaroel, R., Iglesias, X. (2019). Time-motion analysis during elite judo combats (defragmenting the gripping time). *Archives of Budo*, 15, 33–43.
135. Sterkowicz, S., Jaworski, J., Lech, G., Pałka, T., Sterkowicz-Przybycień, K., Bujas, P., Pięta, P. (2016). Effect of acute effort on isometric strength and body balance: Trained vs. untrained paradigm. *PLoS ONE*, 11(5), e0155985. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155985>
136. Sterkowicz, S., Lech, G., Chwała, W., Ambroży, T., Jaworski, J., Kłys, A. (2011). Muscle strength in young judo contestants vs. untrained subjects. *Archives of Budo*, 7(3), 179-184.
137. Sterkowicz, S., Sacripanti, A., Sterkowicz-Przybycień, K. (2013). Techniques frequently used during London Olympic judo tournaments: A biomechanical approach. *Archives of Budo*, 9(1), 51–58. <https://www.archbudo.com/view/abstract/id/10551>

138. Sulecka, B., Adam, M., Wolska, B. (2020). The results of judo fights during the 2018–2019 World Championships. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 12(4), 75–81. <https://doi.org/10.29359/BJHPA.12.4.07>
139. Šalaj, S. (2012). Osnove ranog motoričkog razvoja. *Kondicijski trening*, 10(2), 54–59.
140. Tomljenović, B., Vujnović, D., Serdar, N. (2003). Razlike u sintetičkoj i analitičkoj metodi učenja učenika četvrtih razreda osnovne škole dr. Jure Turić u Gospiću. U *Zbornik radova 12. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske: Metode rada u području edukacije, sporta i sportske rekreacije* (str. 179–182). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
141. Torres-Luque, G., Hernández-García, R., Escobar-Molina, R., Garatachea, N., Nikolaidis, P. T. (2016). Physical and physiological characteristics of judo athletes: An update. *Sports*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.3390/sports4010020>
142. Uzun, A., Akbulut, A., Erkek, A., Pamuk, Ö., Bozoğlu, M. S. (2020). Effect of age on speed and agility in early adolescence. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(8), 168–175. <https://www.researchgate.net/publication/343762230>
143. Van Hooren, B., De Ste Croix, M. (2020). Sensitive Periods to Train General Motor Abilities in Children and Adolescents: Do They Exist? *Strength and Conditioning Journal*, 42(6), 7–14
144. Walilko, T. J., Viano, D. C., Bir, C. A. (2005). Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 710–719. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.014126>
145. Witkowski, K., Maśliński, J., Remiarz, A. (2014). Static and dynamic balance in 14-15 year old boys training judo and in their non-active peers. *Archives of Budo*, 10, 323-331.
146. Witkowski, K., Stefaniak, T., Kuźmiński, J. (2004). Ocena równowagi ciała u osób trenujących judo. *Biomechanika*, 455-460. [In Polish].

147. Worsey, M. T. O., Espinosa, H. G., Shepherd, J. B., Thiel, D. V. (2019). Inertial sensors for performance analysis in combat sports: A systematic review. *Sports*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.3390/sports7010028>
148. Xu, Y., Wen, Z., Deng, K., Li, R., Yu, Q., Xiao, S.-M. (2021). Relationships of Sex Hormones with Muscle Mass and Muscle Strength in Male Adolescents at Different Stages of Puberty. *PLOS ONE*, 16(12), e0260521.
149. Yamamoto, K. (2022). The Gold Standard: How Hokusho University used Xsens to help Ryoyu Kobayashi win Olympic gold. *Movella Case Study*. <https://www.movella.com/resources/cases/how-hokusho-university-used-xsens-to-help-ryoyu-kobayashi-win-olympic-gold>
150. Yan, K., Gao, H., Liu, X., Zhao, Z., Gao, B., Zhang, L. (2022). Establishment and identification of an animal model of long-term exercise-induced fatigue. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 915937. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.915937>
151. Živković, M., Jovanović, V., Herodek, K., Milanović, Z., Antić, V. (2015). Differences in the motor abilities of football players in relation to their position on the team. *Sport Mont*, 13(43-45), 337–342.

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Test stajanje na desnoj nozi uzdužno na klupici za ravnotežu	45
Slika 2. Test stajanje na lijevoj nozi uzdužno na klupici za	46
Slika 3. Test stajanje na desnoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi - G_O_D	48
Slika 4. Test stajanje na lijevoj nozi sa otvorenim očima 15 sekundi - G_O_L.....	49
Slika 5. Test stajanje na desnoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi - G_Z_D.....	51
Slika 6. Test stajanje na lijevoj nozi sa zatvorenim očima 15 sekundi - G_Z_D.....	52
Slika 7. Test okretnost na tlu - MAGONT.....	54
Slika 8. Heksagonalni test prepreka - HEXAGONAL.....	55
Slika 9. Test imitacija kretanja za bacanje ouchi gari – MSCO.....	56
Slika 10. Prikaz kinematičkog odijela koje ispitanici imaju na sebi prilikom izvođenja bacanja uz odgovarajućeg softverskog avatara u realnom vremenu (preuzeto sa : https://www.movella.com/hubfs/Analyze%202025%20dark%20mode%20plain_stand_New%20avatar_%20web.png)	58
Slika 11. Izvedba bacnja ippon seoi nage - ISN.	59
Slika 12. Izvedba bacnja harai goshi – HG.....	62
Slika 13. Izvedba bacnja osoto gari – OG.	65
Slika 14. Prikaz kako se GYKO mjerni instrument postavlja na ispitanike (Preuzeto sa: https://training.microgate.it/en/products/gyko-0).....	70
Slika 15. Prikaz jednog ciklusa testa TRČ10/10-2SKL, protokola za iscrpljivanje	71
Slika 16. Prikaz registriranja pokreta prilikom korištenja mjernog instrumenta GYKO za procjenu ravnoteže (preuzeto sa: https://medical.microgate.it/en/solutions/dynamic-balance-control).....	74
Slika 17. Prikaz softverskog paketa XSENS MVN ver. 2021.0 pomoću kojeg su registrirani i mjereni kinematički pokazatelji u izvedbama tehnika judo bacanja (preuzeto sa: https://www.movella.com/products/motion-capture/xsens-mvn-animate)	75

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovni deskriptivni pokazatelji uzorka ispitanika	42
Tablica 2. Osnovni deskriptivni pokazatelji kvalitetnih judaša (G1)	43
Tablica 3. Osnovni deskriptivni pokazatelji manje kvalitetnih judaša (G2)	44
Tablica 4. Pregled svih testova i promatranih varijabli s mjernim jedinicama	68
Tablica 5. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata protokola iscrpljivanja za sve ispitanike (n=30)	72
Tablica 6. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata u testovima za procjenu razine ravnoteže. 78	
Tablica 7. Rezultati K-W testa za definiranje razlika između grupa ispitanika u varijablama za procjenu razine ravnoteže	80
Tablica 8. Osnovni deskriptivni pokazatelji rezultata u testovima za procjenu razine koordinacije	82
Tablica 9. Rezultati MANOVA-e za definiranje razlika između kategorija u koordinaciji pokreta 83	
Tablica 10. Rezultati ANOVA-e za definiranje razlika između kategorija u pojedinom testu za procjenu koordinacije pokreta	83
Tablica 11. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju ippon seoi nage	84
Tablica 12. Mixed model ANOVA 2x2 (opterećenje*grupa) za ippon seoi nage bacanje	85
Tablica 13. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu varijablu za	86
Tablica 14. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ZDJ_ULAZ sa statistički značajnim interakcijama	87
Tablica 15. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ZDJ_BAC sa statistički značajnim interakcijama	88
Tablica 16. Tukey post hoc test za varijablu ISN_ŠAKA_BRZ sa	89
Tablica 17. Tukey post hoc test za varijablu ISN_GLAVA_RAZ sa	90
Tablica 18. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju harai goshi	91
Tablica 19. Mixed model ANOVA 2x2(opterećenje*grupa) za harai goshi bacanje	93
Tablica 20. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu	93
Tablica 21. Tukey post hoc test za varijablu HG_RAME_KUT sa statistički značajnim interakcijama	94
Tablica 22. Tukey post hoc test za varijablu HG_LAKAT_KUT sa	95

Tablica 23. Tukey post hoc test za varijablu HG_KUK_KUT_BRZ sa	96
Tablica 24. Osnovni deskriptivni pokazatelji kinematičkih pokazatelja kvalitetnih (G1) i manje kvalitetnih (G2) natjecatelja prije i nakon protokola iscrpljivanja u bacanju osoto gari	97
Tablica 25. Mixed model ANOVA 2x2(opterećenje*grupa) za osoto gari bacanje	98
Tablica 26. Interakcija opterećenje*grupa za svaku promatranu	99
Tablica 27. Tukey post hoc test za varijablu OG_RAME_KUT sa	100
Tablica 28. Tukey post hoc test za varijablu OG_LAKAT_KUT sa statistički značajnim interakcijama	101
Tablica 29. Tukey post hoc test za varijablu OG_KUK_FLEKS sa statistički značajnim interakcijama	102
Tablica 30. Tukey post hoc test za varijablu OG_T_BAC sa statistički značajnim interakcijama	103
Tablica 31. Korelacija_kinematika bacanja ippon seoi nage sa ravnotežom	104
Tablica 32. Korelacija_kinematika harai goshi sa ravnotežom.....	105
Tablica 33. Korelacija_kinematika osoto gari sa ravnotežom.....	106
Tablica 34. Korelacija_kinematika bacanja ippon seoi nage sa koordinacijom	107
Tablica 35. Korelacija_kinematika bacanja harai goshi sa koordinacijom	108
Tablica 36. Korelacija_kinematika bacanja osoto gari sa koordinacijom.....	108

10. ŽIVOTOPIS AUTORA

Marko Cetinić rođen je 1983. godine u Zagrebu gdje je završio osnovnu i srednju školu. Diplomirao je na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2009. godine. Od 2010. godine zaposlen je u Oružanim snagama Republike Hrvatske, gdje trenutno ima čin satnika. Oženjen je i otac dvoje djece.

Judom se počeo baviti kao dijete sa svega sedam godina u Akademskom judo klubu Mladost. Tijekom natjecateljske karijere postizao je dobre rezultate, a nakon završetka aktivnog bavljenja sportom ostao je u judu kao trener u Judo klubu „Black Belt“. Nositelj je majstorskog pojasa 5. dan. Judo je također područje njegova doktorskog rada.

Na znanstvenom planu autor je i koautor sedam stručnih i znanstvenih radova. Posebno se ističu radovi vezani uz konstrukciju i validaciju instrumenata za procjenu izdržljivosti u judu, utjecaj umora na biomehaničke parametre tehnike *ippon seoi nage* te odnos ravnoteže i koordinacije s razinom utreniranosti mlađih judaša. Sudjelovao je i kao koautor u nekoliko radova iz područja tehničko-taktičke analize judaških natjecanja. Radove je predstavljao na međunarodnim znanstvenim skupovima posvećenima judo istraživanjima.

Njegov znanstveni interes usmjeren je na istraživanje juda kroz različite aspekte, uključujući izdržljivost, tehniku, biomehaniku i kvalitetu izvedbe, s ciljem unapređenja procesa treniranja i razumijevanja zahtjeva ovoga sporta.

Popis objavljenih radova:

1. Cetinić, M., Dukarić, V., Segedi, I., Rupčić, T., Sertić, H. (2022). Defining the influence of fatigue protocol on kinematic parameters of Ippon Seoi Nage. *Applied Sciences*, 12(18), 9269. <https://doi.org/10.3390/app12189269>
2. Segedi, I., Cetinić, M., Sertić, H. (2022). The relationship between balance and coordination with the training level quality of cadet judokas. *The Arts and Sciences of Judo*, 2(2), 4–9.

3. Cetinić, M., Strukar, S. (2021). Analiza trendova razvoja rezultata u bacanju kop-
lja u Hrvatskoj od 2008. do 2020. godine. U V. Findak (ur.), Zbornik radova 29.
Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske (str. 724–729). Hrvatski kineziološki
savez.
4. Cetinić, M., Strukar, S., Ljubičić, S. (2021). Analysis of the developmental trends
in results of discus throwers in Croatia from 2008 to 2020. 9th International Scien-
tific Conference on Kinesiology, Opatija, Croatia.
5. Cetinić, M., Segedi, I., Sertić, H. (2018). Construction and validation of measure-
ment instrument for endurance evaluation in judo. U H. Sertić, S. Čorak & I. Se-
gedi (ur.), Proceedings book, 5th European Science and Judo Research Sympo-
sium and 4th Scientific and Professional Conference: Applicable Research in Ju-
do (str. 59–61). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
6. Sertić, H., Segedi, I., Cetinić, M. (2017). The Effects Of Fatigue On The Bio-
mechanical Parameters Of Throwing In Judokas Of Different Ages: A Case Study.
In H. Sertić, S. Čorak and I. Segedi (Ed), Proceedings book, 4th European Scien-
ce of Judo Research Symposium and 3rd Scientific and Professional Conference
on Judo: Applicable Research in Judo (pp 29-37). Poreč 12-13. June, Croatia:
Faculty of Kinesiology University of Zagreb.
7. Sertić, H., Cetinić, M., Segedi, I. (2016). Technical analysis of Croatian national
championship for seniors. In H. Sertić, S. Čorak and I. Segedi (Ed), Proceedings
book, 3rd European Science of Judo Research Symposium and 2nd Scientific
and Professional Conference on Judo: Applicable Research in Judo (pp 55-59).
Poreč 20-21. June, Croatia: Faculty of Kinesiology University of Zagreb.