

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

MLADEN RAILIĆ

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje
Borilni športi

3D KINEMATIČNA ANALIZA MED IZBRANIMI NOŽNIMI TEHNIKAMI V KARATEJU

DIPLOMSKO DELO

MENTOR
prof. dr. Damir Karpljuk
SOMENTOR
Stanislav Štuhec
RECENZENT
prof. dr. Milan Čoh

Avtor dela
MLADEN RAILIĆ

Ljubljana, 2016

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem profesorjem, ki so se srečali z mano med študijem, saj so bili prav vsi pomemben dejavnik pri zaključevanju mojega študija. Za strokovno pomoč pri izvajanju raziskave se zahvaljujem prof. Stanislavu Štuhcu. Brez njegove pomoči mi ne bi uspelo zaključiti diplomske naloge. Moja zahvala gre še prof. dr. Damirju Karpljuku za hitro odzivnost in hitro reševanje težav, ki so nastajale med pisanjem diplomske naloge. Tukaj ne smem pozabiti na lektorico Tanjo Žuvela, ki je v zelo kratkem času uspela lektorirati celotno nalogo.

Zahvaljujem se vsem prijateljem, ki so me spodbujali k učenju in razvijanju na področju športa. Posebna zahvala pa gre moji družini za vso podporo in spodbudo, brez katere ne bi uspel dokončati študija. Tukaj bi izpostavil brata, ki mi je bil vedno ob strani in mi vlival upanje pri vseh nastalih težavah ob študiju. Zahvaljujem se tudi očetu, ki me je že od malih nog usmerjal v šport in bil moj glavni trener, učitelj in prijatelj. Poleg tega mi je vedno stal ob strani in me podpiral, tako moralno kot finančno.

Glavna zahvala pa gre moji mami, ki mi je stala ob strani celotno življenje. Kljub temu, da sem ji nakopal veliko težav, ni nikoli izgubila upanja vame in me je vedno spodbujala. Poskušala je rešiti vse moje težave, tudi tiste, ki sem jih lahko rešil sam, in mi tako dajala močan občutek varnosti. Čeprav ji ni bilo treba, mi je vedno pomagala tudi finančno. Brez nje mi ne bi uspelo nizati takih uspehov v športu in v življenju. Glavni razlog za dosedanje uspehe in uspehe, ki jih bom še dosegel, je prav ona. Moja mama je ena in edina! Še premalokrat sem ji povedal: »Hvala mama!«

Mladen Raičić

Ključne besede: *borilni športi*, karate, biomehanika, kinematika, kinematična analiza, nožne tehnike

3D kinematična analiza med izbranimi nožnimi tehnikami v karateju

Mladen Raičić

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, 2016

Športno treniranje, borilni športi

Število strani: 43, število slik: 17, število tabel: 2, število virov: 26

IZVLEČEK

Namen diplomske naloge je bil, da s pomočjo 3D-kinematične analize obdelamo izbrane nožne tehnike, ki so bile: stranska brca, krožna brca naprej in krožna brca iz obrata. Na podlagi dobljenih rezultatov smo poskušali ugotoviti, katera izmed nožnih tehnik je najbolj kinematično učinkovita. V raziskavi smo obravnavali tri merjence, ki so bili različno stari in so se s karatejem ukvarjali različno dolgo.

Najprej smo merjence posneli z dvema visokofrekvenčnima kamerama med izvajanjem izbrane nožne tehnike brez zadevanja tarče. Posnetke obeh kamer smo nato vstavili v programsko opremo APAS, ki nam je omogočala označevanje merjenca s šestnajstimi točkami na telesu oziroma spremljanje gibanja v tridimenzionalnem prostoru. Za analizo smo uporabili tudi programsko opremo Microsoft Excel 2010.

Prvo hipotezo, v kateri smo primerjali hitrost in pospešek med izbranimi nožnimi tehnikami, smo delno sprejeli, saj pri pospešku ni bilo nobene razlike med nožnimi tehnikami. Pri kotni hitrosti kolena in kolka nismo našli nobene razlike znotraj izvajanj izbranih tehnik, zato je bila druga hipoteza ovržena. Zavrnilo smo tudi tretjo hipotezo, v kateri smo predpostavili, da bo merjenec, ki se najdlje ukvarja s karatejem, najhitrejši in bo imel največji pospešek. Četrta hipoteza je bila delno sprejeta, saj merjenje pospeška pri izvajanju izbranih tehnik ni pokazalo pomembnih rezultatov.

Key words: *combat sports*, karate, biomechanics, kinematic, kinematic analysis, foot techniques

3D kinematic analysis of selected leg techniques in karate

Mladen Raičić

University of Ljubljana, Fakulty of sport, 2016

Sports training, combat sports

Pages: 43, figures: 17, tables: 2, references: 26

ABSTRACT

The purpose of this study was an analysis of karate leg techniques using a 3D kinematic analysis. We have analysed the following techniques: joko-geri, ushiro-mawashi-geri and ura-mawashi-geri. Based on the results, we tried to figure out which of the leg techniques was the most effective kinematically. In this study we discussed three examinees, who were of different ages and with different karate experience.

First, the object was filmed with two high frequency cameras during the execution of each foot technique without hitting the target. Recordings of both cameras were then inserted into the APAS software that allowed us the labeling of the object with sixteen points on the body and monitor the movements in the three-dimensional space. For analysis, we used the software Microsoft Excel 2010.

The first hypothesis, in which we compared the speed and acceleration of the selected foot techniques, were partially accepted, as there was no difference between the foot techniques. In the angular velocity of the knee and hip we did not find any differences within the implementation of the selected techniques, so the second hypothesis was refuted. We rejected the third hypothesis, in which we have assumed that the examinee who has been training karate the longest, will be the fastest and will have a maximum acceleration. The fourth hypothesis was partially accepted as measuring acceleration in the implementation of the selected techniques did not show significant results.

KAZALO VSEBINE:

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Uvod..... | 10 |
| 1.1 | Predmet in problem dela | 12 |
| 1.1.1 | Pomembnost tehnike v borilnih športih | 12 |
| 1.1.2 | Nožne tehnike v karateju | 13 |
| 1.1.3 | Definicije stranske brce (joko-geri)..... | 16 |
| 1.1.4 | Definicije krožnega udarca z nogo iz obrata (ushiro-mawashi-geri)..... | 17 |
| 1.1.5 | Definicija krožnega udarca z nogo naprej (ura-mawashi-geri) | 18 |
| 1.1.6 | Pregled dosedanjih raziskav | 18 |
| 1.2 | Cilji in hipoteze | 20 |
| 2 | Metode dela | 22 |
| 2.1 | Preizkušanci..... | 22 |
| 2.2 | Pripomočki..... | 22 |
| 2.3 | Postopek | 22 |
| 3 | Rezultati in razprava | 25 |
| 3.1 | Kinematična analiza | 25 |
| 3.2 | Preverjanje hipoteze H1 | 39 |
| 3.3 | Preverjanje hipoteze H2 | 40 |
| 3.4 | Preverjanje hipoteze H3 | 40 |
| 3.5 | Preverjanje hipoteze H4 | 40 |
| 4 | Zaključek..... | 41 |
| 5 | Viri..... | 43 |

KAZALO SLIK:

| | |
|--|----|
| Slika 1. Stranska brca (yoko geri) | 17 |
| Slika 2. Krožna brca iz obrata (ushiro mawashi geri)..... | 18 |
| Slika 3. Krožna brca naprej (ura mawashi geri)..... | 18 |
| Slika 4. Postavitev visokofrekvenčnih kamer. | 23 |
| Slika 5. Model človeka s šestnajstimi točkami in težiščem telesa. | 24 |
| Slika 6. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 1 za vse izvedene brce. | 26 |
| Slika 7. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 2 za vse izvedene brce. | 26 |
| Slika 8. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 3 za vse izvedene brce. | 27 |
| Slika 9. Pospeški stranske brce za vse tri merjence. | 29 |
| Slika 10. Pospeški krožne brce naprej za vse tri merjence..... | 30 |
| Slika 11. Pospeški krožne brce iz obrata za vse tri merjence..... | 31 |
| Slika 12. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem stranske brce pri vseh merjencih..... | 33 |
| Slika 13. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce pri vseh merjencih..... | 34 |
| Slika 14. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce iz obrata pri vseh merjencih. | 35 |
| Slika 15. Kotne hitrosti stranske brce pri vseh merjencih. | 37 |
| Slika 16. Kotne hitrosti krožne brce naprej pri vseh merjencih. | 38 |
| Slika 17. Kotne hitrosti krožne brce iz obrata pri vseh merjencih..... | 39 |

KAZALO TABEL:

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Podatki merjencev. | 22 |
| Tabela 2: Časovna izvedba posameznih brc..... | 28 |

1 Uvod

Šport je že od nekdaj močno vplival na posamezne skupine ljudi in prebivalstvo nasploh, saj so se njegovi učinki kazali na njihovem zdravju in sposobnostih, lastnostih in značilnostih (Berčič, Tušak in Karpljuk, 2003). Vključevanje ljudi v šport je razkrilo veliko pozitivnih učinkov tako na fizični kot psihični ravni posameznika. Na podlagi tega lahko trdimo, da ima šport pomemben vpliv na človeški razvoj, vse, odkar obstaja (Jelen, 2008).

Danes se v športu oziroma vrhunskem športu izvajajo številne vsestranske interdisciplinarne raziskave. Pomembne so zaradi preprečevanja napak športno aktivnih ljudi v tehniki oziroma uspešnega odpravljanja napak, saj bi sicer lahko škodili svojemu zdravju ter nekaterim vrednotam in značilnostim. Šport na ta način oblikuje človekov način življenja in njegov življenjski stil ter ustvarja neke vrste realizacijo sodobnega človeka. V svetu so se vzporedno z razvojem športa razvijale tudi tehnologije in metode načrtovanja in spremljanja transformacijskih procesov športnikov. Slednje služijo pridobivanju informacij, ki se jih uporablja v trenajžnem procesu športnikov glede na njihovo različno starost in kakovostno stopnjo.

Kineziologija kot znanost proučuje človeka v gibanju (Knudson, 2007). Ena izmed akademskih vej oziroma disciplin kineziologije je biomehanika. Biomehanika v kineziologiji vključuje natančen opis človeškega gibanja in njegove vzroke. V mnogih kinezioloških poklicih je biomehanika zelo pomembna pri njihovi strokovni praksi.

Biomehanika spada med znanstvene vede, ki se s pomočjo znanosti mehanike ukvarjajo z analizami gibanja živih bitij (Knudson, 2007). Mehanika je veja fizike, ki proučuje gibanje in delovanje sil, ki ustvarjajo to gibanje. Biomehanika zagotavlja konceptualna in matematična orodja, ki so potrebna za razumevanje gibanja živih bitij. S pomočjo teh orodij kineziologi lahko izboljšajo gibanje oziroma njegovo varnost. V grobem lahko biomehaniko opišemo kot vedo, ki proučuje gibanje v prostoru in času. Z biomehaniko ovrednotimo gibanja s pomočjo kvantitativnih parametrov, kar nam omogoča njihovo nepristransko primerjavo.

Ob uporabi biomehanskih modelov poskušamo dognati osnovne zakone, ki so relevantni pri posameznih pojavih (Jelen, 2008). Človek mora pri gibanju ohranjati stabilnost telesa z natančno kontrolo porazdelitve mase. Tako lahko opazimo zelo podobne gibe pri popolnoma različnih opravilih. Pri biomehanskih modelih nas zanimajo: živo bitje kot celota, njegovo gibanje in sile, ki se razvijajo med posameznimi deli telesa ter njihov položaj v prostoru.

Mehanika uporablja fizikalne zakone za opisovanje človeškega telesa v mirovanju in gibanju (Jelen, 2008). S pomočjo biomehanske analize skušamo ugotoviti tudi, kakšna je učinkovitost različnih načinov izvedbe nekega gibanja. S tem kasneje proučujemo splošne in najbistvenejše zakonitosti gibanja, kjer kot najbistvenejše pojmujeemo tiste zakonitosti gibanja, ki so skupne vsem športnikom in niso njihove individualne posebnosti.

Odkritje fotografije je močno vplivalo na razvoj biomehanike, ki je tako dobila zelo pomemben pripomoček (Jelen, 2008). Razvoj kronofotografije je pomenil še dodaten napredek v biomehaniki, saj je omogočil snemanje gibanja ob natančnem merjenju

časa. Pri analizi gibanja se pogosto uporablja stroboskop, ki na isto sliko posname želeno gibanje v enakih časovnih sekvencah. V današnjem času se največkrat uporablja video tehnika, predvsem zato, ker je enostavna za uporabo, njene rezultate pa lahko obdelamo in analiziramo s pomočjo ustrezne računalniške opreme.

Če želimo sistematično oblikovati vrhunski trening, moramo upoštevati predvsem biomehanske zakonitosti in jih uvesti v trenažni proces (Jelen, 2008). Redna uporaba kinematične analize v daljšem časovnem obdobju omogoča vpogled v razvoj posamezne tehnike, načrtovanje primerne vadbe in njen nadzor. Meritve izvajajo tudi na tekmovanjih, saj ne predstavljajo nikakršne ovire za tekmovalce. S pridobljenimi podatki lahko razlagamo gibanje športnika oziroma posamezne dele njegovega gibanja v dvodimenzionalnem (2D) ali tridimenzionalnem (3D) prostoru. Rezultate lahko predstavimo v katerikoli obliki, npr. s kinogrami, grafi ali tabelami.

Prve kinematične analize so bile izvedene s klasičnim fotoaparatom. Zaradi hitrega gibanja je bilo s takšnim fotoaparatom zelo težko zajeti želen položaj športnika. Časovno analizo gibanja so kasneje izvajali s filmskimi kamerami, ki so z enostavnimi metodami sledile točkam na športniku. Prvotno so športnika proučevali samo ravninsko oziroma v 2D-prostoru. Kasneje so podatke proučevali tudi v 3D-prostoru z uporabo dveh statičnih kamer, ki sta hkrati snemali istega športnika. Način umerjanja prostora in metoda preračunavanja koordinat sta zelo vplivala na natančnost zajetih podatkov.

Biomehanska analiza določa osnove kinematičnih in kinetičnih parametrov gibanja (Berak, 2003). Izvaja se z analizo prostorskih, časovnih in prostorsko-časovnih značajev gibanja ter z dinamometrijsko analizo sil, ki se razvijajo v mišicah in mišičnih skupinah med izvajanjem motorične aktivnosti. Z biomehansko analizo določimo odstopanja med izvedbo nekega gibanja in idealnim modelom izvedbe. Poleg tega dobimo podatke o razlikah v kotnih vrednostih, kazalnikih hitrosti, pospeških in parametrih sile med tehniko športnika in tehniko vrhunškega športnika. V karateju je gibanje tehnike določeno z mehaniko (gibanje in vzrok gibanja), ki se deli na: statiko (mirovanje), kinematiko (gibanje telesa v odvisnosti od časa) in dinamiko (gibanje telesa in sile, ki deluje nanj).

Za učinkovito biomehansko analizo je za analitika zelo dobrodošlo razumevanje specifičnega cilja, ki je potreben za uspešno izvedbo motorične aktivnosti z vidika biomehanične perspektive (Hall, 2012). Npr.: cilj karateista pri brci je, da z njo zadene del nasprotnikovega telesa, ki se točkuje. Poleg tega mora biti brca dovolj hitra in močna. Brez ustreznega znanja iz biomehanskih načel bi analitik s težavo prepoznal dejavnike, ki prispevajo k izvedbi ali jo ovirajo, ter bi s tem lahko napačno razlagal dobljene rezultate.

Gib, usmerjen k reševanju določenega cilja, lahko razlagamo tudi kot športno tehniko oziroma sistem sestavljenega gibanja (Lukman in Lukman, 1997). Za izpopolnjevanje tega sistema ni pomembno samo iz kakšnih gibov je sestavljen, vendar tudi, kako je organiziran in kako so njegovi elementi sestavljeni v edinstveno celoto. Strukturni pristop k proučevanju športne tehnike vključuje predvsem študijo njene kinematične, dinamične, ritmične, anatomske in fazne strukture.

V diplomski nalogi bomo uporabili 3D-kinematično analizo izbranih nožnih tehnik (ushiro mawashi, ura mawashi in joko geri). Kot je navedel Jelen (2008), je namen biomehanskih analiz izmeriti kinematične in dinamične spremenljivke, ki odločno vplivajo na uspešno izvedbo športnega gibanja, in s tem dvigniti kvaliteto trenažnega procesa. Brez dobrega poznavanja temeljnih biomehanskih zakonitosti se v okviru tega procesa ne more izpopolnjevati tehnike gibanja.

1.1 Predmet in problem dela

1.1.1 Pomembnost tehnike v borilnih športih

Pečko (1980) je bil mnenja, da lahko z vadbo tehnike razvijemo sposobnost razvijanja velike sile reakcije in njenega usmerjanja ter nadzor nad dihanjem, ravnotežjem in hitrostjo, vse to pa prispeva h gibljivi telesni moči. Moč je uporabna samo ob točni izvedbi gibanja, zato obramba in napad ne bosta uspešna, če ju ne izvedemo pravilno. Moč bo, v primeru nenatančno izvedenega udarca in nepravilno uporabljene sile, koristila nasprotniku.

Po Newtonovem zakonu ima vsaka sila nasprotno usmerjeno silo z enako količino (Pečko, 1980). Če udarimo nasprotnika, ki se premika proti nam, bo udarec rezultanta sile njegovega napada in našega udarca. Tukaj je silo reakcije povzročil naš nasprotnik. Druga sila reakcije je tista, ki npr. podpira udarec z desno roko z vlečenjem leve roke na bok.

Osredotočanje sile na zelo malo področje poveča učinek (Pečko, 1980). Pomembno je, da se vse mišice telesa iztegnejo istočasno na zelo majhno področje cilja. Kot prve se iztegujejo večje mišice okoli kolka in trebuha, ki so teoretično počasnejše, sledijo pa jim male mišice ostalega dela telesa. Vse mišice morajo biti s krčenjem usmerjene na občutljivo točko nasprotnika. To je tudi razlog, zakaj se kolki in trebuh ostro krčijo tako v napadu kot v obrambi. Mišice, sklepi in koža prispevajo k trdoti na mestu udarca. Najpomembneje je, da se zavedamo, da lahko z enim in edinim udarcem onemogočimo delo napadalčevega telesa.

V vseh športih, še posebej pa pri borilnih, je zelo pomembno ravnotežje (Pečko, 1980). Če je naše telo v ravnotežju, bo naš udarec učinkovitejši. Če naše telo ni v ravnotežju, bo naš udarec z lahkoto odbit oziroma ubranjen.

Položaj mora biti vedno v ravnotežju, vendar tudi gibljiv v obrambi in napadu (Pečko, 1980). Da bi telo zadržali v ravnotežju, moramo vse gibe izvajati gibljivo in sproščeno. Zato je treba čim bolj povečati gibljivost gibov, se izogniti hitremu napadu nasprotnika in biti obenem pripravljen vrniti udarec. Gibljivost kolena je pomembna za ohranjanje ravnotežja med hitrim napadom in pri hitrem vračanju noge. Ravnotežje delimo na dinamično in statično. Ti dve ravnotežji sta povezani na način, da lahko največjo silo dosežemo samo takrat, ko se ravnotežje mirovanja odraža na ravnotežju gibanja. Da bi ohranili ravnotežje pri stanju na obeh nogah, mora biti težišče našega položaja na ravni liniji med nogami. Če stojimo na eni nogi, mora biti težišče na sredini stopala. Peta zadnje noge ne sme biti dvignjena tudi zaradi tega, da lahko dosežemo največjo silo.

Nadzor dihanja vpliva na vzdržljivost, povečuje moč in pripravlja telo na sprejem udarca (Pečko, 1980). V trenutku udarca je treba zaustaviti dihanje z napenjanjem trebušnih mišic. Tako se lahko prepreči izguba zavesti in se priduši bolečino. Ostro izdihovanje in zaustavljanje diha pri izvajanju nekaterih gibov povečata hitrost in osredotočenost moči. Lahkotno dihanje in sproščanje mišic pomagata pri pripravi na naslednji udarec. Vdihovanje ali udarjanje med odbijanjem nasprotnikovega udarca je močno odsvetovano, saj bi upočasnilo gibanje in pomenilo izgubo moči.

Hitrost je najpomembnejši del moči (Pečko, 1980). Matematično gledano je moč enaka produktu mase in pospeška. Ne smemo zanemariti sile reakcije, nadzora dihanja in osredotočene moči, ki prispevajo k hitrosti, njihova učinkovitost pa se povečuje z medsebojnim sodelovanjem.

1.1.2 Nožne tehnike v karateju

Brce so tehnike, ki izkoriščajo delovanje nog proti izbranemu cilju v enem od štirih telesnih segmentov (Okazaki in Stričević, 1984). Površina, s katero brcamo, je stopalo ali koleno in jo uporabljamo bodisi ofenzivno bodisi defenzivno. Uporaba nog v samoobrambi ni neobičajna, vendar je obseg njene uporabe v karateju ena od posebnosti, ki se razlikuje od drugih konkurenčnih športih borilnih veščin, poznanih v zahodnem svetu. Dobro usposobljen karateist zna uporabljati šestnajst osnovnih brc ter še dodatne brce, ki se lahko vidijo v tekmovalnih borbah. Brce so najmočnejša napadalna tehnika, saj velike mišice nog proizvedejo ogromno moč, zaradi česar so priljubljene tako v karateju kot v drugih borilnih športih. Ker se uporabljajo velike mišične skupine, se dobro stimulira kardiovaskularni sistem, poveča pa se tudi kondicijska vrednost.

Kondicijsko vrednost pojmuje kot nivo gibalnih sposobnosti, kot so: aerobna vzdržljivost, anaerobna vzdržljivost, mišična sila, moč, hitrost, gibljivost, koordinacija in agilnost oziroma vse gibalne sposobnosti (Ivšek in Podgrajc, 2014). Nožne tehnike moramo redno uporabljati v trenažnem procesu, da bi bila naša kondicijska vrednost čim večja in bi nam zagotavljala čim boljši učinek.

Krčenje mišic med izvedbo brc se začne s trebušnimi mišicami, čemur sledi krčenje mišic nog ter nazadnje še mišic zgornjega dela telesa (Okazaki in Stričević, 1984). Ta vrstni red krčenj mišic je nujen ne le zaradi povečanja moči, ampak tudi zaradi ohranjanja ravnotežja in podpore udarjalni akciji. Zaporedje mišičnih krčenj ostane enako, ne glede na to, ali je bila brca izvedena med pomikanjem naprej ali med stoji na mestu. V splošnem lahko rečemo, da mišice sprednjega dela noge uporabljamo za izvedbo brc, mišice zadnjega dela noge pa stimuliramo med vlečenjem noge nazaj od ciljnega področja. Položaj goleni in stopnja krčenja gležnja sta še dva dejavnika, ki sta pomembna za doseganje nemotenega delovanja nožnih tehnik. Pravilna uporaba spodnjih okončin zahteva veliko gibljivosti, hitrosti in vzdržljivosti. Kot velja za druge osnovne tehnike, je tudi pri urjenju nožnih tehnik zahtevana izvedba v treh fazah. Prva faza vključuje učenje ločenih gibov nožnih tehnik. V drugi fazi treniramo nožne tehnike s pomočjo karategrama v osnovnih smereh. V tretji fazi treniramo nožne tehnike s pomočjo karategrama v nadaljevalnih smereh in vključuje kompleksne gibe. Pravilno ogrevanje, vključno s primernimi razteznimi vajami, je zelo

pomembno zaradi dveh razlogov: pripravi telo na vadbo in pomaga zmanjšati tveganje za nastanek poškodbe.

Najpomembnejši namen ogrevanja je predvsem ta, da začnemo glavni del trenažnega procesa v najvišjem možnem nivoju in tako zmanjšamo tudi nastanek poškodb (Ušaj, 1997). Z ogrevanjem dvignemo telesno temperaturo, povečamo učinek mišičnega dela, pospešimo pretok krvi po telesu in tako izboljšamo prehranjenost mišic. Po splošnem ogrevanju moramo izvesti tudi specialno ogrevanje, kar je pri treningu z nožnimi tehnikami precej pomembno z vidika zaščite pred poškodbami.

Pri izvajanju nožnih tehnik moramo biti pozorni tudi na ciljna območja, ki jih zadevamo (Okazaki in Stričević, 1984). Pot brce je lahko večsmerna in tarči se lahko približamo iz katerekoli smeri. Kontakt je lahko usmerjen v vse nivoje tarče, od glave do pete. Nožne tehnike oziroma brce uporabimo za napad na zgornji, srednji in spodnji del telesa. Ciljno območje se lahko razlikuje glede na vrsto gibanja, ki izhaja iz gibanja v kolku. Na podlagi tega lahko nožne tehnike razdelimo v tri kategorije: direktno, stransko in krožno. To nam pove smer, v kateri bo nožna tehnika najbolj učinkovito izvedena. Razumevanje te klasifikacije je v veliko pomoč v procesu učenja teh tehnik. Vse nožne tehnike pa uporabljajo za udarno površino le stopalo ali koleno.

V karateju so noge, tako kot tudi roke, zelo pomembno orožje (Nishiyama in Richard, 1990). Karate je eden izmed borilnih športov, kjer se strogo in subtilno trenirajo nožne tehnike. Tudi brez specifičnega treninga smo nagnjeni k uporabi nožnih tehnik tako v obrambi kot v napadu. Nožne tehnike lahko s treningom pretvorimo v veliko močnejše orožje. V običajnih okoliščinah ne uporabljamo noge na tako veliko različnih načinov, kot uporabljamo roke. Zato je nujen neprestan trening, če jih želimo pretvoriti v uporabno orožje. Poleg tega pa se moramo zavedati, da je pri vseh tehnikah karateja, ne samo pri nožnih, treba pri njihovem izvajanju uporabiti celo telo.

Med številnimi tehnikami karateja je več tistih, ki se izvajajo z rokami, vendar je pri izvajanju nožnih tehnik manjša verjetnost, da bi si poškodovali udarno površino (stopalo), kajti koža in struktura mišic sta tu veliko trši (Oyama, 1974). Med izvajanjem nožnih tehnik moramo posvetiti največjo pozornost sodelovanju gležnjev, kolena in stegna tako, da lahko ustvarimo največjo oziroma želeno silo.

Pri nožnih tehnikah moramo biti še posebej osredotočeni na stojno nogo, ohranjanje ravnotežja in vračanje udarne noge nazaj v začetno pozicijo (Nishiyama in Brown, 1990). Stojna noga mora biti v močni stoji, saj mora držati celotno težo telesa, še posebej v smeri udarca, ko je treba vzdržati silo, ki nastane ob udarcu v tarčo. Ravnotežje se mora prenesti tako, da udarna noga ne nosi nobenega bremena oziroma teže telesa, ta teža pa se mora istočasno potisniti v smeri udarca tako, da udarec ustvari največjo možno silo. Po udarcu moramo udarno nogo hitro in lahkotno vrniti na začetno mesto, da preprečimo nasprotniku lovljenje noge in da lahko pripravimo telo na nadaljevanje napada ali pripravo nove tehnike.

Kajtazi je povedal, da so udarci z nogo daleč močnejši, kot udarci z roko, vendar so veliko počasnejši (Kajtazi, 1997). Prav tako je poudarjal pomembnost ravnotežja pri izvajanju nožnih tehnik, saj je ena noga v zraku. Zato moramo biti pozorni na ti dve

slabosti nožnih tehnik. Predvsem moramo izvajati nožne tehnike močno in čim hitreje ter po udarcu hitro vrniti nogo po isti poti nazaj na začetno mesto.

Da bi razumeli, kaj je vse pomembno pri izvajanju nožnih tehnik, je treba pogledati sodniška pravila. Za doseganje točke je najpomembneje, da izvedemo brco po pravilih, ki jih določata Svetovna karate zveza (WKF – World Karate Federation) in Karate zveza Slovenije (KZS). V pravilih je zapisano, da se točka dodeli, če je udarec izveden v ocenjevalne dele telesa in ustreza naslednjim merilom: pravilno izveden karate udarec z roko ali nogo, športna drža (športni odnos), energična izvedba, zavest (Zanshin), pravočasnost in pravilna oddaljenost (Sodniška pravila WKF in KZS, 2015).

Za uspešno izvedeno nožno tehniko v glavo se dodeli tri točke (Ippon) in za uspešno izvedbo nožne tehnike v telo se dodelita dve točki (Wazari). Napadi so omejeni na naslednje ocenjevalne predele: glava, obraz, vrat, trebuh, prsi, hrbet in bočna stran telesa. Da lahko udarec prinese točko oziroma točke, mora biti izveden v omenjene predele telesa. Vsak udarec mora biti primerno nadzorovan na predel telesa, ki je napaden, in mora zadovoljiti vseh šest meril, ki smo jih navedli.

Prvo merilo pri ocenjevanju je pravilno izveden karate udarec, ki pomeni potencialno učinkovitost v tradicionalnih konceptih karateja. Športna drža (športni odnos) je komponenta korektno izvedbe udarca in se nanaša na ne-zlonamerni odnos in visoko koncentracijo med izvedbo uspešnega udarca. Energična izvedba definira moč in hitrost udarca, ki je očitna v svoji nameri, da bo uspešna. Zavest (Zanshin) je merilo, ki se ga pogosto pri doseganju točk ne upošteva. To je stanje borbene koncentracije oziroma stalne pripravljenosti, pri kateri tekmovalec ohranja zavedanje o možnosti nasprotnikovega protinapada (npr. med in po izvedbi udarca ne sme obračati glave stran). Naslednje merilo je pravočasnost in pomeni izbiro najprimernejšega trenutka za napad, t. j., ko je njegov učinek največji. Zadnje merilo je pravilna oddaljenost, ki pomeni izvajanje udarca na natanko taki razdalji, da bo učinek največji.

Če se udarec izvede proti hitro umikajočemu se nasprotniku, bo potencialni učinek tega udarca zmanjšan. Oddaljenost se nanaša tudi na točko, na kateri udarec doseže svoj cilj ali se mu približa. Za pravo razdaljo štejemo udarec, ki je nekje med dotikom kože in 5 cm pred obrazom, glavo ali vratom. Vendar se lahko točkujejo tudi udarci v glavo, ki so izvedeni v mejah sprejemljive razdalje in jih nasprotnik ne poskuša braniti ali se jim izmakniti, seveda če tehnika ustreza ostalim merilom.

Pri kadetih in mladincih ni dovoljen dotik v glavo, obraz ali vrat. Pri nožnih udarcih je dovoljen samo zelo rahel dotik (»dotik kože«) in povečana distanca do 10 cm. Udarci, izvedeni zelo slabo ali s premalo moči, se ne točkujejo. Udarci, usmerjeni pod pas, se lahko točkujejo le, če so izvedeni v predel nad sramno kostjo. Vrat in grlo sta površini za točkovanje. Dobro nadzorovan udarec v grlo se točkuje, če je izveden brez slehernega dotika. Točkuje se tudi udarec, izveden v predel nad lopatico. Ramenski del, kjer se spojijo nadlaket, lopatica in ključnica, ni ocenjevalni predel. Iz pravil je razvidno, da se točkujejo le nožne tehnike, ki se izvedejo dovolj močno in hitro v točno določeno oziroma dovoljeno mesto s pravilno tehnično izvedbo po tradicionalnih konceptih karate tehnik. V največji meri pa je pomembna hitrost izvedene tehnike, na kar se bomo v diplomski nalogi tudi osredotočili.

1.1.3 Definicije stranske brce (joko-geri)

Kajtazi (1997) je stransko brco definiral kot nožni udarec z zunanjim delom stopala v stran. Najprej dvignemo koleno, po tem pa golen hitro stegnemo vstran. Prsti noge, s katero udarjamo, so popolnoma skupaj, palec pa je upognjen navzven. Udarec je vertikalni glede na telesno linijo, noga pa potuje paralelno glede na tla. Noga, na kateri stojimo, je popolnoma na tleh, zgornji del telesa pa je zravnani. Brco izvajamo s čim manj nagiba telesa nazaj ali v stran, saj nam taka izvedba močno ruši ravnotežje.

Bolj natančno je stransko brco definiral Oyama (1974), ki je napisal, da stranska brca potuje premočrtno s strani glede na centralno linijo telesa, ki je usmerjena v nasprotnikov trebuh ali vrat. Najprej moramo dvigniti stopalo noge, s katero udarjamo približno do višine kolena stojne noge in nato bočno udarimo z zunanjim delom stopala tako, da gre noga naravnost. Ko udarimo na stran, moramo to gibanje izvesti z idejo, da noga naredi polkrog. Vedno moramo imeti palec noge popolnoma upognjen, peto pa štrlečo tako, da stisnemo mišice na stopalu.

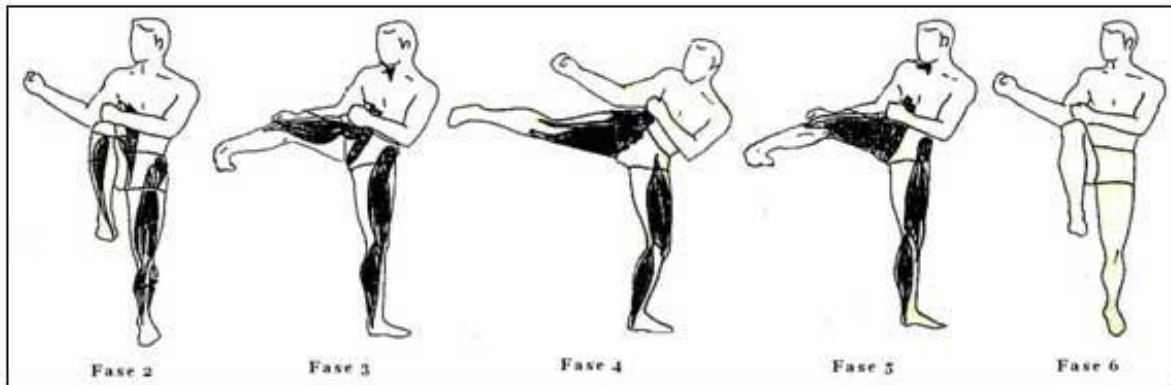
Prečko (1980) je bočno brco okarakteriziral kot eno izmed najuspešnejših napadov na nasprotnika s strani. Nadaljuje, da mora noga doseči cilj tako, da v smeri udarca kroži okoli same sebe. Iz kateregakoli stava izvajamo brco, mora iti rob stopala, preden udarimo, mimo notranje strani kolena stojne noge. V trenutku udarca so prsti malo nižji od višine pete. Za doseganje največje višine je treba telo spustiti v nasprotni smeri udarca, vendar moramo pri temu obdržati ravnotežje telesa. Po udarcu se noga, preden se spusti v stav, vrne do kolena stojne noge. Peta stojne noge v trenutku udarca ne sme biti dvignjena s tal.

Udarne površine stranske brce je zunanji del stopala (Nishiyama in Brown, 1990). Poznamo dve različni izvedbi stranske brce. Eno izvajamo z načinom trzljaja kolena (hiter izteg in povratek noge nazaj), tako, da udarimo v smeri navzgor. Drugo izvajamo z načinom potiska, kjer nogo potisnemo naravnost v smeri udarca – podobno kot direktni udarec z roko. V diplomski nalogi se bomo osredotočali na slednjega. Prvega največkrat uporabljamo za napad pazduh, dimelj, čeljusti itd. Drugega pa uporabljamo za napad v obraz, vrat, solarni pleksus, rebra, stegna itd.

Nishiyama in Brown (1990) sta opozarjala na 5 napak, ki jih ne smemo delati med izvajanjem stranske brce:

1. Prevelik nagib telesa v nasprotni smeri od smeri udarca, saj je ob tem nemogoče posredovati celotno moč telesa v udarno nogo.
2. Palec udarne noge moramo čim bolj upogniti, saj sicer ne moremo udariti z zunanjim delom stopala. Poleg tega je palec zelo občutljiv in se lahko tudi zlomi.
3. Dvig pete stojne noge. Ta napaka pripelje do slabše moči udarca.
4. Udarimo diagonalno pred telesom in ne naravnost. Ta napaka prepreči uporabo celotnega telesa za razvoj največje moči udarca.
5. Ne dvignemo noge in ne upognemo kolena dovolj. To prepreči učinkovito uporabo principa trzljaja kolena oziroma potiska noge pri izvajanju stranske brce.

Stranska brca je eden izmed najmočnejših nožnih udarcev v karateju, ki zahteva veliko vaje za pravilno izvedbo (Breznik, 1999).



Slika 1. Stranska brca (yoko geri) (<http://www.rincondeldo.com/ii-5>).

Na sliki 1 je v fazah prikazan postopek izvedbe stranske brce.

1.1.4 Definicije krožnega udarca z nogo iz obrata (ushiro-mawashi-geri)

Tako kot druge polkrožne tehnike, se krožni udarec z nogo iz obrata izvaja tako, da se obrnemo okoli vertikale telesa v smeri hrbta (Okazaki in Stričević, 1984). Udarčna površina je podplat oziroma peta. Ker je to tehnično zelo zahtevna tehnika, potrebujemo veliko časa za njeno obvladanje. Ta brca se izvaja tako, da najprej obrnemo hrbet in postavimo nogi paralelno eno ob drugo. Nato sledi dvigovanje kolena udarne noge – visoko in na način, da je koleno pozicionirano pred telesom, stopalo pa je v dorsalni fleksiji. Fleksija kolena (približno 90°) ostane enaka skozi večji del gibanja udarne noge. Obe roki sta zaradi boljše stabilnosti ob telesu, pogled pa je usmerjen nazaj oziroma v smeri udarca. Ko se uspešno obrnemo v smeri napada, se začne udarna noga iztegovati tako, da izvede široko polkrožno gibanje v točko napada. Noga izvede gibanje, ki ga morajo spremljati tudi: rotacija kolkov, rotacija telesa in rotacija okoli stojne noge. Položaj telesa in rok, ki sta pozicionirani ob telesu, ohranjajo ravnotežje, medtem ko stojna noga poleg ravnotežja zagotavlja tudi moč udarca.

Pečko (1980) je za krožni udarec z nogo nazaj napisal, da je njegov najpomembnejši del ohranjanje ravnotežja ter da je njegova uspešnost odvisna od hitrega obračanja telesa nazaj. V trenutku udarca mora biti noga popolnoma iztegnjena. Napada se v glavo, pleksus in trebuh. Zapisal je, da se omenjeni udarec izvaja tako, da iz kratkega stava preusmerimo težišče na sprednjo nogo, katere stopalo se obrača v nasprotni smeri udarca. Z rotacijskim zamahom kolkov, ki obrača telo okoli vertikalne osi, začnemo potegovati zadnjo, razbremenjeno nogo. Koleno udarne noge se najprej dvigne visoko do prsi in takoj za tem se noga izteguje s pomočjo sile obračanja. Peta udarne noge mora do trenutka udarca doseči največjo možno hitrost. Po tem, ko nogo iztegnemo, moramo nadaljevati gibanje z nogo, tako da jo pokrčimo v kolenskem sklepu. Najpomembnejši aspekt tega udarca je, da po udarcu čim hitreje povlečemo nogo nazaj. Pomanjkljivosti te brce so, da se pri obratu za trenutek izgubi vidno polje cilja, v katerega udarjamo.



Slika 2. Krožna brca iz obrata (ushiro mawashi geri)

(http://www.bushidokaratecarros.fr/Techniques/ushiro_ura_mawashi_geri_detail2.htm).

Na sliki 2 je v fazah prikazan postopek izvedbe krožnega udarca z noge iz obrata.

1.1.5 Definicija krožnega udarca z ного naprej (ura-mawashi-geri)

Krožni udarec z ного naprej se izvaja tako, da telo obrnemo za 180° v smeri naprej in nato dvignemo pokrčeno koleno čim višje (Pottle in Pottle, 2013). Nogo začnemo iztegovati s polkrožnim gibanjem tako, da s podplatom ali s peto zadenemo želeni cilj. Med izvajanjem te brce moramo imeti v trenutku udarca celotno telo poravnano. Ker ta brca, glede na druge nožne tehnike, ni zelo močna, moramo biti pozorni na ravnotežje in hitro vračanje telesa v prvotni položaj.



Slika 3. Krožna brca naprej (ura mawashi geri)

(http://geocities.ws/jctkduk/kicking_techniques2.html).

Na sliki 3 je v fazah prikazan postopek izvedbe krožnega udarca z ного naprej.

1.1.6 Pregled dosedanjih raziskav

V karateju je opravljenih zelo malo raziskav, še posebej na področju biomehanike. Nožne tehnike, ki smo jih izbrali v diplomski nalogi, so zato pomanjkljivo raziskane. Whitte, Emmermacher in Potenberg (2007) so izvedli pilotno študijo, kjer jih je

zanimal zaključni del kinematične verige oziroma strukturiranje faze, ki temelji na hitrosti in času gležnja. Osredotočali so se predvsem na dve karate tehniki, in sicer na polkrožno brco (mawashi-geri) ter krožni udarec z nogo naprej (ura-mawashi-geri). Z raziskavo so poskušali odgovoriti na dve poglobitni vprašanji:

- ❖ Ali obstajajo razlike med različnimi izvedbami v povezavi s časovno strukturo stranske brce in krožnim udarcem z nogo naprej?
- ❖ Kaj je značilno za različne izvedbe omenjenih karate tehnik?

V raziskavi so sodelovali trije karateisti z različnim predznanjem. Izvajali so polkrožno brco s sprednjo nogo in z zadnjo nogo v nivo trupa (chudan) ter glave (jodan) in krožni udarec z nogo naprej s sprednjo ter nato z zadnjo nogo samo v nivo glave (jodan). Merjenci so izvajali šest ponovitev vsake tehnike s triminutnim odmorom med vsako serijo (Whitte, Emmermacher in Potenberg, 2007). Ta študija se je osredotočala na gibanje udarjalne noge v intervalu od njenega začetka do zaključka udarca, kjer zaključek udarca pomeni mesto, kjer bi se noga dotaknila zelenega cilja. Vračanja noge v začetno pozicijo niso obravnavali. Opozoriti moramo, da ta študija temelji le na treh merjencih, zato moramo skrbno obravnavati ugotovitve. Whitte idr. (2007) so prišli do ugotovitve, da se najbolj opazi razlika hitrosti v pripravljalni oziroma uvodni fazi izvedbe brce in v trzljaju noge oziroma zaključni fazi izvedbe brce. Razlike med merjenci so bile opazne tako v celotnem času izvedbe tehnike kot v hitrosti udarjalne noge. Največja razlika med merjenci glede na izvedeno tehniko je bila v hitrosti stojne noge in v hitrosti prehodne faze, kjer noga začneja z akcijo udarjanja. Na podlagi tega so prišli do zaključka, da je pri udarcih s prvo nogo pomemben hiter dokorak, saj tako pospešimo izvajanje nožne tehnike in je ta vidno hitrejša.

Wasik (2011) je v svoji študiji uporabil 17-letnega fanta, ki ima mojstrski pas (1. DAN – črni pas), tehta 75 kg in je visok 179 cm. Merjenec je štirikrat izvedel stransko brco z maksimalno hitrostjo. Na telesu je imel prilepljene markerje in je bil posnet s šestimi infrardečimi kamerami, ki so omogočale spremljanje markerjev na njegovem telesu. S sistemom, ki so ga uporabili, je bilo mogoče posneti merjenčevo telo in ga ovrednotiti s kinematičnimi parametri. V študiji so se osredotočali predvsem na hitrost kolena in stopala ter s pomočjo te hitrosti računali tudi končno hitrost brce. V raziskavi so prišli do zaključka, da višja hitrost kolena bistveno vpliva na hitrost, ki jo razvije stopalo. To pomeni, da moramo biti med treniranjem hitrosti stopala pozorni na razvijanje hitrosti kolena, ki je usmerjeno v isto smer kot stopalo. Poleg tega je razvidno, da je splošna hitrost brce odvisna od hitrosti dvigovanja kolena, saj hitreje, kot dvignemo koleno, hitreje bo izvedena brca.

Wohlin (1989) je v svoji študiji uporabil tri merjence, med katerimi sta bila dva, ki sta tekmovala na državnem nivoju in sta imela različno stopnjo pasov, ter eden, ki je tekmoval na olimpijskem nivoju. Merjenci so bili posneti z dvema kamerama. Ena je bila postavljena neposredno nad merjencem, druga pa je bila postavljena na levi strani merjenca. Merjenci so imeli na sklepih telesa 16 markerjev, ki so delovali kot svetlobni odsev in kamera oddajali informacije, ki so bile pomembne za nadaljnjo obdelavo. Pred pričetkom snemanja so merjenci opravili poljuben enourni trening, ki ga je vodil eden izmed merjencev. Poleg treninga je vsak merjenec moral narediti sedem brc z desno nogo (krožni udarec z nogo iz obrata). Na slišni znak »GO« so morali merjenci izvesti šest brc v njim že prej znan fokuser. Brca je morala biti

izvedena v višini merjenčeve glave. Pridobljene rezultate so računalniško obdelali. Glavni namen študije je bil, da bi s pomočjo pridobljenih informacij olajšali nadaljnje študije in da bi bili rezultati v pomoč trenerjem ter učencem pri učenju in treniranju oziroma izboljšanju obravnavane brce. Ugotovili so, da se je zgodil vrhunec pospeška stopala ob vrhuncu pojemka pospeška stegna in ob začetku fleksije kolena. Poleg tega so izračunali, da je začetek brce, natančneje prenašanje teže na stojno nogo, vzel veliko časa v izvajanju brce, in sicer od 36 do 44 odstotkov časa celotne izvedbe brce. Največ časa celotnega gibanja je vzel zadnji del brce oziroma dvigovanje stopala do udarnega cilja, in sicer kar od 48 do 53 odstotkov. Tako so prišli do zaključka, da bi ob izboljšanju hitrosti prvega in zadnjega dela izvedbe brce bistveno vplivali na izboljšanje hitrosti celotnega gibanja oziroma celotne brce. Glede na stopalo se je stegno premikalo počasi in je bila fleksija kolena zadolžena za kontinuirano gibanje stopala do zelenega cilja. Vendar je bil višek fleksije kolena po zadetem cilju stopala. Na podlagi pridobljenih rezultatov v študiji so predlagali specifične vaje za razvijanje navora na podlago, obračanja telesa kot celote in vzdrževanja telesa v visoki rotacijski inerciji med ustvarjanjem navora na podlago. Poleg tega so v študiji predlagali vaje za razvijanje moči fleksije kolena takoj po ekstenziji kolena.

Saulite, Čupriks in Fedotova (2010) so v svoji raziskavi poskušali raziskati biomehansko strukturo stranske brce. V študiji so sodelovali otroci s plavim in zelenim pasom iz teakwondoja. Njihova starost je bila 12–14 let, višina 150–162 cm in teža 38–52 kg. Vsak je imel 3–5 let izkušenj v tem športu. Vsak posameznik je izvedel dve stranski brci, ki so jih snemali z dvema visokofrekvenčnima kamerama. Njihove posnetke so računalniško obdelali in analizirali. Da bi lahko podatke računalniško analizirali, so uporabljali markerje, ki so jih postavili merjencem na kolke, kolena in gležnje. Na podlagi dobljenih rezultatov so razdelili stransko brco na štiri dele: na pripravljajno, udarjalno, kontaktno fazo in fazo vračanja v prvoten položaj. Izračunali so, da stranska brca v povprečju traja 1,24 sekunde. Trajanje pripravljajne faze je odvisno od vsakega posameznika. V pripravljajni fazi je lahko športnik pri miru, lahko pa rahlo poskakuje gor-dol, naprej-nazaj ali celo v različne smeri, odvisno od tipa športnika, ki opravlja stransko brco. Udarjalna faza v povprečju traja 0,33 sekunde in jo lahko nadalje razdelimo na dva dela. Prvi del je dvigovanje noge, ki traja v povprečju 0,23 sekunde, drugi del pa je iztegovanje kolena, ki traja 0,1 sekunde. Udarjalni fazi sledi kontaktna faza, ki traja 0,15 sekunde. Najdlje traja zadnja faza, faza vračanja v prvoten položaj, in sicer kar 0,76 sekunde.

1.2 Cilji in hipoteze

Namen diplomskega dela je natančno analizirati kinematične zakonitosti med izbranimi nožnimi tehnikami v karateju (stranska brca, krožni udarec z nogo naprej in krožni udarec z nogo iz obrata).

Cilji diplomskega dela so izbrati najučinkovitejšo in najmanj učinkovito tehniko med izbranimi nožnimi tehnikami znotraj kinematičnih značilnosti ter natančno primerjati kinematične zakonitosti med izbranimi nožnimi tehnikami med preizkušanci različnih starosti in z različno stopnjo znanja.

Na podlagi opredeljenih ciljev smo postavili naslednje hipoteze:

- H1: Stranska brca (yoko-geri) je najhitrejša in ima največji pospešek. V naslednjem zaporedju ji sledita: krožni udarec z nogo naprej (ura-mawashi-geri) in krožni udarec z nogo iz obrata (ushiro-mawashi-geri).
- H2: Kotna hitrost v kolčnem in kolenskem sklepu udarne noge je najizrazitejša pri krožnem udarcu z nogo iz obrata. V naslednjem zaporedju mu sledita: krožni udarec z nogo naprej in stranska brca.
- H3: Preizkušanec, ki se najdlje ukvarja s karatejem, bo izvedel vse izbrane nožne udarce najhitreje in z največjim pospeškom.
- H4. Pospešek udarne noge bo večji v zadnji fazi vseh izbranih nožnih tehnik in hitrost udarne noge bo najvišja tik pred zaključkom izbrane tehnike.

2 Metode dela

2.1 Preizkušanci

V vzorec smo zajeli tri preizkušance moškega spola, ki so trenirali enak stil karateja (shotokan) in so bili različnih starosti. Najmlajša preizkušanka sta bila aktivna tekmovalca in člana slovenske reprezentance. Najstarejši preizkušanec je že zaključil tekmovalno kariero, vendar je bil prav tako član slovenske reprezentance. Prvi izmed preizkušancev je bil star 16 let in je treniral karate 9 let, drugi preizkušanec je bil star 27 let in je treniral karate 21 let, tretji preizkušanec pa je star 52 let in je treniral karate 34 let. Podatki o merjencih so razvidni iz tabele 1. Vsak merjenec je znal izvesti stransko brco (yoko-geri), krožni udarec z nogo naprej (ura-mawashi-geri) in krožni udarec z nogo iz obrata (ushiro-mawashi-geri). Vsak merjenec je izbrane elemente izvedel enkrat z največjo hitrostjo, a je izvedbo lahko ponovil, če z njo ni bil zadovoljen. Upoštevala se je izvedba, s katero so bili merjenci zadovoljni. V postopku analize smo preverjali kinematične značilnosti izbranih nožnih udarcev tako, da smo upoštevali starost in morfološke značilnosti preizkušancev, vendar smo v veliki meri upoštevali tudi doseženo raven znanja karateja.

Tabela 1: Podatki merjencev.

| | STAROST | ČAS TRENIRANJA | VIŠINA (cm) |
|-------------------|---------|-------------------|----------------|
| MERJENEC 1 | 16 let | 9 let | 175 |
| MERJENEC 2 | 27 let | 21 let | 175 |
| MERJENEC 3 | 52 let | 34 let | 173 |

2.2 Pripomočki

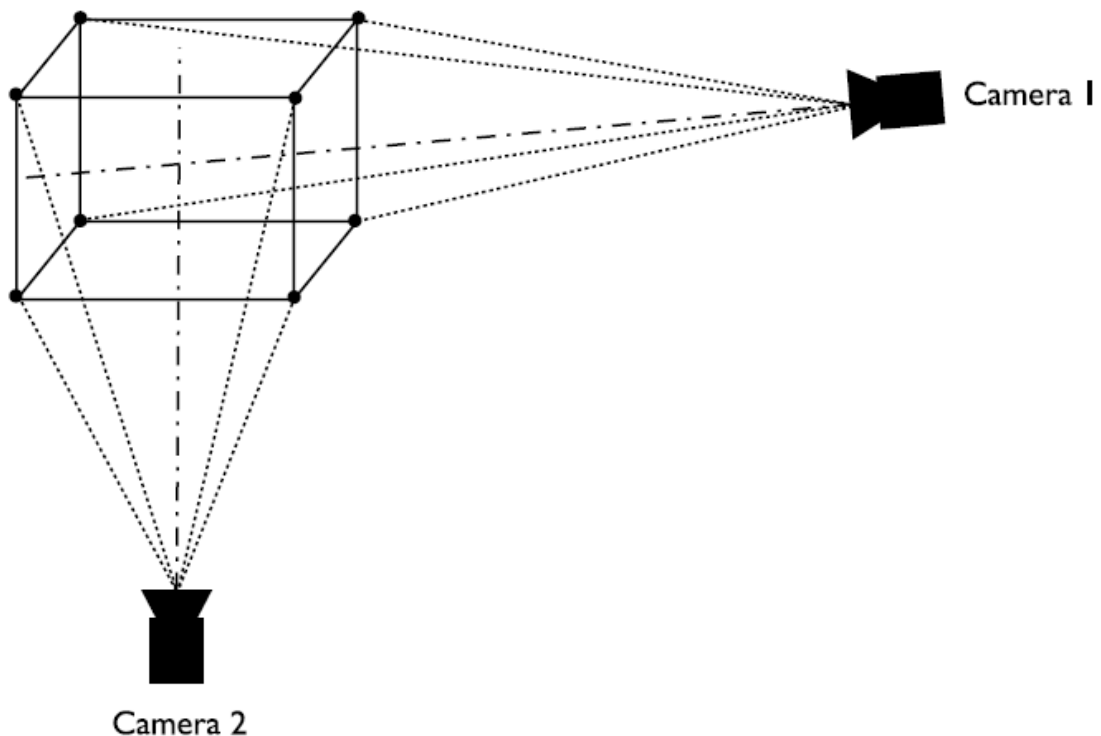
Meritve smo izvajali v zaprtem prostoru, tako da so bili pogoji optimalni. Za snemanje izbranih nožnih tehnik preizkušancev smo uporabili dva snemalna sistema Mikrotron Motion Blitz LTR1 portable z dvema visokozmogljivima hitro-slikovnim kamerama, ki sta bili med seboj sinhronizirani. Z uporabo dveh statičnih kamer, ki sta bili med seboj postavljeni pod pravim kotom, smo snemali vsakega preizkušanca (slika 4). S takim snemanjem smo lahko preračunavanje spremenili iz ravninskih koordinat v prostorske oziroma tridimenzionalne (3D). Kameri sta snemali s frekvenco 100 Hz.

2.3 Postopek

Pred začetkom snemanja izbranih nožnih tehnik smo najprej označili prostor oz. koridor, v katerem so preizkušanci izvajali tehnike. Koridor je meril 5 metrov v dolžino in 3 metre v širino. Sinhronizirani hitro-slikovni kameri sta bili od koridorja oddaljeni 10 metrov, ena videokamera je bila postavljena pod kotom 45° glede na smer

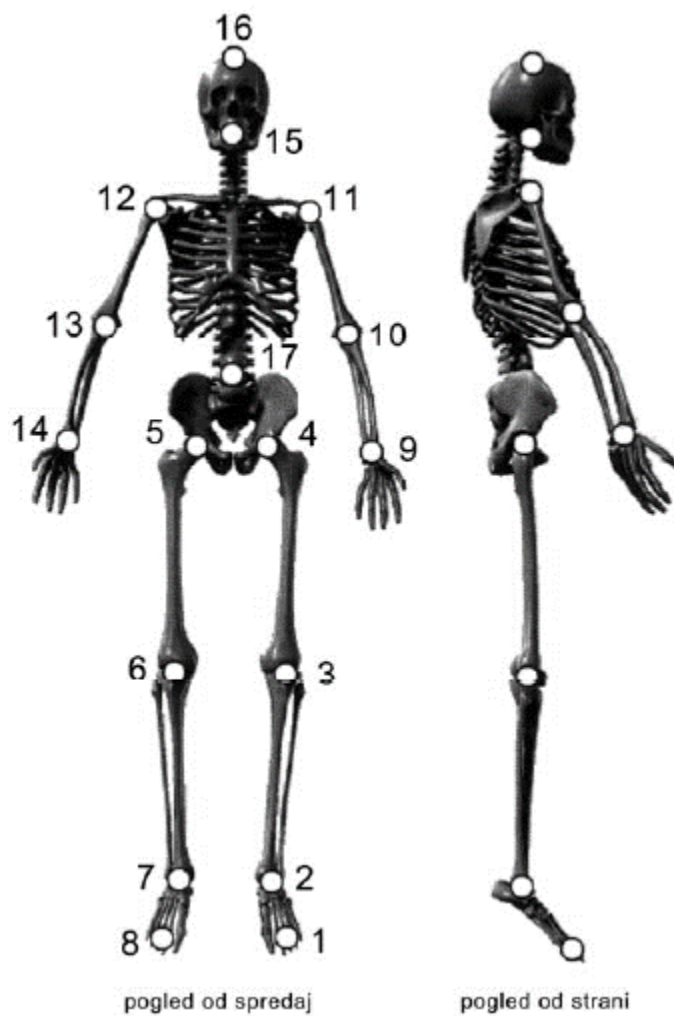
izvedbe izbranih nožnih tehnik, druga pa pod kotom 135° (med seboj sta bili postavljeni pod kotom 90°) (slika 4). Poleg tega smo oglišča in center prostora kalibrirali z dvema kockama z dolžino stranice 1 meter, ob upoštevanju osmih referenčnih vogalov na njima. Preizkušanci so se postavili v koridor ter izvedli izbrano tehniko. Edino navodilo je bilo, da izvedejo tehniko najhitreje po svojih zmožnostih.

Izbrane posnetke smo nato vstavili v programsko opremo APAS (The Ariel Performance Analysis System), kjer smo v oba posnetka iste brce najprej vstavili šestnajst točk, ki so predstavljale sklepe na telesu oziroma dele telesa (slika 5). S pomočjo teh točk smo lahko izbrane brce obravnavali tridimenzionalno. Nato smo vse pridobljene podatke obdelali s pomočjo programske opreme Microsoft Excel 2010.



Slika 4. Postavitev visokofrekvenčnih kamer (Bartlett, 2007).

Slika 4 prikazuje dve visokofrekvenčni kameri in njuno postavitve na snemalni prostor, ki ga predstavlja kvader na sliki.



Slika 5. Model človeka s šestnajstimi točkami in težiščem telesa (Čamernik, 2007).

Slika 5 prikazuje model človeka in vse njegove točke, ki smo jih uporabljali za lažjo pretvorbo iz dvodimenzionalnega modela v tridimenzionalni, kar pa nam je kasneje omogočilo 3D-kinematično analizo.

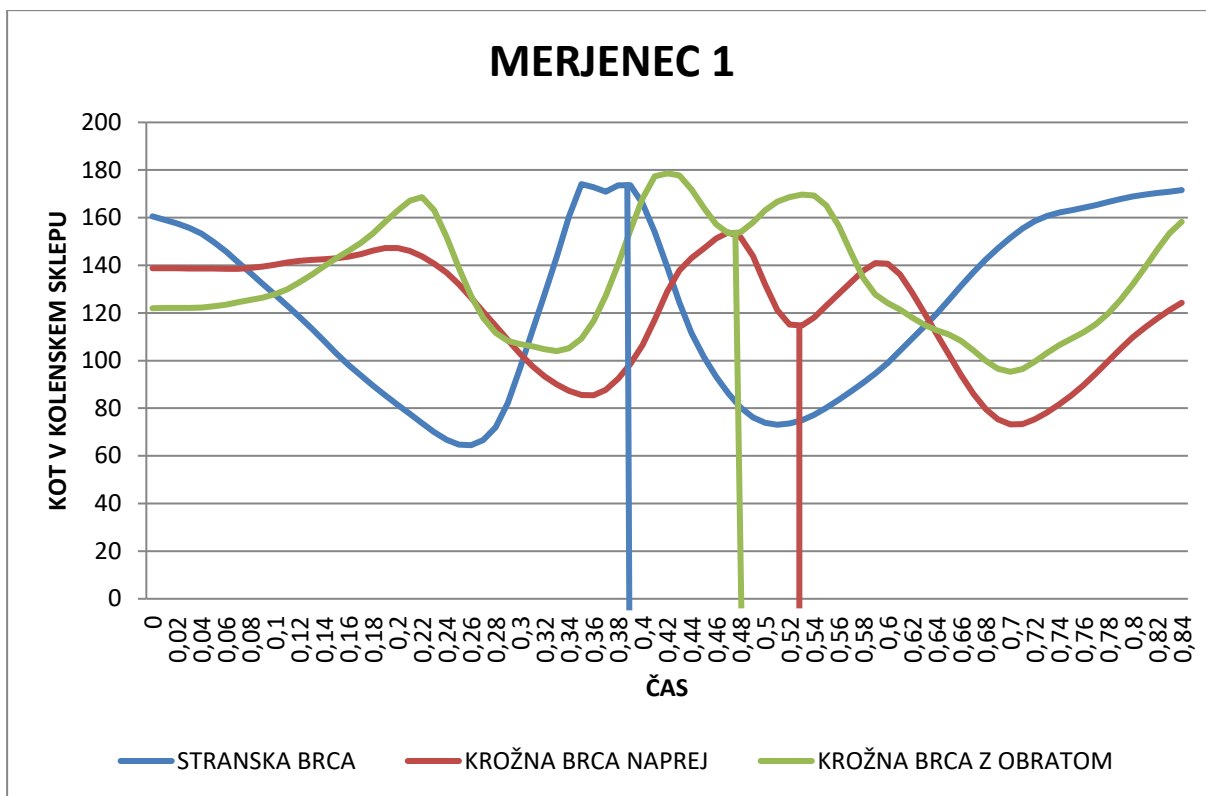
3 Rezultati in razprava

3.1 Kinematična analiza

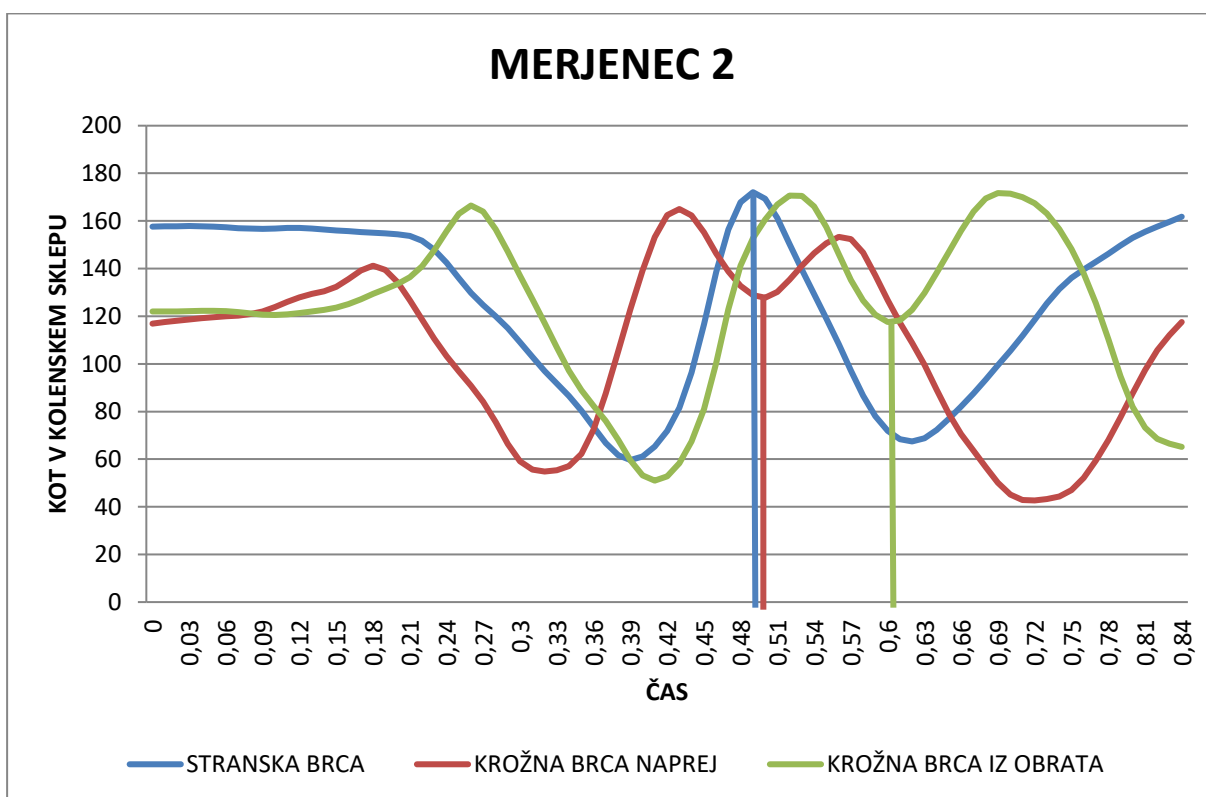
Vsi trije merjenci so izvedli tri različne udarce (stransko brco, krožno brco naprej in krožni brco iz obrata) s svojo dominantno nogo, pri čemer niso imeli nobene udarne površine. Vse udarce smo nato analizirali s pomočjo programske opreme APAS in Microsoft Excel 2010. S 3D-kinematično analizo smo poskušali ugotoviti, katera tehnika med izbranimi je najučinkovitejša in kako se izvedba merjencev razlikuje glede na njihovo starost in staž.

Če hočemo izbrati najhitrejšo brco med izbranimi tehnikami, moramo najprej določiti začetek brce in njen konec. Za lažje analiziranje hitrosti smo brco razdelili na dva dela: na začetek in zaključek brce. Za začetek brce smo označili del, ko merjenec začne premikati stopalo udarne noge, saj tako premikanje naznanja začetek izvajanja nekega napada z nogo in bi ga v športni borbi potencialni nasprotnik lahko zaznal. Zaključek brce pa se med udarci razlikuje zaradi različnega načina izvedbe, vendar je pri vseh izbranih brcah najpomembnejši kot v kolenskem sklepu. Določanje zaključka brce je najpreprosteje pri stranski brci, saj se ta zaključi natanko takrat, ko je kot v kolenskem sklepu najvišji. Pri krožni brci z nogo naprej in iz obrata pa je nekoliko drugače, saj se noga po iztegnitvi v kolenskem sklepu pokrči v smeri udarca, tako da lahko s podplatom udarimo želeno tarčo, nato pa sledi vračanje noge po isti poti nazaj. Če razumemo mehaniko izvajanja obeh brc, lahko trdimo, da je zaključek brce tam, kjer je najmanjši kot v kolenskem sklepu med dvema najvišjima kotoma (po prvem povečanju kota se ta za kratek čas zmanjša in nato spet poveča).

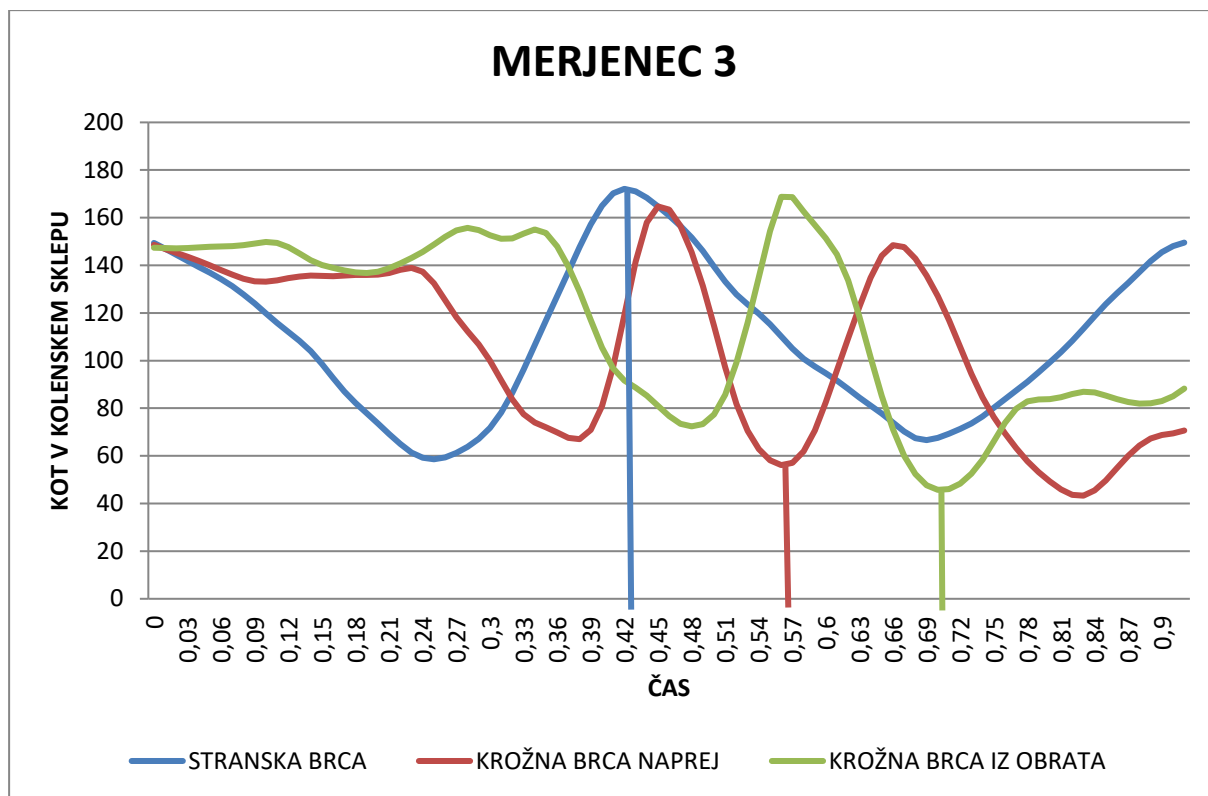
V diplomski nalogi nas je zanimalo, katera izmed obravnavanih brc je najhitrejša, kar pomeni, da so jo merjenci izvedli od začetka do konca v čim krajšem možnem času. Merjenec 1 je najhitreje izvedel stransko brco, ki jo je končal v 0,39 sekunde (slika 6). Zanimivo je, da je hitreje izvedel krožno brco iz obrata (0,47 sekunde) kot krožno brco naprej (0,53 sekunde). Ker je merjenec 1 izvajal krožno brco naprej s svojo nedominantno nogo oziroma levo nogo, lahko sklepamo, da je to razlog za njeno počasnejšo izvedbo. Pri merjencu 2 so si po hitrosti sledile brce nekoliko drugače (slika 7). Izvedene so bile naslednjem vrstnem redu: stranska brca (0,41 sekunde), krožna brca naprej (0,46 sekunde) in najpočasnejša krožna brca iz obrata (0,6 sekunde). V enakem vrstnem redu je brce izvedel tudi merjenec 3 (slika 8). Za stransko brco je porabil natanko 0,42 sekunde, za krožno brco naprej je potreboval 0,56 sekunde in za krožno brco iz obrata je potreboval 0,64 sekunde.



Slika 6. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 1 za vse izvedene brce.



Slika 7. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 2 za vse izvedene brce.



Slika 8. Kot v kolenskem sklepu pri merjencu 3 za vse izvedene brce.

Slike 6, 7 in 8 nam prikazujejo kot v kolenskem sklepu udarne noge v odvisnosti od časa. Kot v kolenskem sklepu udarne noge določa zaključek brce, ki smo ga potrebovali za določitev časa izvajanja brce. Vse tri slike imajo horizontalne črte, ki prikazujejo zaključek brce oziroma del brce, ko naj bi ta zadela zeleno tarčo.

Poleg tega, da iz podatkov iz tabele 2 lahko razberemo, katero izmed brc je posamezni merjenec izvedel najhitreje, lahko primerjamo tudi njihove izvedbe med seboj. Iz tabele lahko razberemo, da so razlike pri stranski brci zelo majhne, vendar je kljub temu razvidno, da jo je merjenec 1 izvedel najhitreje ter da jo je merjenec 3 izvedel najpočasneje. Stranska brca je med obravnavanimi brcami najmanj tehnično zahtevna, zato predvidevamo, da so te razlike zelo majhne in skorajda neopazne. Pri naslednji brci, krožni brci naprej, pa so rezultati nekoliko drugačni, saj je imel merjenec 2 najboljši rezultat. Brco je izvedel kar za 0,07 sekunde hitreje kot merjenec 1 ter 0,1 sekunde hitreje kot merjenec 3. Ta brca se je izkazala za zelo učinkovito za merjenca 2, saj je bila, poleg tega, da je bila njegova izvedba te brce med merjenci najhitrejša, le za 0,05 sekunde počasnejša od njegove stranske brce, kar je zaradi njenega kompleksnega gibanja zelo dobro. Pri najbolj kompleksni brci (krožna brca iz obrata) se je pokazal enak vrstni red kot pri stranski brci, saj je bil merjenec 1 najhitrejši. Čas, ki je bil potreben, da je merjenec 1 izvedel brco, je bil zelo kratek, kajti izvedel jo je hitreje kot krožno brco naprej in samo 0,08 sekunde počasneje od stranske brce. To je presenetljivo predvsem zato, ker se je moral pri krožni brci iz obrata obrniti okoli stojne noge za 360° in kot lahko zaključimo, je za ta obrat potreboval le 0,08 sekunde. Razlika med drugima dvema merjencema pri tej brci pa je le 0,04 sekunde v prid merjencu 2.

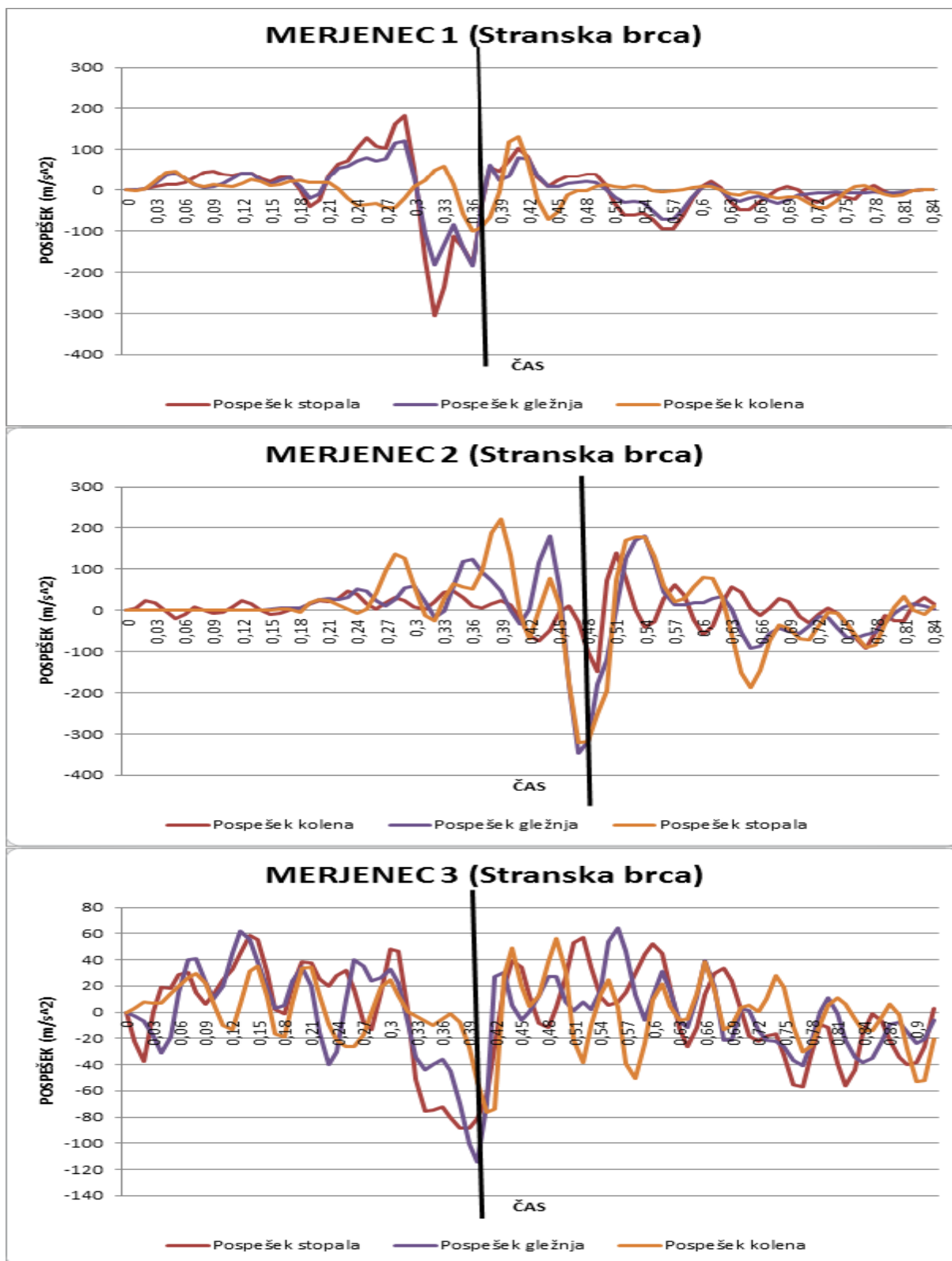
Tabela 2: Časovna izvedba posameznih brc.

| | Stranska brca | Krožna brca naprej | Krožna brca iz obrata |
|-------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| MERJENEC 1 | 0,39 s | 0,53 s | 0,47 s |
| MERJENEC 2 | 0,41 s | 0,46 s | 0,6 s |
| MERJENEC 3 | 0,42 s | 0,56 s | 0,64 s |

V tabeli 2 je prikazano, koliko časa je potreboval vsak izmed merjencev za izvedbo posamezne brce od začetka njene poti do predvidenega udarca, ki se je izvajal v prazno tarčo. Tukaj nismo šteli časa, ki je bil potreben, da se merjenci vrnejo nazaj v prvotni položaj.

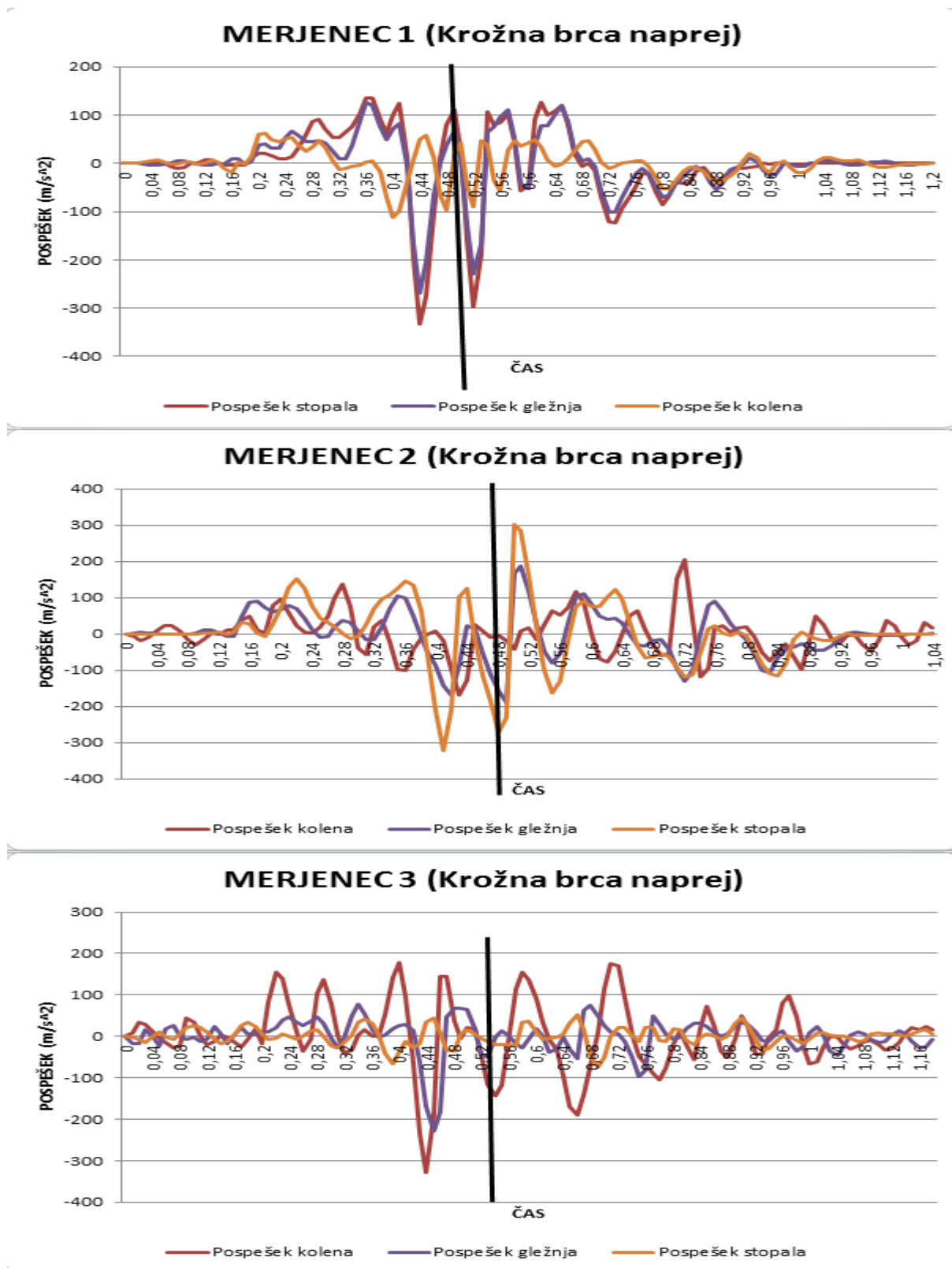
Preverjali smo tudi pospešek izvajanja posameznih brc, kjer smo se osredotočali predvsem na pospešek stopala, gležnja in kolena udarne noge. Pri rezultatih nam je pomagal podatek, da pozitiven pospešek pomeni dvigovanje hitrosti ter da negativen pospešek pomeni njeno zmanjševanje. Med izvajanjem katerekoli tehnike bi morali težiti k temu, da se hitrost v stopalu, gležnju in kolenu čim hitreje dvigne do točke udarca, saj bi tako najhitreje izvedli tehniko, ki jo izvajamo. Pozornost bi morali usmeriti v tarčo in izvesti udarec brez dodatnih oziroma odvečnih gibov, kar bi pripeljalo do neuspešno izvedene tehnike. V takem primeru bi moral biti pospešek stopala, gležnja in kolena v celotni izvedbi gibov pozitiven, saj bi to zagotovilo nenehno rast hitrosti ali pa vsaj ohranjanje dosežene hitrosti.

Glede na to, da pri karateju pravila ne dovoljujejo največjega udarca v tarčo, bi pričakovali, da se hitrost stopala, gležnja in kolena zmanjša tik pred udarcem ter pospešek posledično preide iz pozitivnega v negativnega. Ob pogledu na rezultate (slika 9) opazimo zelo razgiban pospešek, ki se nenehno spreminja iz pozitivnega v negativnega. Podatki so zaradi tega zelo nejasni. Pri stranski brci je deloma opazna zvišana vrednost vseh treh pospeškov med izvajanjem udarca in nato naglo znižanje vrednosti natanko pred predvidenim zadetkom zelenega cilja (slika 9). Poleg tega opazimo, da je imel merjenec 3 največ nihanj pri vseh pospeških, na podlagi česar lahko sklepamo, da je imela njegova izvedba največ nihanj ter da bi lahko z izboljšanjem tehnike skrajšal čas izvedbe stranske brce. Rezultati so pokazali tudi, da je imel merjenec 2 vse pospeške višje od obeh merjencev in da je imel merjenec 3 bistveno nižje pospeške kot ostala dva merjenca. Podobne rezultate smo dobili tudi pri krožni brci naprej, le da so bili veliko bolj razpršeni, k čemur bi lahko pripomogla tudi tehnična zahtevnost same brce (slika 10). Posebnost pri tej brci je, da se je pri merjencu 1 pospešek ob koncu brce zviševal. Vrednosti pospeška so med merjenci zanemarljive, razen v primeru enega odstopanja pri merjencu 2, kjer je prišlo do velikega zvišanja pospeška po koncu udarca, kar nam pove, da je poskušal čim hitreje preiti v prvoten položaj. Zelo podobne rezultate najdemo tudi pri krožni brci iz obrata, kjer so rezultati še nekoliko bolj razpršeni, saj gre za tehnično zahtevnejšo brco, ki vsebuje tudi obrat okoli stojne noge (slika 11). Vseh dobljenih rezultatov v povezavi s pospeškom ne moremo povezovati s samo izvedbo brc in njihovo hitrostjo, saj so rezultati zelo razpršeni in nam ne omogočajo jasnega zaključka.



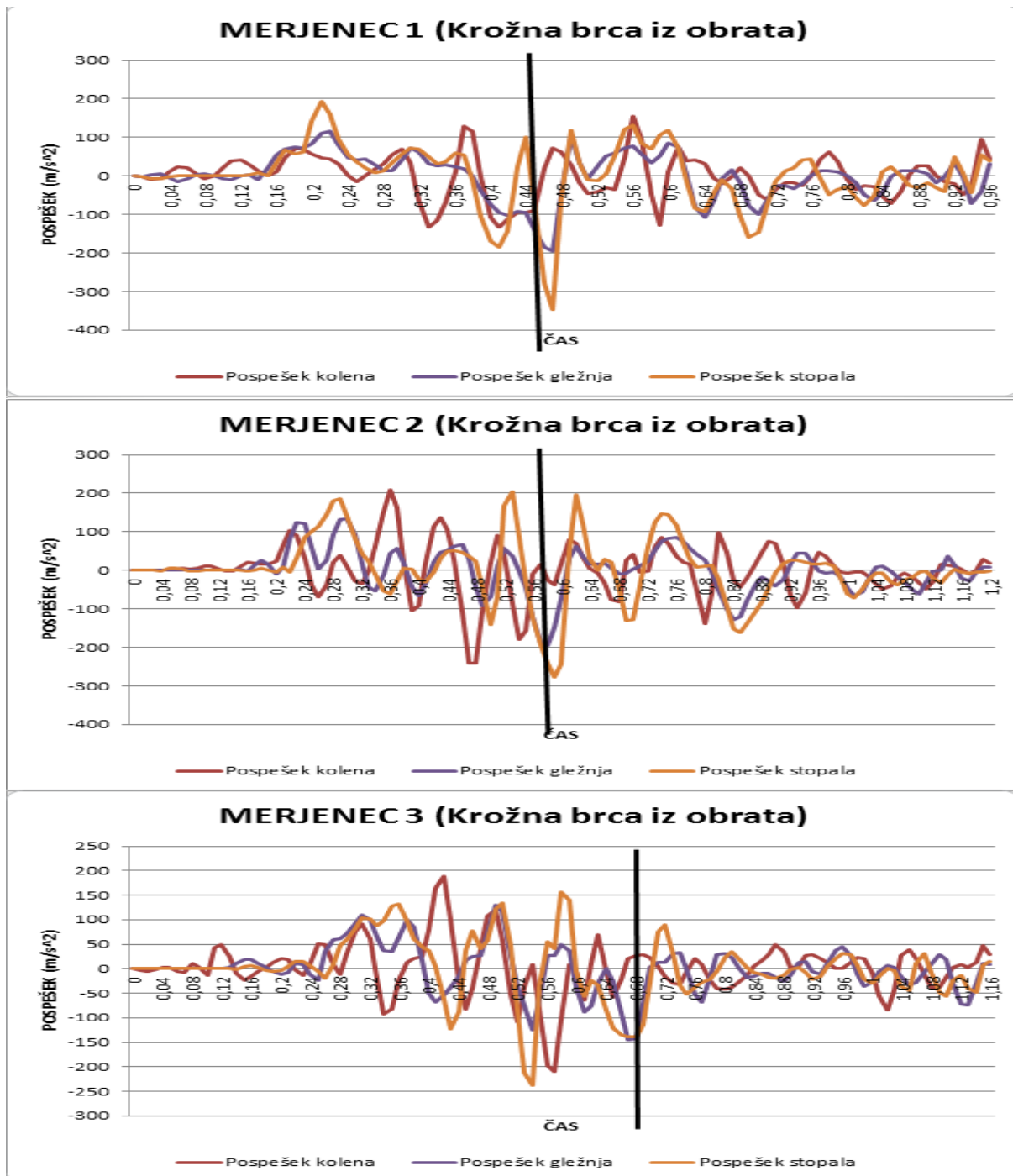
Slika 9. Pospeški stranske brce za vse tri merjence.

Na sliki 9 so prikazani pospeški udarne noge pri izvajanju stranske brce za vsakega izmed merjencev. Horizontalna črta označuje zaključek udarca oziroma del udarca, ko naj bi brca zadela tarčo.



Slika 10. Pospeški krožne brce naprej za vse tri merjence.

Na sliki 10 so prikazani pospeški udarne noge pri izvajanju krožne brce naprej za vsakega izmed merjencev. Horizontalna črta označuje zaključek udarca oziroma del udarca, ko naj bi brca zadela tarčo.



Slika 11. Pospeški krožne brce iz obrata za vse tri merjence.

Na sliki 11 so prikazani pospeški udarne noge pri izvajanju krožne brce iz obrata za vsakega izmed merjencev. Horizontalna črta označuje zaključek udarca oziroma del udarca, ko naj bi brca zadela tarčo.

V naši raziskavi so merjenci izvajali tehnike brez zadevanja tarče, se pravi v namišljeno tarčo, kar je pri karateju tudi smiselno, saj njegova pravila ne dovoljujejo močnih, temveč le blage kontakte. Da bi športniku kljub temu uspelo čim hitreje zadeti nasprotnika in ob tem kontrolirati gibanje svoje udarne noge, bi moral izvesti tehniko pri čim višji hitrosti in tik pred udarcem ustaviti gibanje ali ga vsaj znatno upočasniti ter udarno nogo nato čim prej vrniti nazaj (tu bi se ponovno povečala

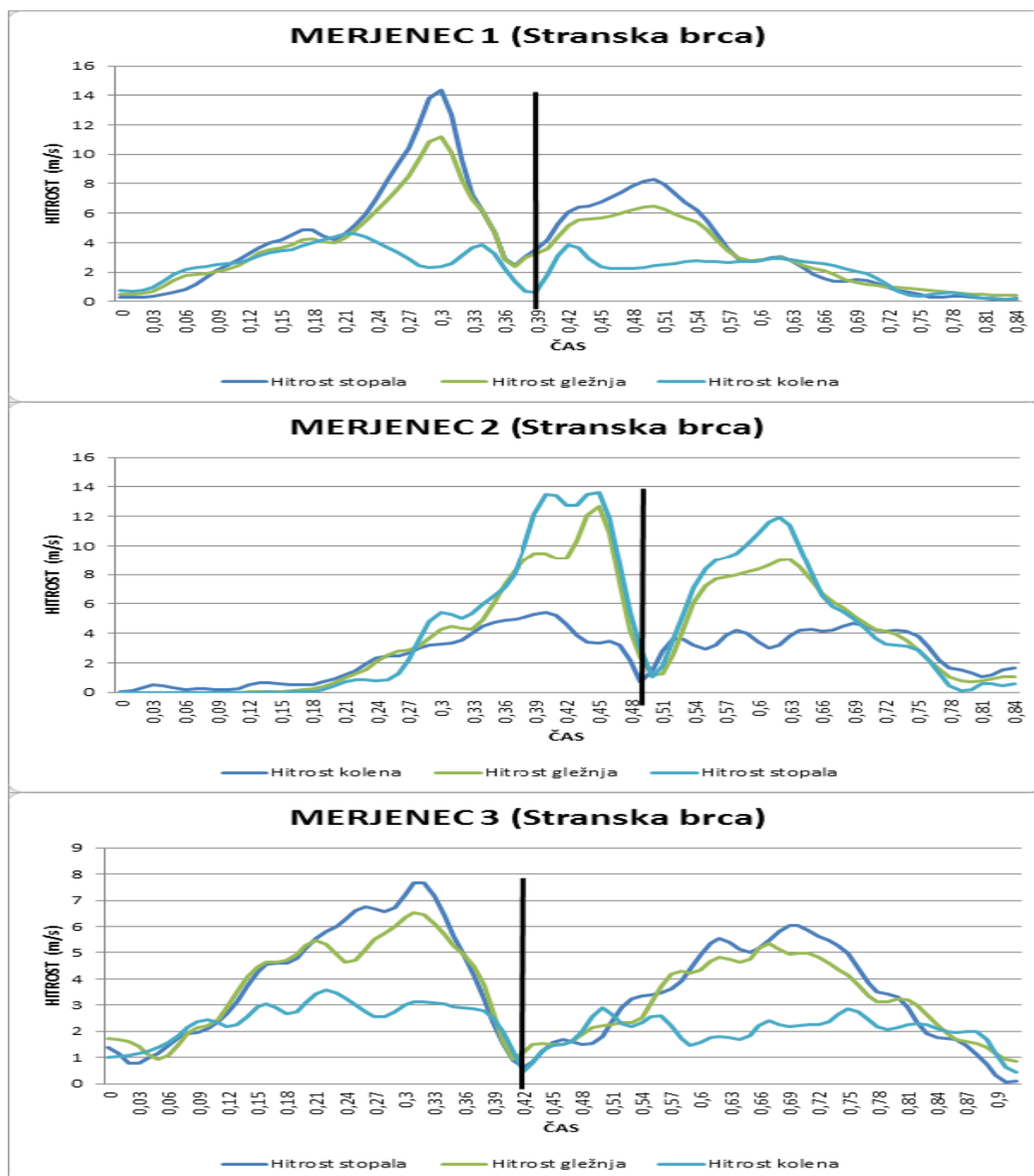
njena hitrost), s čimer bi onemogočil nasprotnikov protinapad v primeru neuspešne izvedbe napada. Na podlagi pridobljenih podatkov o hitrosti stopala, gležnja in kolena pri posameznih brcah smo preverjali resničnost te trditve (slike 12, 13 in 14).

Med izvajanjem stranske brce se na sliki 12 jasno vidi povišanje hitrosti pred zaključkom udarca. Pri zaključku udarca se opazi znatno upadanje hitrosti, nato se po zadevanju namišljene tarče spet poviša hitrost, vendar ne v tolikšni meri, kot se je povišala ob začetku udarca. Pri vseh treh merjencih je hitrost stopala dosegla najvišjo vrednost, takoj za njo pa hitrost gležnja. Hitrost kolena se ni toliko povišala, vendar se je kljub temu poviševala in zniževala na enak način. Merjenec 3 je imel pri stranski brci vse tri hitrosti počasnejše od obeh merjencev, medtem ko je imel merjenec 1 od merjenca 2 višjo le hitrost stopala. Merjenec 2 je imel višjo hitrost gležnja in kolena od obeh merjencev, kar bi lahko pomenilo, da je najhitreje izvedel dvigovanje kolena oziroma pripravo na brco, čeprav se delovanje njegovega stopala pri izvajanju brce ni razvilo v taki meri – posledično je bila hitrost brce nižja.

Podobni rezultati so se pokazali tudi pri krožni brci naprej, saj se je hitrost njenega izvajanja na začetku zviševala, pred zaključkom brce pa zniževala. Po zaključku brce se je hitrost spet nekoliko povišala. Vidna razlika med stransko brco in krožno brco naprej je v tem, da se je med izvajanjem krožne brce naprej vsaj še enkrat nekoliko znižala hitrost in nato spet zvišala. Najizraziteje se to opazi pri merjencu 3 in najmanj pri merjencu 1. K takšnim rezultatom bi lahko prispevali kompleksnejši gibi brce, ki se izvaja krožno, tako da je smer gibanja udarne noge najprej v nasprotni smeri tarče in nato v smeri tarče ter po zadetku spet v nasprotni smeri tarče in nazadnje v smeri spuščanja noge. Tako kot pri stranski brci, je stopalo doseglo najvišjo in koleno najnižjo hitrost. Merjenec 3 je imel vse tri hitrosti najnižje. Opaziti je tudi, da je hitrost kolena precej nizka med izvajanjem celotne brce z vračanjem noge v začetni položaj. V primeru, da bi se merjenec osredotočil na povišanje hitrosti kolena, bi nekoliko povišal tudi hitrost stopala in gležnja, kar bi lahko bil tudi napotek za njegov nadaljnji trening. Ostala merjenca sta imela pri hitrosti stopala podobne rezultate (nekaj več kot 14 m/s), vendar je bil merjenec 2 nekoliko hitrejši. Hitrost gležnja je bila višja pri merjencu 1 (približno 2 m/s), hitrost kolena pa pri merjencu 2 (približno 2 m/s). Če vemo, da je krožno brco naprej izvedel merjenec 2, lahko sklepamo, da je prav hitrost kolena tista, ki najbolj vpliva na hitrost celotne brce in da se v primeru njenega povišanja zviša tudi hitrost celotne izvedbe brce.

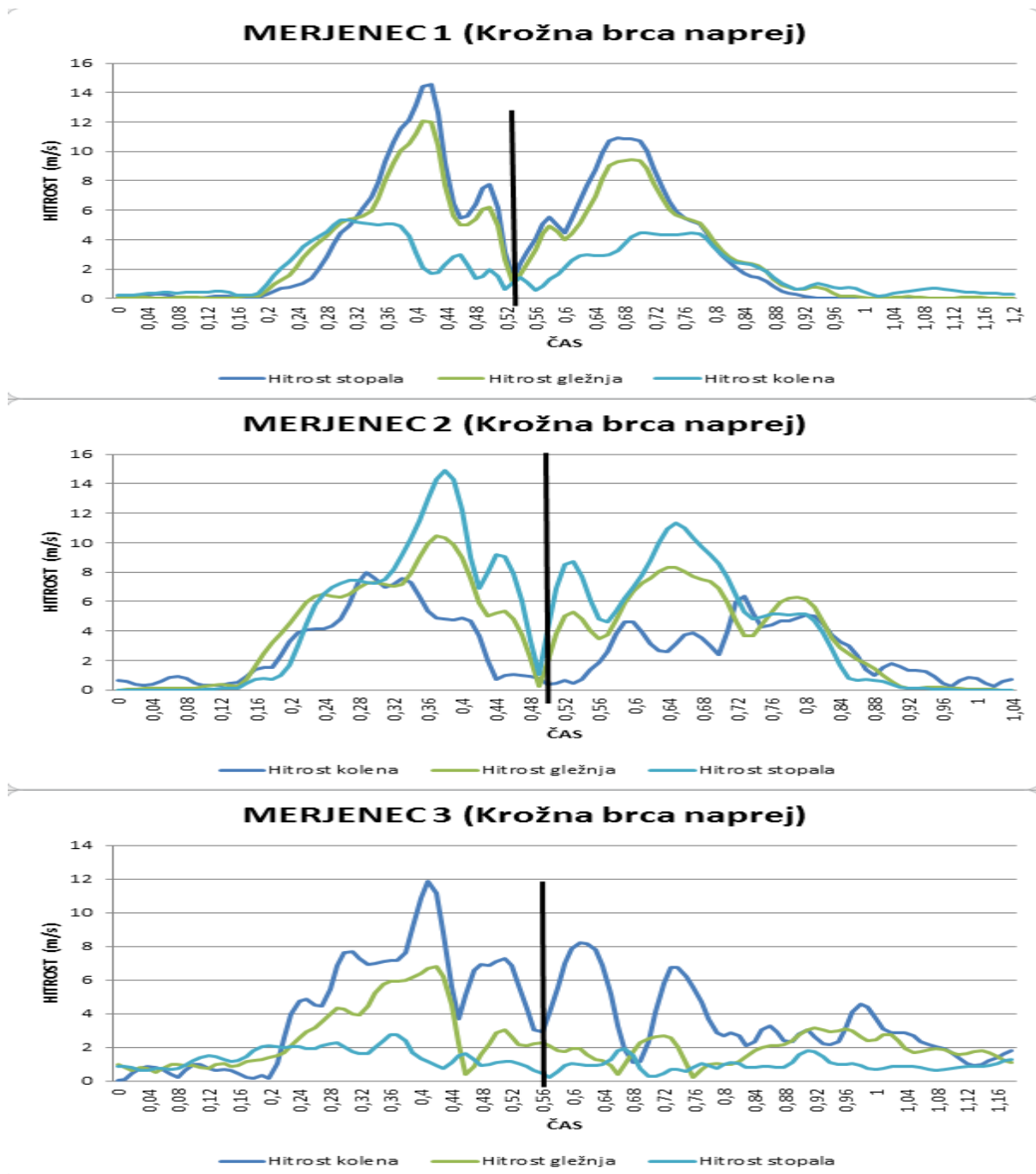
Rezultati, ki smo jih dobili pri krožni brci iz obrata, so pokazali, da se hitrost stopala, gležnja in kolena tako kot pri prejšnjih dveh brcah enako dviguje in spušča. Opaziti pa je, da se vse hitrosti nekajkrat zvišajo in znižajo pred udarcem in prav tako po udarcu. To lahko pripišemo temu, da gre za tehnično zahtevnejšo brco, pri kateri se je treba obrniti za 360° okoli svoje stojne noge. Ena izmed posebnosti je ta, da pri merjencu 3 ni zaznati opaznega zvišanja vseh treh hitrosti, kar nam lahko pove, da se je merjenec po udarcu počasi spuščal v prvoten položaj in da mu hitro vračanje v prvoten položaj ni bila prioriteta, kar bi pa v realni situaciji oziroma v borbi morala biti. Velikih razlik v hitrosti stopala ni moč zaznati, vendar se vseeno opazi, da je bil merjenec 1 nekoliko hitrejši in da je bil merjenec 3 najpočasnejši. Krožno brco iz obrata je merjenec 1 izvedel bistveno najhitreje, kar pri hitrosti stopala ni opaziti. Res je, da je bila hitrost njegovega gležnja najvišja, vendar menimo, si njegovo hitro izvedbo lahko ponovno razlagamo s hitrostjo kolena. Pri merjencu 1 je po doseganju najvišje hitrosti kolena ta nekoliko padla in se nato hitro zvišala na približno 7 m/s,

medtem ko se je pri merjencu 2 zvišala le na nekaj več kot 5 m/s, pri merjencu 3 pa se ni več zvišala nad 3 m/s. S tem lahko zaključimo, da se mora pri vseh udarcih čim dalj časa ohranjati čim višjo hitrost kolena, da lahko brco izvedemo čim hitreje.



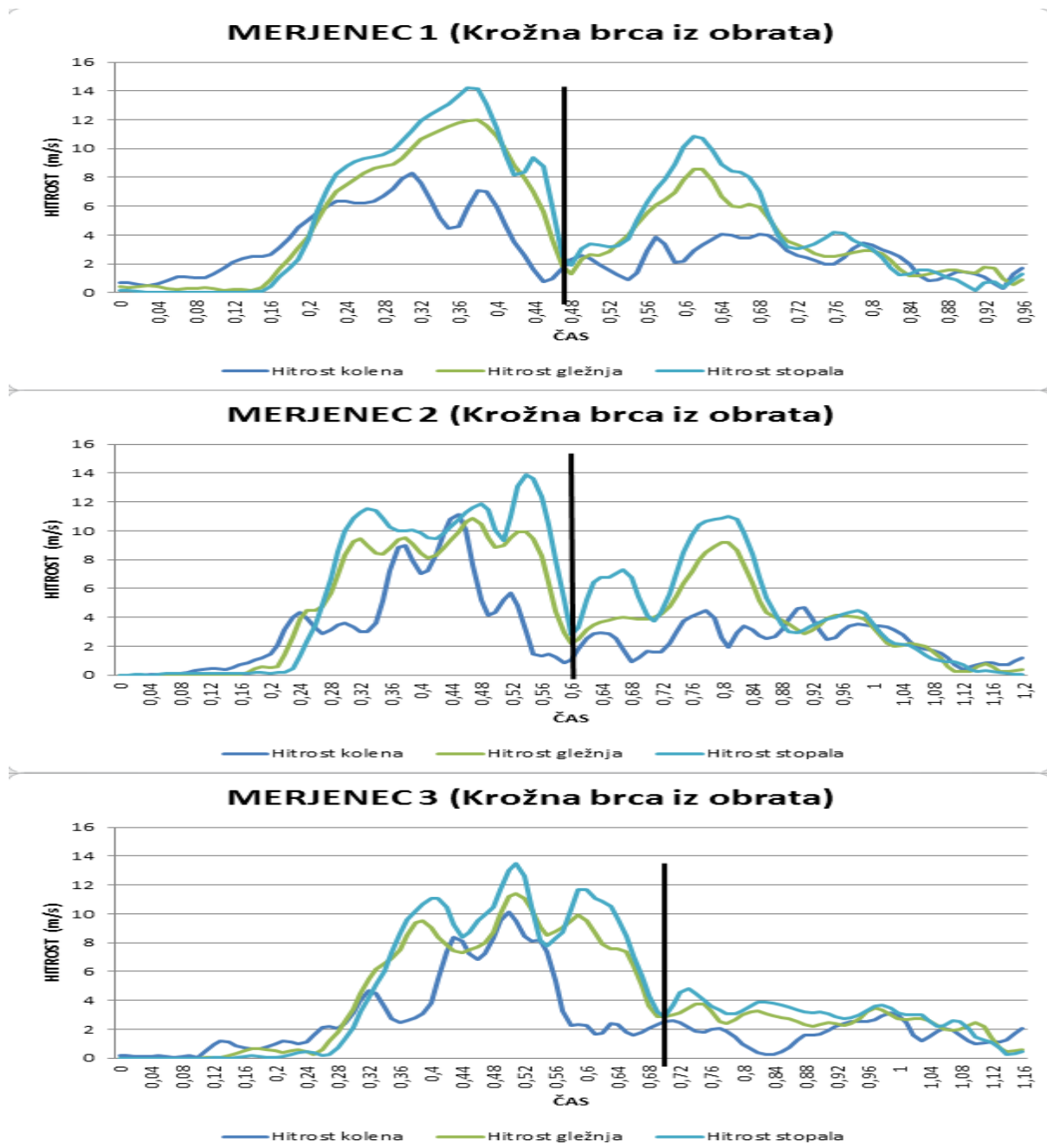
Slika 12. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem stranske brce pri vseh merjencih.

Na sliki 12 je prikazana hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem stranske brce. Pri vseh merjencih je s črno horizontalno črto označeno, kje se je brca zaključila oziroma kje naj bi zadela želen cilj.



Slika 13. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce pri vseh merjenjih.

Na sliki 13 je prikazana hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce naprej. Pri vseh merjenjih je s črno horizontalno črto označeno, kje se je brca zaključila oziroma kje naj bi zadela zelen cilj.



Slika 14. Hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce iz obrata pri vseh merjencih.

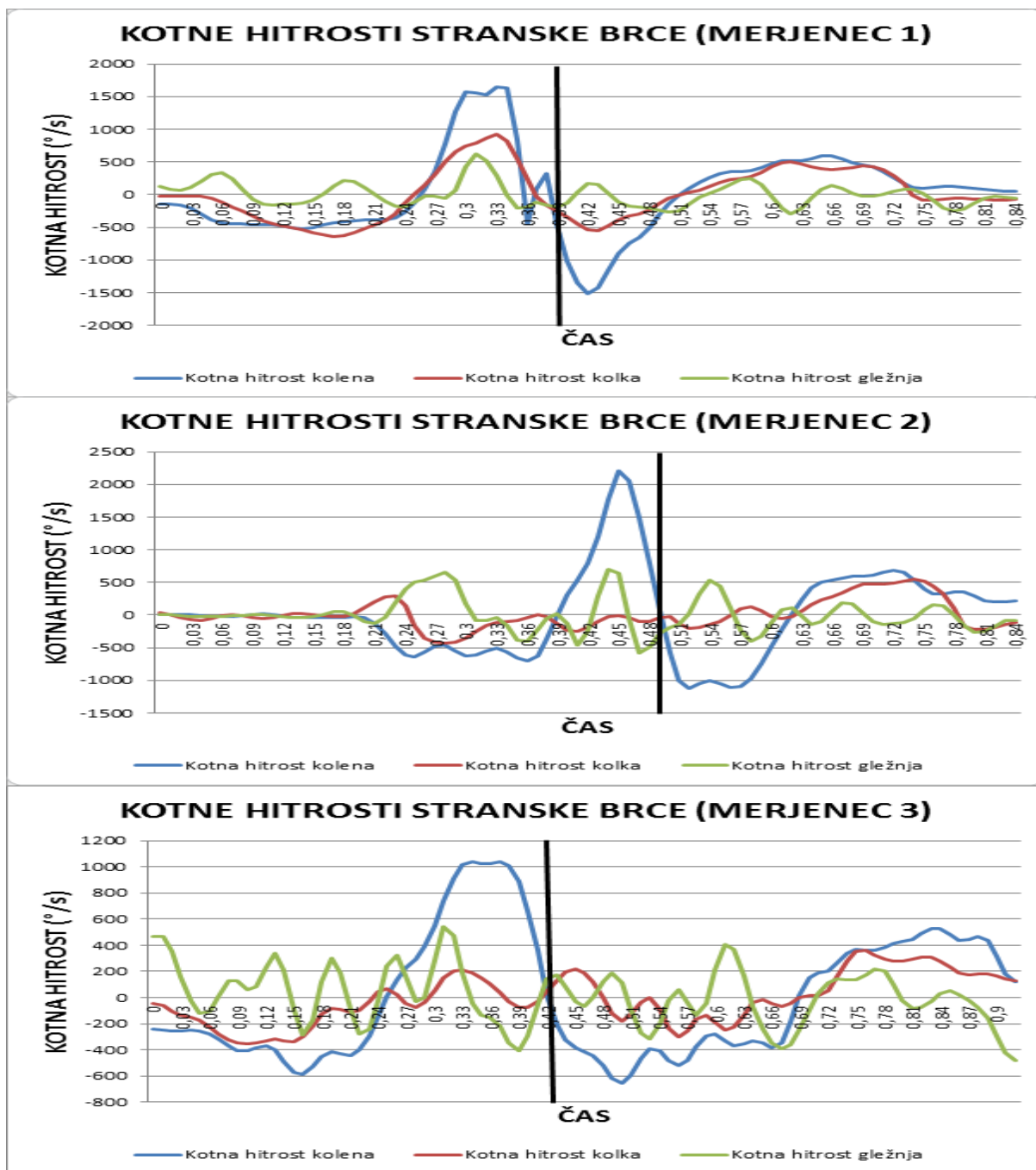
Na sliki 14 je prikazana hitrost stopala, gležnja in kolena med izvajanjem krožne brce iz obrata. Pri vseh merjencih je s črno horizontalno črto označeno, kje se je brca zaključila oziroma kje naj bi zadela želen cilj.

Zaradi kompleksnosti gibanja pri izvajanju obravnavanih brc, ki so med drugim sestavljene iz rotacije stojne noge, pri krožni brci naprej iz rotacije za 360° okoli stojne noge in nagiba telesa, moramo za njihovo boljše analizo pregledati tudi rezultate kotne hitrosti gležnja, kolena in kolka (slike 15, 16 in 17). Višja, kot je kotna hitrost sklepov, višja je hitrost udarca. V situaciji, ko zadevamo tarčo, bi morala biti kotna hitrost kolena v trenutku zadetka najvišja. V našem primeru so bili merjenci primorani zmanjšati kotno hitrost pred zaključkom brce, saj so z neznatnim

ustavljanjem naznanili, kje se je brca končala. Iz slike 15, na kateri so razvidni rezultati izvajanja stranske brce, je razvidno, da je bila kotna hitrost brce najvišja, preden se je brca zaključila in so vsi trije merjenci šele po zmanjšanju kotne hitrosti zadeli namišljeni cilj. Najvišjo kotno hitrost je doseglo koleno, kar tudi v večji meri vpliva na uspešnost izvedbe brce. Ob pogledu posnetka in slike 15 je opaziti, da je merjenec 1 ob koncu udarca opravil še odvečno krčenje in iztegovanje v kolenskem sklepu, ki se na sliki opazi kot dodatno višanje in nižanje kotne hitrosti. Najvišjo kotno hitrost kolena je imel merjenec 2, najnižjo pa merjenec 3. S slike je razvidno tudi, da je imel merjenec 1 najvišjo kotno hitrost kolka, kar je botrovalo njegovi hitri izvedbi, saj je bil med merjenci najhitrejši. Na podlagi primerjave vseh treh brc smo ugotovili, da je kotna hitrost kolena dosegla najvišjo vrednost, kotni hitrosti kolka in gležnja pa sta se nenehno prepletali, saj je bila enkrat višja ena, drugič druga.

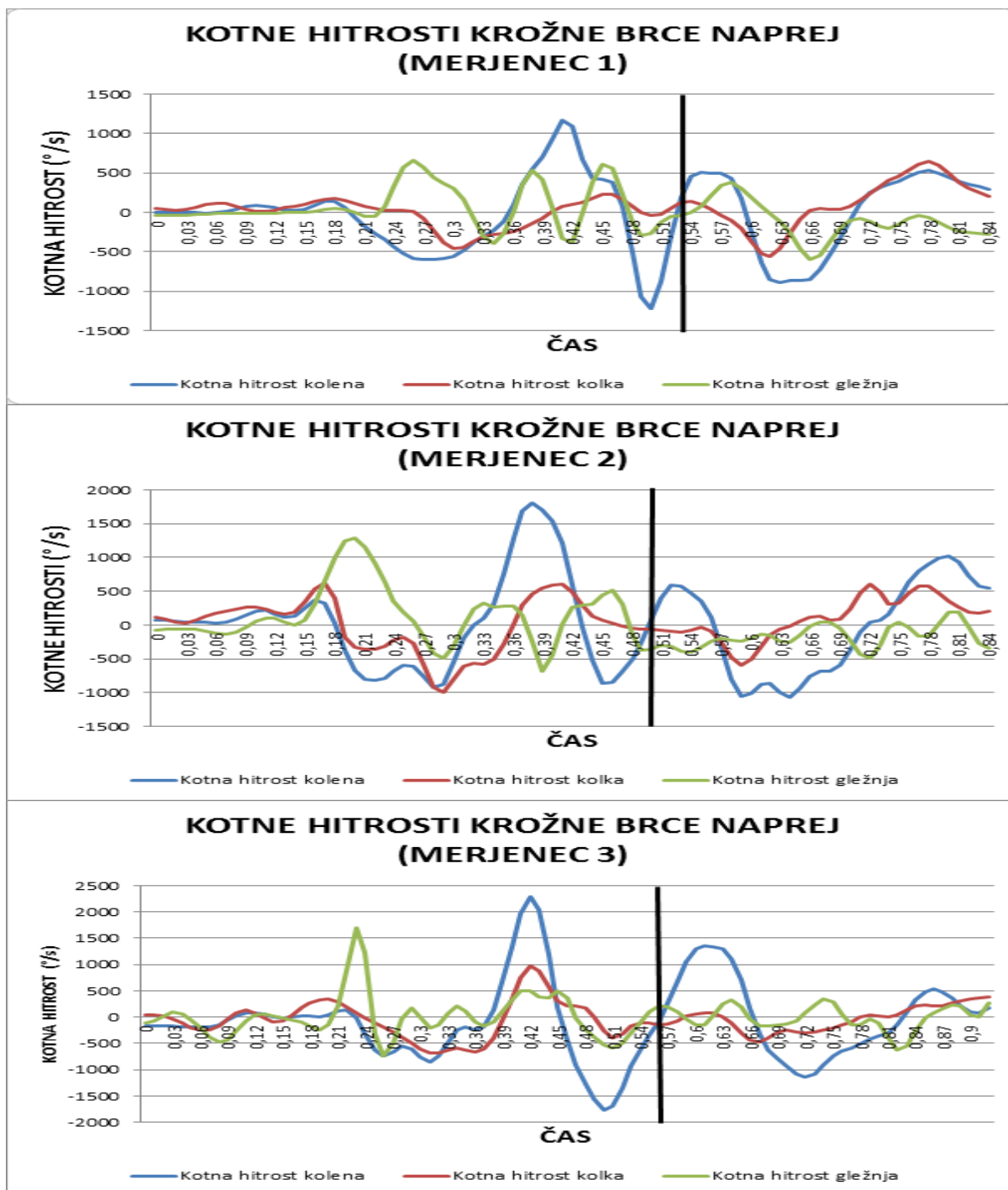
Primerjava kotnih hitrosti pri izvajanju stranske brce nas je pripeljala do ugotovitve, da je brco najhitreje izvedel tisti merjenec, ki je uspel najhitreje zmanjšati kotno hitrost kolena in po zadetku doseči najvišjo negativno hitrost kolena (krčenje kolena). Če pogledamo merjenca 1, ki je stransko brco izvedel najhitreje, opazimo, da je bila vrednost njegove kotne hitrosti kolena okrog -1500 °/s. Pri merjencu 2 je ta vrednost znašala nekaj več kot 1000 °/s in pri merjencu 3 nekaj več kot 600 °/s. Pri krožni brci naprej in krožni brci nazaj je bilo nekoliko drugače, saj je njuna mehanika gibanja nekoliko drugačna. Obe brci sta v zaključni fazi podobni, kajti pri obeh se noga najprej iztegne (pozitivna kotna hitrost kolena) in nato skrči (negativna kotna hitrost kolena) ter se nazadnje še vrača po isti poti nazaj.

Ko poznamo vse te dejavnike in pregledamo podatke, ki smo jih dobili iz meritev, pridemo do zaključka, da se udarec zaključi natanko takrat, ko preide vrednost kotne hitrosti kolena iz negativne v vrednost 0 °/s. Točno tu se gibanje v kolenskem sklepu ustavi, saj je noga zadela namišljeni cilj in se nato začne spet iztegovati po isti poti nazaj, kjer se spet spremeni predznak kotne hitrosti kolena iz negativnega v pozitivnega. Na podlagi analize vseh podatkov lahko pridemo do ugotovitve, da je najhitrejša izvedba brce tista, ki ima najnižjo negativno kotno hitrost kolena in se lahko čim prej dvigne tako, da se spremeni njen predznak. Primerjava kotnih hitrosti med izbranimi brcami nam pokaže, da so odvisne predvsem od vsakega merjenca posebej in ni nujno, da bo ob najvišji kotni hitrosti kolena neke brce najvišja tudi hitrost kolka. Merjenec 1 je imel kotno hitrost kolena najvišjo pri vseh izvedenih brcah in kljub temu ni bil pri vseh najhitrejši, vendar je imel kotno hitrost kolka pri vseh brcah bistveno nižjo. S tem rezultatom lahko predvidevamo, da je merjenec 2 nekoliko manj gibljiv v kolčnem sklepu in da so mišice ovirale razvoj višje kotne hitrosti kolka. Krožni udarec naprej je merjenec 1 izvedel počasneje kot merjenec 2, kar lahko povežemo s tem, da je bila kotna hitrost kolka pri merjencu 1 bistveno manjša.



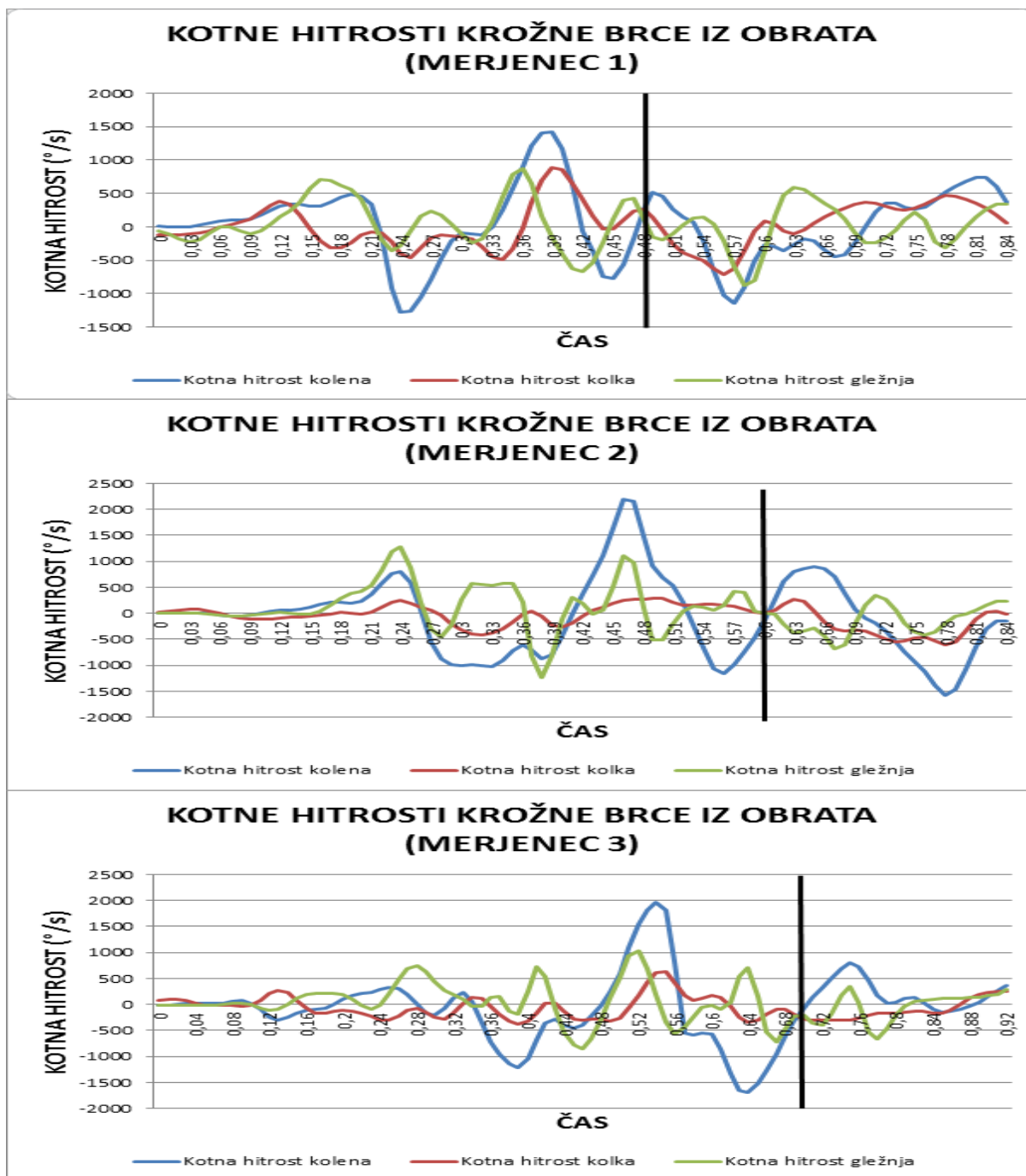
Slika 15. Kotne hitrosti stranske brce pri vseh merjencih.

S slike 15 lahko razberemo kotne hitrosti kolena, kolka in gležnja med izvajanjem stranske brce pri vseh merjencih. Horizontalna črna črta določa, kje je posamezen merjenec zaključil stransko brco.



Slika 16. Kotne hitrosti krožne brce naprej pri vseh merjencih.

S slike 16 lahko razberemo kotne hitrosti kolena, kolka in gležnja med izvajanjem krožne brce naprej pri vseh merjencih. Horizontalna črna črta določa, kje je posamezen merjenec zaključil stransko brco.



Slika 17. Kotne hitrosti krožne brce iz obrata pri vseh merjenjih.

S slike 17 lahko razberemo kotne hitrosti kolena, kolka in gležnja med izvajanjem krožne brce iz obrata pri vseh merjenjih. Horizontalna črna črta določa, kje je posamezen merjenec zaključil stransko brco.

3.2 Preverjanje hipoteze H1

Najprej smo postavili hipotezo, kjer smo predvideli, da je stranska brca najhitrejša in da je izvedena z največjim pospeškom. Predvidevali smo, da ji sledita najprej krožna brca naprej in nazadnje krožna brca iz obrata. Hipotezo smo le delno sprejeli, saj se

pospešek, ki so ga dosegli merjenci, v večji meri ne razlikuje med izbranimi nožnimi tehnikami. Časovno gledano so merjenci dobili podobne rezultate, ki bi lahko podprli hipotezo, da je stranska brca najhitrejša in da ji sledita krožna brca naprej in nato krožna brca iz obrata. Pri slednji je imel merjenec 1 hitrejši čas izvedbe, vendar moramo upoštevati, da je krožno brco naprej izvedel z nedominantno nogo.

3.3 Preverjanje hipoteze H2

V tej hipotezi nas je zanimalo, kakšna razlika je v kotni hitrosti kolka in kolena med posameznimi tehnikami. Natančneje, predpostavili smo, da bosta kotni hitrosti večji pri krožnem udarcu iz obrata, najmanjši pa pri stranski brci. To hipotezo smo ovrgli, saj sta bili kotni hitrosti enaki med izvajanjem vseh izbranih brc.

3.4 Preverjanje hipoteze H3

V tretji hipotezi smo predpostavili, da bo vse nožne tehnike najhitreje in z največjim pospeškom izvedel merjenec, ki se najdlje ukvarja s karatejem. Tudi to hipotezo smo ovrgli. Pri pospešku nismo opazili bistvenega odstopanja, le merjenec 1 je imel pri krožni brci naprej nekoliko nižji pospešek kot pri ostalih brcah, kar je lahko tudi eden od razlogov, zakaj jo je izvedel najpočasneje. Tudi, če osredotočimo na časovno izvedbo, moramo ovreči hipotezo, saj je imel merjenec, ki se najdlje ukvarja s karatejem, najslabše rezultate od vseh treh merjencev. Tu moramo omeniti, da je bil merjenec 3 najstarejši (imel je 52 let), kar je najverjetneje tudi največji razlog za njegovo počasno izvedbo, saj se motorične sposobnosti z leti slabšajo. Merjenec 1, ki se je s karatejem ukvarjal najkrajši čas, je pri stranski brci in brci iz obrata dosegel najboljši rezultat. Pri opazovanju doseganja hitrosti posameznih delov telesa je bil merjenec 1 za malenkost hitrejši, pri kotni hitrosti pa je merjenec 2 dosegel višje vrednosti.

3.5 Preverjanje hipoteze H4

Z zadnjo hipotezo smo ugotavljali, če je pospešek udarne noge višji v zadnji fazi vseh nožnih tehnik ter če je bila hitrost udarne noge najvišja tik pred zaključkom izbrane tehnike. To hipotezo bomo delno sprejeli, kajti hitrost posameznih delov udarne noge se je tik pred zaključkom udarca dvignila na najvišjo vrednost, nakar se je spet znižala. Prav tako je bila tudi kotna hitrost v sklepah udarne noge najvišja tik pred zaključkom udarca. To lahko povežemo s tem, da so merjenci izvajali tehnike namišljene tarče. V primeru, da bi brce izvajali v tarče, bi morale biti vse hitrosti najvišje v trenutku zaključka udarca.

4 Zaključek

V diplomski nalogi smo analizirali tri nožne tehnike v karateju, ki se najpogosteje uporabljajo na tekmovanjih. Zaradi obsežnosti naloge in neatraktivnosti tehnike smo izpustili polkrožno brco (mawashi-geri). Izbrali smo dve krožni brci in stransko brco, ki se izvaja bočno in se v borbi največkrat uporablja kot protinapad. Krožna brca se v borbi uporablja tako v napadu kot protinapadu ter je kot tehnika precej priljubljena in privlačna. Najatraktivnejša tehnika med izbranimi je krožna brca naprej, ki se največkrat uporablja v napadu. Krožni brci sta tehnično zelo zahtevni, saj moramo za njuno izvajanje krožiti okoli stojne noge. Pri krožni brci iz obrata se moramo obrniti za 360° in tako v enem trenutku pokazati hrbet nasprotniku. Posebnost karateja je, da njegova pravila ne dovoljujejo kontakta z nasprotnikom oziroma dovoljujejo le rahel kontakt. Zaradi tega je izvedba tehnik veliko zahtevnejša, saj morajo tekmovalci izvesti brco v maksimalni hitrosti ter tik pred želeno tarčo ustaviti udarno nogo.

Zaradi lažje analize smo določili, kje je del udarca, ki se zaključí – uporabili smo kolenski kot udarne noge. Pri stranski brci ni bilo težav, saj se udarec zaključí, ko je udarna noga iztegnjena, oziroma, ko je kolenski kot čim večji. Za določanje zaključka udarca pri krožni brci naprej in krožni brci iz obrata pa smo morali biti bolj pozorni, saj je mehanika teh brc nekoliko drugačna. Vedeli smo, da se pri njihovi udarna noga najprej iztegne in nato pokrči, tako, da izvede udarec, ko je noga pokrčena. Po udarcu se udarna noga spet iztegne v kolenu in potuje po isti poti nazaj. Ti podatki so zadostovali za določitev zaključka udarca – iskali smo najnižji kolenski kot med dvema visokima kotoma (izteg noge pred in po udarcu).

V analizo smo zajeli podatke, kot so: pospešek udarne noge, hitrost posameznih delov udarne noge in kotna hitrost udarne noge. Z analiziranjem pridobljenih podatkov smo s pomočjo kinematičnih zakonitosti ugotavljali, katera tehnika je najučinkovitejša. Poleg tega nas je zanimalo, če je čas ukvarjanja s karatejem povezan z učinkovitostjo izbrane tehnike.

Hipoteze, ki smo jih postavili, smo v večini ovrgli. Največ preglavic je povzročal pospešek, ki smo ga vključili v analizo, saj ni prinesel nobenih pomembnih ugotovitev. Vse hipoteze, ki so vključevale pospešek, so bile ovržene. Pravilno smo sklepali, da bo stranska brca najhitrejša in da ji bosta sledili najprej krožna brca naprej ter nato krožna brca iz obrata. Razlog za to so krajša pot stranske brce in kompleksnejši gibi krožnih brc. Tudi hipotezo, v kateri smo trdili, da bo hitrost posameznih delov udarne noge dosegla maksimum tik pred zaključkom udarca, smo potrdili. Zaradi izvajanja brc brez cilja so morali merjenci namreč pred zaključkom bistveno zmanjšati hitrost. Hipotezo, v kateri smo trdili, da je najhitrejši merjenec, ki se najdlje ukvarja s karatejem, smo ovrgli. Izkazalo se je namreč, da je bil najhitrejši merjenec, ki se je najmanj časa ukvarjal s karatejem, in da je bil najpočasnejši merjenec, ki se je najdlje ukvarjal s karatejem. Tukaj moramo biti pozorni tudi na starost merjencev, saj je imel najstarejši kar 52 let, kar je verjetno pripomoglo k njegovi počasnejši izvedbi. Zavreči smo morali tudi hipotezo, v kateri smo trdili, da se kotna hitrost v kolku in kolenu razlikuje med različnimi tehnikami. Podatki so pokazali, da se kotna hitrost ne spreminja z izvajanjem različnih tehnik. Četudi prihaja do sprememb v kotnih hitrostih, ni odvisna od tehnike oziroma brce, ki so jo izvajali merjenci.

Največjo težavo pri analizi izbranih nožnih tehnik smo imeli pri pospeških posameznih delov udarne noge. Sam pospešek se namreč ni pokazal kot pomembna spremenljivka pri izvajanju omenjenih tehnik. Kljub temu pa smo med raziskavo spoznali, da sta pri izvajanju izbranih nožnih tehnik najpomembnejši hitrost kolena in kotna hitrost kolena. V primeru, da se ti dve hitrosti izboljšata, se bo izboljšala tudi hitrost same brce. V raziskavi smo prišli do pomembnega spoznanja, da so med merjenjem časa od začetka do zaključka izvajanja izbrane nožne tehnike zelo majhne razlike. Največja razlika med izbranimi brcami je bila samo 0,22 sekunde, druge so bile še manjše. Če to postavimo v tekmovalno situacijo, lahko sklepamo, da je trenutek, v katerem tekmovalec napade nasprotnika, pomembnejši kot sam izbor tehnike, s katero ga bo napadel.

Raziskava, ki smo jo opravili, je porodila veliko novih idej za nadaljnje raziskovanje. Če bi se osredotočali na tekmovalni del karateja, bi lahko raziskali tudi, kako vpliva gibljivost na hitrost izvajanja tehnik karateja in če ima vpliv na kinematične zakonitosti. Nadalje bi lahko z uporabo kinematične analize ugotovili, katera tehnika je idealna in jo vpeljali v trenažni proces. V karateju obstaja veliko različnih mnenj, ki so le malo raziskana. Poleg tega bi lahko analizirali, kakšen vpliv imajo nožne tehnike na sklepe, tako stojne kot udarne noge. S takšno analizo bi poskušali ugotoviti, kje so sile v sklepih med izvajanjem nožne tehnike čim manjše. To spoznanje bi lahko omogočilo, da bi se s karatejem ukvarjali čim dlje in imeli čim manj poškodb.

5 Viri

- Bartlerr, R. (2007). *Introduction to sport biomechanics [Uvod v biomehaniko športa]*. New York: Routledge.
- Berak, M. in Cvjetan, V. (2003). *Priručnik za karate [Priročnik za karate]*. Rijeka: »Adamić«.
- Berčić, H, Tušak, M. in Karpljuk, D. (2003). *Šport, droge in zdravje odvisnikov*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Breznik, B. (1999). *Osnove tradicionalnega karateja*. Ravne na Koroškem: Ivko.
- Čamernik, J. (2007). *Primerjava nekaterih kinematičnih parametrov v startu vrhunskega sprinterja*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Hall, S. (2012). *Basic Biomechanics [Osnove biomehanike]*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc..
- Ivšek, C. in dr. Podgrajc, L. (2014). *Priročnik splošne kondicijske priprave*. Ljubljana: Center vojaških šol.
- Jelen, U. (2008). *Kinematične značilnosti sprinterskega koraka*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Kajtazi, V. (1997). *Karate*. Zagreb: Nacionalna sveučilišna biblioteka Zagreb.
- Knudson, D. (2007). *Fundamentals of biomechanics [Osnove biomehanike]*. New York: Springer Science & Business Media.
- Lukman, L. in Lukman, A. (1997). *Biomehanika sporta [Biomehanika športa]*. Beograd: Sportska akademija Beograd.
- Nishiyama, H. in Brown, C. R. (1990). *Karate the art of »empty-hand« fighting [Karate umetnost bojevanja »prazne roke«]*. North Claredon: Tuttle Publishing.
- Okazaki, T. in Stričević, M. (1984). *The textbook of modern karate [Učbenik modernega karateja]*. New York: Harper & Row, Publishers, Inc..
- Oyama, M. (1974). *Vital karate [Vitalni karate]*. Tokio: Dai Nippon Printing Co., Ltd.
- Pečko, N. (1980). *Te kwon do od početnika do crnog pojasa [te kwon do od začetnika do črnega pasa]*. Čakovec: Tiskarsko-izdavački zavod »ZRINSKI«.
- Pottle, B. in Pottle, K. (2013). *Taekwondo: a practical guide to the world's most popular martial art [Taekwondo: praktični vodnik napopularnejše borilne veščine na Svetu]*. USA: Sapphire Eye Press.

- Saulite, S., Čupriks, L. in Fedotova, V. (2010). *Kinematic structure of Taekeon-do ITFside kick [Kinematična struktura stranske brce v ITF Taekwondo-ju]*. Riga: Latvian Academy of Sport Education.
- Sodniška pravila WKF in KZS. (2015). Trbovlje: Karate zveza Slovenije.
- Tepavčević, S. (ni navedena). *Metodika karatea [Metodika karateja]*. Novi Sad: Zavod za fizičku kulturo Vojvodine.
- Ura-mawashi-geri. (2016). Pridobljeno 10. 03. 2016 z http://www.geocities.ws/jctkduk/kicking_techniques2.html.
- Ushiro-mawashi-geri. (2016). Pridobljeno 10. 03. 2016 z http://www.bushidokaratecarros.fr/Techniques/pieds/ushiro_ura_mawashi_geri_detail2.htm.
- Ušaj, A. (2003). *Osnove športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Vogrinc, S. (1996). *Karate v Sloveniji*. Ptuj: Akademija borilnih športov.
- Wasik, J. (2011). *Kinematic analysis of the side kick in Taekwon-do [Kinematična analiza stranske brce v taekwondo-ju]*. Czestochowa: Jan Dlugosz University.
- Whitte, K., Emmermacher, P. in Potenberg, J. (2007). *Movement structures of round kicks in karate [Struktura gibanja krožnih brc v karateju]*. Magdeburg: Department of Sports Science, Otto-von-Guericke-Universität magdeburg.
- Wohlin, S. G. (1989). *A biomechanical description of the Teakwondo turning hook kick [Biomehanska razlaga krožnega udarca z ного iz obrata v taekwondo-ju]*. Bozeman: Montana State University.