

ORIGINALNI NAUČNI RAD**Dejan Čokorilo¹**¹ Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Novi Sad**UDK: 796.817.26****DOI: 10.7251/SIZ0217013C****RAZLIKE U ISPOLJAVANJU MAKSIMALNOG MOMENTA SILE NATKOLENE MUSKULATURE PRI RAZLIČITIM UGAONIM BRZINAMA KOD KARATISTA****Sažetak**

Osnovni cilj istraživanja je da se utvrde razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile agonista i antagonista natkolenice, pri različitim ugaonim brzinama kod karatista različitog uzrasta i da se na osnovu tih vrijednosti izračunaju unilateralni (hamstring/kvadriceps) i bilateralni odnosi (lijeva/desna noga). Uz pomoć unilateralnih i bilateralnih odnosa se utvrđuje eventualna mišićna neravnoteža oko kolenog zgloba i između lijeve i desne noge. Nekolicina studija je pokazala da smanjen odnos u snazi zadnje i prednje lože je povezan sa povećanim brojem povreda donjih ekstremiteta, kao što su ruptura prednjih ukrštenih ligamenata, overus sindrom, povreda zadnje lože. Testiranje je izvođeno na izokinetičkom dinamometru i obuhvatalo je procjenu maksimalnog momenta sile mišića prednje i zadnje lože natkolenice, pri brzinama od 60°/s i 180°/s, pri koncentričnoj i ekscentričnoj kontrakciji. Uzorak je činilo 28 karatista, podjeljenih u tri uzrasta: kadetski, juniorski i seniorski. Rezultati istraživanja su pokazali da postoje statistički značajne razlike ($p \leq 0,05$) u varijablama maksimalnog ispoljavanja momenta sile ekstenzora i fleksora natkolenice koncentričnom i ekscentričnom kontrakcijom, pri različitim ugaonim brzinama kod svih uzrasta. Pri brzini od 180°/s vrijednosti maksimalnog momenta sile su manje. Što se tiče unilateralnog odnosa postoje statistički značajne razlike pri različitim brzinama, kod svih uzrasta. Veće vrijednosti su dobijene pri brzini od 180°/s. Između bilateralnih odnosa nema statistički značajnih razlika pri različitim brzinama kod svih uzrasta. Vrijednosti unilateralnog odnosa kod ove grupe karatista su u rasponu od 50% do 80% , što ih prema tom kriterijumu ne svrstava u grupu sportista sa povećanim rizikom. Sa druge strane vrijednosti bilateralnog odnosa u nekim uzrastima prelaze granicu od 10%, koja je uzeta kao referentna, pa se njima preporučuje da preuzmu određene mjere kako bi se to ispravilo.

Cljučne riječi: karate; izokinetika; maksimalan momenat sile; bilateralni odnos; unilateralni odnos

UVOD

Karate ili karatedo (jap. prazna ruka, odnosno put prazne ruke) je borilačka vještina, porijeklom iz Japana. U bukvalnom prevodu ,kara znači prazna, te ruka ili šaka, dakle prazna ruka, odnosno kako se odbraniti, ili boriti „bez oružja u rukama“ (Chaabene i sar., 2012). Karate zahtjeva visok nivo tehničkih vještina, finu kontrolu pokreta u statičkim i dinamičkim uslovima, zajedno sa sposobnošću izvođenja tehnike (udaraca, blokova, fintiranja, čišćenja, raznovrsnih pokreta) u najkraćem mogućem roku (Wilk i sar., 1983; Sorensen i sar., 1996; Zehr i sar., 1997; Mori i sar., 2002). Ova borilačka vještina zahtjeva dobro razvijene aerobne i anaerobne kapacitete, kao i visok nivo eksplozivne snage, brzine reakcije i snage. Karate je u današnje vrijeme jedan od najmasovnijih individualnih borilačkih sportova koji se odlikuje dvjema takmičarskim disciplinama: forme (kate) i sportska borba (kumite) (Koropanovski i sar., 2011).

Ispoljavanje maksimalnog momenta sile (peak torque) natkolene muskulature kod karatista se mjerilo izokinetičkim dinamometrom. Izokinetika je metoda angažovanja mišića u kojoj se tokom aktivnog pokreta bira konstantna brzina izvođenja, a otpor se prilagođava automatski. Za

razliku od izometrijskih vježbi, u kojima su brzina i otpor nepromjenljivi, i izotoničnih vježbi, u kojima je brzina promjenljiva, a otpor konstantan, u izokinetičkim vježbama bira se stalna brzina pokreta (dinamička brzina, 1–300°/s), uz prilagodljiv otpor. Izokinetika se upotrebljava u dijagnostičke, kao i u rehabilitacione svrhe. Izokinetički uređaji omogućavaju sportisti razvijanje maksimalne sile tokom cijelog obima pokreta uz prilagođavanje, akomodaciju otpora na bol ili zamor, zbog čega se ne može pojaviti preopterećenje mišića ili zglobnih struktura (Drid i sar., 2009). Izokinetički dijagnostički uređaji koriste se u evaluaciji trenutnog stanja lokomotornog aparata, tako da kvantitativno testiraju snagu određenih mišićnih grupa pri različitim brzinama pokreta. U testiranju ekstremiteta najčešće se koriste manje ugaone brzine za mjerenje maksimalne snage i veće ugaone brzine (uz veći broj ponavljanja) za određivanje izdržljivosti.

Izokinetičkim testiranjem se dobija: uvid u snagu pojedinih mišićnih grupa, odnos snage agonista i antagonista, bilateralno poređenje istih mišićnih grupa, količina proizvedenog rada, izdržljivost mjerena indeksom umora, obim pokreta u testiranom zglobu i drugo.

Testiranje na izokinetičkom dinamometru je obuhvatilo mišiće prednje i zadnje lože natkolenice, pri brzinama od 60°/s i 180°/s, pri koncentričnoj i ekscentričnoj kontrakciji. Jedan od osnovnih parametara koji će se koristiti u ovom radu je maksimalan momenat sile (peak torque). Maksimalni moment sile (Nm) (peak torque) predstavlja maksimalnu vrijednost rotacione sile ostvarene u toku mjerenog pokreta pri određenoj ugaonoj brzini (Jaric, 2002). Na osnovu ovog parametra će se utvrditi razlike između karatista u različitim ugaonim brzinama, kako bi se utvrdila potencijalna mišićna neravnoteža oko kolennog zgloba. Mišićna neravnoteža oko kolennog zgloba je proučavana u nekoliko studija, koje su pokazale da smanjen odnos u snazi zadnje i prednje lože je povezan sa povećanim brojem povreda donjih ekstremiteta, kao što su ruptura prednjih ukrštenih ligamenata, overus sindrom, povreda zadnje lože... (Knapik i sar., 1991; Aagard i sar., 1998). To se računa preko unilateralnog odnosa. Pored toga utvrdiće se i bilateralni odnos (lijeva i desna noga) između karatista različitog uzrasta. Dobijeni podaci na izokinetičkom dinamometru izuzetno su značajni za svakog sportistu i trenera, jer omogućavaju precizno planiranje treninga, a takođe se sprječava i veliki broj povreda.

Unilateralni odnos, t.j. odnos mišića fleksora i ekstenzora kolennog zgloba se smatra relativno dobrim pokazateljem normalne – fiziološke ravnoteže u snazi mišića antagonista kolena, ali u velikoj mjeri zavisi od brzine izokinetičkog testiranja. Za manje brzine testiranja (0°/s – 60°/s) on iznosi 50% – 60% u zavisnosti od ispitivane grupe i vrste aparata na kojem se testiranje vrši. Unilateralni odnosi (agonisti/ antagonisti) mišića natkolenice se u literaturi najčešće označavaju kao „H/Q ratio“. Odnos između agonista i antagonista može da ukaže i na slabosti određene mišićne grupe. „Konvencionalni“ odnos je najčešće opisan odnos u literaturi i on se izračunava tako što se vrijednost maksimalnog momenta sile koncentrične kontrakcije mišića zadnje lože podijeli sa vrijednosti maksimalnog momenta sile koncentrične kontrakcije mišića prednje lože natkolenice (H/Q_{CONV}). Međutim, smatra se da je relevantniji „funkcionalni“ odnos (H/Q_{FUNC}). Da bi se funkcionalni odnos izračunao, odnos vrijednosti maksimalnog momenta sile ekscentrične kontrakcije mišića zadnje lože buta se podijeli sa koncentričnom vrijednošću maksimalnog momenta četvoroglavog mišića natkolenice. Na taj način se procjenjuje relativna sposobnost mišića zadnje lože buta da djeluju ekscentričnom kontrakcijom i na taj način stabilizuju koleno, što je situacija koja se često sreće u sportskim aktivnostima (Ayala i sar., 2012). Većina autora za referentne vrijednosti konvencionalnog odnosa između zadnje i prednje lože natkolenice uzima vrijednosti od 50% do 80%. (Andrade i sar., 2012). Prema Ayali i saradnicima funkcionalni odnos između zadnje i prednje lože natkolenice manji od 0.6 – 1.7 puta povećava rizik od povrede zadnje lože. Funkcionalni odnos od 0,7 do 1 je prihvaćen kao dovoljna dinamička stabilnost. Odnos 1:1 je prihvaćen kao referentna vrijednost.

Što se tiče bilateralnog odnosa u jednoj od studija, mišićnoskeletne abnormalnosti mišića su definisane kao bilateralni disbalans snage četvoroglavog mišića buta i mišića zadnje lože buta veći od 10% (Rahnama i sar., 2005). Knapik i saradnici sa druge strane su bilateralni disbalans između zadnje i prednje lože definisali kao sve vrijednosti koje su veće od 15%.

Skaton-Silva i sar. (2012) su u istraživanju procjene mišićne efikasnosti dominantnih i nedominantnih ekstremiteta dobili rezultate da je disbalans između mišića agonista i antagonista (za zglobove koljena i lakta) manji od 10%, te je grupa autora zaključila da svakodnevno vježbanje karatea ne dovodi do bilateralne asimetrije donjih niti gornjih ekstremiteta, koja se dovodi u vezu sa rizikom od nastanka povreda. Probst i sar. (2007) su istraživali fleksibilnost i snagu donjih ekstremiteta (mišićni balans agonista i antagonista) i stabilnost koljena pri izvođenju specifičnih nožnih tehnika karatista, uz pretpostavku negativnih posljedica pri opterećenjima nožne muskulature i zglobova u samom izvođenju specifičnih karate stavova, kretanja i nožnih tehnika i povećanog rizika od nastanka povreda koljena. Zaključivši da je karate trening, doveo do povećanja snage kvadricepsa i kraćeg vremena aktivacije bez rizika od povrede kolena, kao i da se određeni aspekti karate treninga, kao što je prednji direktni udarac nogom (Mae-geri), može implementirati u aktivnosti drugih sportova, posebno onih gde je neophodna snaga kvadricepsa i kratko vrijeme aktivacije. Rezultati ovih istraživanja govore u prilog tome što se u karateu podjednako zastupaju sva četiri ekstremiteta. Rezultati testova fleksibilnosti, koji su procjenjivali fleksiju i ekstenziju koljena, kuka, i skočnog zgloba, kao i njihovu rotaciju, između karatista i kontrolne grupe, govore u prilog da je fleksibilnost važna komponenta mnogih sportova, pa tako i karatea (zbog velikih amplituda džodan nožnih udaraca). Međutim, ono što je iznenađujuće je da su u istom istraživanju dobijeni parametri ostalih testova fleksibilnosti donjih ekstremiteta, a pogotovu zadnje lože, bili lošiji od kontrolne grupe.

Problem istraživanja predstavlja analizu razlika u ispoljavanju maksimalnog momenta sile natkolene muskulature pri različitim ugaonim brzinama kod karatista. Predmet istraživanja će biti ispoljavanje maksimalnog momenta sile natkolene muskulature kod karatista. Osnovni cilj istraživanja je da se utvrde razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile agonista i antagonista natkolenice, pri različitim ugaonim brzinama kod karatista različitog uzrasta i da se na osnovu tih vrijednosti izračunaju unilaterelni (hamstring/kvadriceps) i bilateralni odnosi (lijeva/desna noga). Na temelju osnovnog cilja definisani su parcijalni ciljevi:

1. Utvrditi razlike u unilaterelnom odnosu (hamstring/kvadriceps), pri različitim ugaonim brzinama u ispoljavanju maksimalnog momenta sile natkolene muskulature između karatista različitog uzrasta.

2. Utvrditi razlike u bilateralnom odnosu (lijeva/desna noga), pri različitim ugaonim brzinama u ispoljavanju maksimalnog momenta sile natkolene muskulature između karatista različitog uzrasta.

METOD

Uzorak ispitanika čini 28 karatista kadetskog, juniorskog i seniorskog uzrasta podijeljenih u 3 grupe i to: 9 karatista seniora ($24,1 \pm 3,72$ godina); 9 karatista juniora ($17,6 \pm 0,84$ godina); 10 karatista kadeta ($15,85 \pm 0,69$ godina); Svi ispitanici su aktivni takmičari, osvajači medalja na državnim i međunarodnim takmičenjima. Sva mjerenja su sprovedena u skladu sa etičkim pravilima i svakom ispitaniku koji je učestvovao u mjerenjima predstavljeno je objašnjenje istraživanja i predviđeni postupak mjerenja.

Za testiranje izokinetičke snage mišića prednje i zadnje lože natkolenice, koristio se HUMAC NORM izokinetički dinamometar. Prije svakog testiranja aparat je bio kalibrisan. Aparat je tokom testiranja bilježio sljedeće vrijednosti: maksimalan momenat sile (*peak torque*), *peak torque* kao procenat tjelesne mase, maksimalan rad i ukupni rad kao procenat tjelesne mase. Isti postupak se izvodio za lijevu i desnu nogu (Madsen i sar., 1996; Gleeson i sar., 1996). Obim pokreta ispitivanog ekstremiteta iznosio je 90 stepeni. Ista osoba je sprovedila instruktažu ispitanika prije testiranja, i mjerenje.

U istraživanju su se koristili sledeći izokinetički parametri:

- Maksimalan moment sile koncentričnom kontrakcijom ekstenzora desne noge (KE-D);
- Maksimalan moment sile koncentričnom kontrakcijom ekstenzora lijeve noge (KE-L);
- Maksimalan moment sile koncentričnom kontrakcijom fleksora natkolenice desne noge

- (KF-D);
- Maksimalan moment sile koncentričnom kontrakcijom fleksora lijeve noge (KF-L);
 - Maksimalan momenat sile ekscentričnom kontrakcijom fleksora desne noge (EF-D);
 - Maksimalan momenat sile ekscentričnom kontrakcijom fleksora lijeve noge (EF-L);
 - Bilateralni odnos ekstenzora lijeve i desne noge (KE-L/KE-D);
 - Bilateralni odnos fleksora lijeve i desne noge (KF-L/KF-D);
 - Konvencionalni odnos fleksora i ekstenzora desne noge (H/QCONV-D);
 - Konvencionalni odnos fleksora i ekstenzora lijeve noge (H/QCONV-L);
 - Funkcionalni odnos fleksora i ekstenzora desne noge (H/QFUNC-D);
 - Funkcionalni odnos fleksora i ekstenzora lijeve noge (H/QFUNC-L);

Nakon standardizovanog zagrijavanja učesnici su sjedali na izokinetički dinamometar, kako bi izmjerili snagu fleksora i ekstenzora kolena za svaku nogu. Kako bi se upoznali sa protokolom radili su po 3 ponavljanja, koja su trebala da iznose 50%, 70% i 90% od njihovog maksimuma. Obim pokreta je podešen na 90°. Standardizovani protokol koji se koristio je da se svaka noga testira 4 puta (maksimalne kontrakcije) na ugaonoj brzini od 60°/s i 180°/s (ekstenzija i fleksija) (Drid i sar.,2009). Učesnici su dobili odgovarajući odmor između testova (>2 min.) kako bi se neutralisale posljedice zamora. Aparat je tokom testiranja bilježio sljedeće vrijednosti: *peak torque*, *peak torque* kao procenat tjelesne mase, maksimalan rad i ukupni rad kao procenat tjelesne mase. Isti postupak se izvodio za lijevu i desnu nogu (Madsen i sar.,1996; Gleeson i sar., 1996). Za obradu podataka u ovom istraživanju se koristi statistički program IBM Statistical Package for Social Science (SPSS), verzija 20.0. Da bismo utvrdili da li postoje statistički značajne razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile pri različitim ugaonim brzinama kod karatista različitog uzrasta koristila se univarijantna analiza varijanse (ANOVA). Za utvrđivanje razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile kod karatista u odnosu na različite ugaone brzine koristio se T test za zavisne uzorke. Nivo statističke značajnosti je postavljen na $p \leq 0,05$.

REZULTATI

Tabela 1. Univarijantna analiza varijanse varijabli između različitih uzrasta karatista, pri brzini od 60°/s

Varijable	Kadeti	Juniori	Seniori	F	P
	AS±SD	AS±SD	AS±SD		
KE-D	147,80±37,16	188,78±30,57 ^{*aa}	212,78±34,53 ^{*aa}	8,757	0,001
KE-L	137,90±34,48	183,00±37,58 ^{*aa}	215,78±35,59 ^{*aa *bb}	11,333	0,000
KF-D	98,60±26,04	126,67±9,34 ^{*aa}	145,67±22,65 ^{*aa *bb}	12,258	0,000
KF-L	89,70±25,34	125,33±13,96 ^{*aa}	143,44±34,27 ^{*aa}	10,691	0,000
EF-D	109,60±25,62	150,78±33,38 ^{*aa}	165,67±49,23 ^{*aa}	5,917	0,008
EF-L	103,90±23,48	156,11±25,56 ^{*aa}	175,11±52,82 ^{*aa}	10,038	0,001
KE-L/KE-D	10,08±7,92	10,73±9,25	7,33±6,63	0,461	0,636
KF-L/KF-D	13,15±9,84 ^{tb}	5,81±5,52	11,20±6,50	2,311	0,120
H/QCONV-D	66,93±8,31	68,68±12,68	68,85±7,00	0,118	0,889
H/QCONV-L	65,18±8,48	70,13±10,90	66,59±12,02	0,552	0,583
H/QFUNC-D	76,63±17,61	81,00±18,48	77,21±17,99	0,160	0,853
H/QFUNC-L	78,10±17,22	86,88±13,95	79,88±16,76	0,771	0,473

Legenda: ^{*aa} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na kadete; ^{*bb} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na juniore; ^{*cc} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na seniore.

U tabeli 1. su prikazani rezultati maksimalnog momenta sile natkolene muskulature pri ugaonoj brzini od 60°/s za karatiste različitog uzrasta. Preko Kolmogorov-Smirnov testa je zaključeno da nema statistički značajnih odstupanja od normalne distribucije, što u daljoj obradi podataka dopušta korištenje parametrijskih tehnika. Iz tabele se može zaključiti da postoji statistički značajna razlika između karatista različitog uzrasta ($p \leq 0,05$) u prvih šest varijabli maksimalnog ispoljavanja sile. Razlike između uzrasta su računane preko „LSD Post Hoc“ metode. U prvih šest

varijabli postoji statistički značajna razlika između karatista seniora i karatista kadeta, u korist seniora. Što se tiče odnosa seniora i juniora statistički značajna razlika postoji u varijabli maksimalno ispoljavanje momenta sile koncentričnom kontrakcijom ekstenzora lijeve noge (KE-L) i u varijabli maksimalno ispoljavanje momenta sile koncentričnom kontrakcijom fleksora desne noge (KF-D). Bolje prosječne rezultate ostvaruju seniori. U odnosu juniora i kadeta statistički značajna razlika postoji u prvih šest varijabli i to u korist juniora.

U varijablama koje se odnose na bilateralne, unilateralne i funkcionalne odnose nema statistički značajne razlike među grupama, osim u varijabli bilateralni odnos fleksora lijeve noge (KF-L/KF-D) između kadeta i juniora. Veću asimetriju imaju kadeti.

Tabela 2. Univarijantna analiza varijanse varijabli između različitih uzrasta karatista, pri brzini od 180°

Varijable	Kadeti	Juniori	Seniori	F	P
	AS±SD	AS±SD	AS±SD		
KE-D	98,30 ±22,70	118,67±21,89 ^{*aa}	137,11±20,270 ^{*aa}	7,609	0,003
KE-L	94,10± 22,69	122,78±16,12 ^{*aa}	133,89±23,640 ^{*aa}	9,038	0,001
KF-D	(Nm) 75,60±16,12	90,78±10,94 ^{*aa}	102,33±16,06 ^{*aa}	7,982	0,002
KF-L	73,20±15,85	94,89±11,37 ^{*aa}	102,44±23,30 ^{*aa}	7,237	0,003
EF-D	119,30±23,77	144,00±32,77	159,22±59,54 ^{*aa}	2,306	1,210
EF-L	114,50±31,01	165,11±37,05 ^{*aa}	176,11±64,28 ^{*aa}	4,930	0,016
KE-D/KE-L	9,13±5,65	7,23±5,63	7,82±5,97	0,274	0,763
KF-D/KF-L	9,94±6,52	4,81±6,10	9,48±7,73	1,599	0,222
H/QCONV-D	(%) 77,44±6,28	78,40±15,16	74,87±8,21	0,274	0,762
H/QCONV-L	78,91±10,20	78,30±12,11	76,64±11,57	0,101	0,904
H/QFUNC-D	123,83±21,68	122,95±27,48	116,16±40,90	0,172	0,843
H/QFUNC-L	123,72±23,50	135,27±27,11	131,02±45,59	0,297	0,746

Legenda: ^{*aa} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na kadete; ^{*bb} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na juniore; ^{*cc} – statistički značajna razlika ($p \leq 0,05$) u odnosu na seniore.

U tabeli 2. su prikazani rezultati maksimalnog momenta sile natkolene muskulature pri ugaonoj brzini od 180°/s kod karatista različitog uzrasta. Putem Kolmogorov-Smirnov testa je zaključeno da ni u jednoj od varijabli nema statistički značajnog odstupanja od normalne distribucije, što omogućava dalje manipulisanje podacima uz pomoć parametrijskih tehnika. Na osnovu tabele 2. se vidi da od šest varijabli koje se odnose na ispoljavanje maksimalnog momenta sile, samo u varijabli maksimalan momenat sile ekscentričnom kontrakcijom desne noge (EF-D) ne postoji statistički značajna razlika između grupa. U svih šest varijabli postoji statistički značajna razlika između seniora i kadeta i to u korist seniora. Između juniora i kadeta postoji statistički značajna razlika u varijablama maksimalan moment sile ekstenzora koncentričnom kontrakcijom desna i lijeva noga (KE-D, KE-L), maksimalan momenat sile fleksora koncentričnom kontrakcijom desna i lijeva noga (KF-D, KF-L) i maksimalan momenat sile fleksora ekscentričnom kontrakcijom lijeva noga (EF-L). Razlika je u korist juniora. U varijabli maksimalan momenat sile fleksora ekscentričnom kontrakcijom desna noga (EF-D) nema statistički značajnih razlika između juniora i kadeta. Između seniora i juniora ne postoji statistički značajna razlika u prvih šest varijabli.

U varijablama bilateralni, unilateralni i funkcionalni odnosi ne postoji statistički značajna razlika između seniorskih, juniorskih i kadetskih karatista

Tabela 3. Značajnost razlika između brzina 60°/s i 180°/s kod kadeta

Varijable	AS ₁ ±SD ₁	AS ₂ ±SD ₂	T	P
KE-D	147,80±37,16	98,30 ±22,70	9,142	0,000
KE-L	137,90±34,48	94,10± 22,69	9,073	0,000
KF-D	98,60±26,04	75,60±16,12	4,993	0,001
KF-L	89,70±25,34	73,20±15,85	4,337	0,002
EF-D	109,60±25,62	119,30±23,77	-1,851	0,097
EF-L	103,90±23,48	114,50±31,01	-1,636	0,136
KE-D/KE-L	10,08±7,92	9,13±5,65	0,346	0,737
KF-D/KF-L	13,15±9,84	9,94±6,52	0,829	0,429
H/QCONV-D	66,93±8,31	77,44±6,28	-8,241	0,000
H/QCONV-L	65,18±8,48	78,91±10,20	-5,697	0,000
H/QFUNC-D	76,63±17,61	123,83±21,68	-11,472	0,000
H/QFUNC-L	78,10±17,22	123,72±23,50	-7,616	0,000

U tabelama (3,4,5). su prikazane razliku u varijablama između brzina 60°/s i 180°/s kod kadeta, juniora i seniora posebno. U sve tri tabele, odnosno kod sva tri uzrasta se pojavljuje isti trend statističke značajnosti razlika. Prvih šest varijabli se odnosi na ispoljavanje maksimalnog momenta sile natkolene miškulature i na osnovu vrijednosti p vidimo da postoje statistički značajna razlika u prve četiri varijable, odnosno pri maksimalnom ispoljavanju momenta sile fleksora i ekstenzora koncentričnom kontrakcijom za obe noge (KE-D, KE-L, KF-D, KF-L). Veće vrijednosti se ostvaruju pri brzini od 60°/s.. U varijablama ispoljavanja maksimalnog momenta sile fleksora ekscentričnom kontrakcijom (EF-D, EF-L) nema statistički značajnih razlika.

Što se tiče procentualnih vrijednosti u varijablama bilateralni odnosi ekstenzora i fleksora lijeve i desne noge (KE-L/KE-D, KF-L/KF-D) nema statistički značajnih razlika. Kod varijabli unilateralni odnos, za obe noge (H/QCONV-D, H/QCONV-L) i funkcionalni odnos, za obe noge (H/QFUNC-D, H/QFUNC-L) postoji statistički značajna razlika. Veće procentualne vrijednosti se ostvaruju pri brzini od 180°/s.

Tabela 4. Značajnost razlika između brzina 60°/s i 180°/s kod juniora

Varijable	AS ₁ ±SD ₁	AS ₂ ±SD ₂	T	p
KE-D	188,78±30,57	118,67±21,89	10,479	0,000
KE-L	183,00±37,58	122,78±16,12	6,104	0,000
KF-D	126,67±9,34	90,78±10,94	9,694	0,000
KF-L	125,33±13,96	94,89±11,37	7,934	0,000
EF-D	150,78±33,38	144,00±32,77	0,547	0,599
EF-L	156,11±25,56	165,11±37,05	-1,715	0,125
KE-D/KE-L	10,73±9,25	7,23±5,63	1,214	0,259
KF-D/KF-L	5,81±5,52	4,81±6,10	0,360	0,728
H/QCONV-D	68,68±12,68	78,40±15,16	-3,145	0,014
H/QCONV-L	70,13±10,90	78,30±12,11	-2,750	0,025
H/QFUNC-D	81,00±18,48	122,95±27,48	-3,802	0,005
H/QFUNC-L	86,88±13,95	135,27±27,11	-5,876	0,000

Tabela 5. Značajnost razlika između brzina 60°/s i 180°/s kod seniora

Varijable	AS ₁ ±SD ₁	AS ₂ ±SD ₂	T	P
KE-D	212,78±34,53	137,11±20,270	13,079	0,000
KE-L	215,78±35,59	133,89±23,640	14,417	0,000
KF-D	145,67±22,65	102,33±16,06	8,955	0,000
KF-L	143,44±34,27	102,44±23,30	8,398	0,000
EF-D	165,67±49,23	159,22±59,54	0,479	0,645
EF-L	175,11±52,82	176,11±64,28	-0,061	0,953
KE-D/KE-L	7,33±6,63	7,82±5,97	0,191	0,854
KF-D/KF-L	11,20±6,50	9,48±7,73	0,556	0,593
H/QCONV-D	68,85±7,00	74,87±8,21	-2,331	0,048
H/QCONV-L	66,59±12,02	76,64±11,57	-4,662	0,002
H/QFUNC-D	77,21±17,99	116,16±40,90	-3,339	0,010
H/QFUNC-L	79,88±16,76	131,02±45,59	-3,610	0,007

DISKUSIJA

Testiranje na izokinetičkom dinamometru, već duži niz godina predstavlja najrelevantniju metodu za testiranje mišićnih disbalansa između agonista i antagonista i između različitih nogu. Tako dobijeni podaci su izuzetno značajni za svakog sportistu i trenera, jer omogućavaju precizno planiranje treninga, a takođe se sprječava i veliki broj povreda, koje su najveća opasnost današnjeg sporta. Izokinetičko testiranje bi trebalo višekratno sprovoditi u različitim fazama godišnjeg ciklusa treninga. Tako se na osnovu dobijenih rezultata trenažni procesi mogu usmjeriti na ciljano poboljšanje snage i jačanje slabijih tačaka (bolja uspješnost u pojedinom sportu).

Iz rezultata se može zaključiti da postoje statistički značajne razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile kod karatista različitog uzrasta i pri brzini $60^\circ/\text{s}$ i pri brzini $180^\circ/\text{s}$. Najizraženije razlike su između seniorskog i kadetskog uzrasta, što je i očekivano jer je velika razlika u godinama, pa je vrijednost ispoljavanja maksimalnog momenta sile u svih šest varijabli, pri obe brzine statistički značajna u korist seniora. Slična je situacija i u poređenju razlika juniora i kadeta gdje je u svih šest varijabli pri brzini od $60^\circ/\text{s}$ vrijednost maksimalnog ispoljavanja sile statistički značajna u korist juniora, dok je pri brzine od $180^\circ/\text{s}$ to slučaj sa četiri od šest varijabli. Razlog zbog čega je to možda tako jeste da kadeti nisu još dosegli punu zrelost i da njima tek predstoji senzitivni period za razvoj maksimalne sile, koji je prema Gužalovskom između 16 i 18 godine. Statistički značajne razlike postoje u manjem broju varijabli između seniora i juniora, što nam govori da su njihovi rezultati dosta slični.

Za prvih šest varijabli koje su vezane za maksimalno ispoljavanje momenta sile kod svih uzrasta karatista postoje statistički značajne razlike i kod fleksora i kod ekstenzora pri različitim ugaonim brzinama. Vrijednosti maksimalnog momenta sile pri manjim ugaonim brzinama ($60^\circ/\text{s}$) su veće, dok su pri većim ugaonim brzinama ($180^\circ/\text{s}$) vrijednosti maksimalnog momenta sile manje. Ova zakonitost nam je poznata i kao Hilova kriva. To se poklapa sa istraživanjima Daneshjoo i sar. (2013) i Kofotolisa i sar. (2007).

Što se tiče bilateralnog odnosa u jednoj od studija, je definisan kao disbalans snage između dvije noge veći od 10% (Rahnama i sar., 2005). Naravno upoređuje se iste grupe mišića (ekstenzori sa ekstenzorima, fleksori sa fleksorima). Procena bilateralne asimetrije u snazi mišića donjih ekstremiteta je od izuzetne važnosti, kako zbog pravilne primjene prevencije od povreda tako i zbog samog učinka na takmičenju. U ovom radu vrijednosti bilateralne asimetrije pri brzini od $60^\circ/\text{s}$ uglavnom prelaze 10%, što je uzeto za referentnu vrijednost. Sa druge strane vrijednosti bilateralne asimetrije kod ekstenzora i fleksora pri brzini od $180^\circ/\text{s}$ su ispod 10%. Ovo je brzina koja je približnija takmičarskoj i daje relevantnije rezultate u odnosu na brzinu od $60^\circ/\text{s}$. Naravno, ne može se povući gruba crta u procentima, tako da svakako treba preduzeti određenje mjere kako bi se ovaj disbalans ispravio. Za ispravljanje disbalansa Drid i sar. (2009) preporučuju proprioceptivni trening.

Unilateralni odnos između agonista i antagonista se koristi za ispitivanje funkcionalne sposobnosti, stabilnosti kolena i mišićne ravnoteže između hamstringa i kvadricepsa tokom različitih pokreta (Aagard i sar., 1998). Ukoliko je hamstring previše slab, povećana je mogućnost povrede ACL ligamenata, jer oni imaju zajedničku funkciju stabilizovanja kolena. Razlikujemo konvencionalni i funkcionalni odnos.

„Konvencionalni“ odnos je najviše opisan odnos u literaturi i on se izračunava tako što se vrijednost maksimalnog momenta sile koncentrične kontrakcije mišića zadnje lože podijeli sa vrijednosti maksimalnog momenta sile koncentrične kontrakcije mišića prednje lože buta (H/Q_{CONV}). Većina autora za referentne vrijednosti konvencionalnog odnosa između zadnje i prednje lože buta uzima vrijednosti od 50% do 80%. (Andrade i sar., 2012). U ovom istraživanju vrijednosti konvencionalnog odnosa za brzinu od $60^\circ/\text{s}$ su $67,66\% \pm 9,8\%$, dok su za brzinu od $180^\circ/\text{s}$ $77,46\% \pm 10,53\%$. Ove vrijednosti su u granicama normale, što znači da ova grupa karatista, prema ovom parametru nema povećan rizik od povreda. Ovakve rezultate za konvencionalni odnos su dobili i Probst i sar. (2007).

Kada se uporedi konvencionalni odnos pri različitim brzinama, dobiju se statistički značajne razlike u svim uzrastima. Pri ugaonoj brzini od $180^\circ/\text{s}$ vrijednosti konvencionalnog odnosa su veće, nego pri brzini od $60^\circ/\text{s}$. Ovi rezultati se poklapaju sa istraživanjem Hewetta i sar. (2008). Oni

smatraju da do ove pojave dolazi jer pri većim brzinama pokreta tokom sjedenje otvoreni kinetički lanac zamaha tibie prouzrokuje povećanu aktivaciju mišićnih vlakana zadnje lože, što dovodi do zaustavljanja pokreta. Zbog toga, kako se ugaona brzina povećava muškarci povećavaju maksimalan moment sile zadnje lože, kako bi stabilizovali zglob i zaštitili ACL. Ono što je još zanimljivo je da se ova pojava ne dešava kod žene i kao moguće razloge autori navode razlike u rastu i razvoju između muškaraca i žena. Samim tim žene su mnogo izloženije povredama pri većim brzinama pokreta.

Međutim, smatra se da je relevantniji „funktionalni” odnos (H/Q_{FUNC}). Da bi se funkcionalni odnos izračunao, odnos vrijednosti maksimalnog momenta sile ekscentrične kontrakcije mišića zadnje lože buta se podijeli sa koncentričnom vrijednošću maksimalnog momenta sile četvoroglavog mišića natkolenice. Na taj način se procjenjuje relativna sposobnost mišića zadnje lože buta da djeluju ekscentričnom kontrakcijom i na taj način stabilizuju koleno, što je situacija koja se često sreće u sportskim aktivnostima. Referentne vrijednosti funkcionalnog odnosa između zadnje i prednje lože natkolenice manji od 60% 17 puta povećava rizik od povrede zadnje lože. Funkcionalni odnos od 70% do 100% je prihvaćen kao dovoljna dinamička stabilnost. Odnos 1:1 je prihvaćen kao referentna vrijednost. (Ayala i sar., 2012). U ovom istraživanju vrijednosti funkcionalnog odnosa pri brzini od 60°/s su 79,86%±31,05%, što ovu grupu karatista svrstava u sportiste sa dovoljnom dinamičkom stabilnošću. Pri brzini od 180°/s rezultati su značajno veći i iznose 125, 43%±31,05% i pokazuju da pri većim brzinama karatisti nemaju povećan rizik od povrede zbog mišićnog disbalansa. Ovakve vrijednosti se očitavaju u svim uzrastima. Neki autori predlažu skrining i konvencionalnog i funkcionalnog odnosa snage prije početka sezone kod zdravih sportista kako bi se identifikovali sportisti sa većim rizikom povrede donjih ekstremiteta tokom treninga i takmičenja (Croisier, 2004).

ZAKLJUČAK

Prva analiza razlika je utvrdila da postoje statistički značajne razlike u ispoljavanju maksimalnog momenta sile u svim uzrastima karatista pri različitim ugaonim brzinama. Vrijednosti maksimalnog momenta sile pri manjim ugaonim brzinama su veće, dok su pri većim ugaonim brzinama vrijednosti manje. Ova zakonitost nam je poznata i kao Hilova kriva. Druga analiza razlika je pokazala da postoje statistički značajne razlike u unilateralnom odnosu pri različitim ugaonim brzinama u svim uzrastima karatista. Ovo je potvrđeno i za konvencionalni i za funkcionalni odnos. Rezultati su u granicama referentnih vrijednosti od 50%-80% pri obe brzine za konvencionalni odnos. Rezultati za funkcionalni odnos su takođe u granicama referentnih vrijednosti.

Trećom analizom je utvrđeno da ne postoje statistički značajne razlike u bilateralnom odnosu pri različitim ugaonim brzinama ni u jednom od ispitivanih uzrasta. Što se tiče rezultata, oni u nekim uzrastima prelaze granicu od 10% procenata, koju smo uzeli kao referentnu, pa je preporuka da se preduzmu određene mjere kako bi se to ispravilo.

Krajnji zaključak istraživanja je da karatisti nemaju izražene unilateralne asimetrije, pa da sa te strane nemaju povećan rizik od povreda kao što su ruptura ACL-a, povreda zadnje lože, overus sindrom... Sa druge strane vrijednosti bilateralnog odnosa koje u nekim uzrastima prelaze vrijednost od 10% nas pozivaju na oprez. Ove razlike treba adekvatno tretirati, a Drid i sar. (2009) preporučuju proprioceptivni trening kao najbolje rješenje.

LITERATURA

1. Aagard, P., Simonsen, E.B. Magnusen, S.P. Larsson, P.T.B., Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstrings-quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 26, 231-237.
2. Andrade, M.S., De Lira, C.A., Koffes, F.C., et al. (2012). Isokinetic hamstrings-toquadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of Sports Sciences*, 30, 547-553.
3. Ayala, F., De Ste Croix, M., Sainz de Baranda, P., Santonja, F. (2012). Absolute Reliability of Hamstring to Quadriceps Strength Imbalance Ratios Calculated Using Peak Torque, Joint Angle-Specific Torque and Joint ROM-Specific Torque Values. *International Journal of Sports Medicine*, 33(11), 909-916.
4. Chaabene, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Journal of Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
5. Croisier, J., L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries . *Sports Medicine* 34, 681 – 695
6. Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar Abdul, H., Yusof, A. (2013). Bilateral and Unilateral Asymmetries of Isokinetic Strength and Flexibility in Male Young Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 36, 45.
7. Drid, P., Drapsin, M., Trivic, T., Lukač, D., Obadov, S., Milosevic, Z. (2009). Asymmetry of muscle strength in elite athletes. *Biomedical Human Kinetics*, 1(1), 3-5.
8. Gleeson, N.P., Mercer, T.H. (1996). The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Medicine*, 21(1), 18-34.
9. Hewett, E., T., Myer, D., G., Zazulak, T., B. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Sci Med Sport*, 11(5), 452–459
10. Jaric, S., Radosavljevic – Jaric, S., Johansson, H. (2002). Muscle force and muscle torque in humans require different methods when adjusting for differences in body size. *Journal of Applied Physiology*, 87, 304-307.
11. Knapik, J. J., Bauman, C.L, Jones, B. H., Harris, J. M., Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *American Journal Sports Medicine*, 19, 76–81
12. Kofotolis, N. D., Kellis, E. (2007). Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise program on knee musculature. *Physical Therapy Sport*, 2007; 8: 109-116
13. Koropanovski, N., Berjan, B., Bočić, P., Pazin, N., Sanader, A., Jarić, S. (2011). Anthropometric and Physical Performance Profiles of Elite Karate Kumite and Kata Competitors. *Journal of Human Kinetics*, 30, 107-114
14. Madsen, O.R. (1996). Torque, total work, power, torque acceleration energy and acceleration time assessed on a dynamometer: reliability of knee and elbow extensor and flexor strength measurements. *European Journal Applied Physiology*, 74, 206-210.
15. Mori, S., Ohtani, Y., Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*, 21(2), 213-230.
16. Probst, M.M., Fletcher, R., Seelig, D.S. (2007). A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *Journal Strength and Conditioning Research*, 21(2), 451-455
17. Rahnama, N., Lees, A., Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1568-1575.
18. Scattonne-Silva, R., Lessi, G.C., Lobato, D.F.M., Serrão, F.V. (2012). Acceleration time, peak torque and time to peak torque in elite karate athletes. *Science & Sports*, 27(4), e31-e37.
19. Sorensen, H., Zacho, M., Simonsen, E. B., Dyhre-Poulsen, P., Klausen, K. (1996). Dynamics of the martial arts high front kick. *Journal of Sports Sciences*, 14(6), 483-495.
20. Wilk, S.R., McNair, R.E., Feld, M.E. (1983). The physics of karate. *American Journal of Physics*, 51, 783-790.
21. Zehr, E.P., Sale, D.G., Dowling, J.J. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(10), 1366-1373.

Izmjena primljena: 24. 12. 2017

Odobreno: 28. 12. 2017

Korespodencija

Dejan Čokorilo Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Novi Sad

e-mail: cokorilon@gmail.com