

Milivoj DOPSAJ*¹
Dragana KLJAJIĆ**
Fadilj EMINOVIĆ***
Nenad KOROPANOVSKI****
Raša DIMITRIJEVIĆ****
Irena STOJKOVIĆ***

*Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja**
*Visoka medicinska škola strukovnih studija, Čuprija***
*Univerzitet u Beogradu, Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju****
*Kriminalističko-policijska akademija, Beograd*****

MODELNI POKAZATELJI KARAKTERISTIKA MIŠIĆNE SILE KOD MLADIH I ZDRAVIH OSOBA PRI MOTORIČKOM ZADATKU - STISAK ŠAKE: PILOT ISTRAŽIVANJE²

U istraživanju je izvršeno definisanje modelnih pokazatelja različitih karakteristika ispoljavanja mišićne sile kod motoričkog zadatka - stisak šake, primenom metode izometrijske dinamometrije. Uzorak je bio sastavljen od 33 ispitanika (16 muškog i 17 ženskog pola) koji su činili studenti Kriminalističko-policijske akademije u Beogradu, izabrani kao slučajni uzorak studenata I godine akademskih studija. Ispitivani (mereni) prostor je definisan u odnosu na tri aspekta analize mišićne sile i to: aspekt mišićne sile (apsolutne vrednosti izražene u N, relativne vrednosti izražene u N/kg TM i relativizovane vrednosti izražene u % od Fmax), vremenski aspekt ispoljavanja datog procenta sile (vreme izdržaja na 80%, 50% i 30% od Fmax, izraženo u sekundama) i matematički modeli definisani kao različite zavisnosti ispoljene ka-

1 E-mail: milivoj.dopsaj@fsfv.bg.ac.rs

2 Rad je realizovan u okviru projekta „Efekti primenjene fizike aktivnosti na lokomotorni, metabolički, psiho-socijalni i vaspitni status populacije Republike Srbije” br. III47015, podprojekat „Efekti primenjene fizičke aktivnosti na lokomotorni, metabolički, psiho-socijalni i vaspitni status populacije osoba sa posebnim potrebama Republike Srbije” koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije – Ciklus naučnih projekata 2011-2014.

rakteristike sile u funkciji vremena i to: Faps vs time, F% vs time i Frel vs time. Rezultati su pokazali da je primenom metode matematičkog modelovanja prostor merenja opisan preciznošću na nivou predikcije od 99.99% (kod zavisnosti F% vs time devojke leva šaka) do 93.40% (kod zavisnosti F% vs time muškarci desna šaka). U svrhu definisanja finalnih modelskih pokazatelja merene kontraktilne sposobnosti i izračunavanja kriterijumskih pokazatelja za mladu i zdravu populaciju potrebno je ponoviti merenje na reprezentativnom broju ispitanika.

Ključne reči: *kontraktilne sposobnosti, mišićna sila, stisak šake, metod matematičkog modelovanja*

UVOD

Šaka predstavlja složenu strukturu distalnog dela ruke, koja se sastoji od velikog broja koštanih, mišićnih, nervnih i drugih struktura i ima veliki značaj u funkcionisanju čoveka. Funkcije šake su da obezbeđuje precizne, koordinirane, kao i snažne pokrete manipulacije predmetima, kao što su hvatanje, držanje, dodirivanje, premeštanje, opipavanje itd. (Tyldesley & Grieve, 2000; Ilić, 2008).

Osnovu šake oblikuje 27 malih kostiju koje se spajaju sa kostima podlaktice, a međusobno su čvrsto povezane zglobovima i vezama. Tako nastaje kostur šake koji se deli na tri dela: koren šake - ručje (carpus), doručje (metacarpus) i prsti (digiti manus). Veliki broj kostiju u šaci stvorio je veoma mnogo, po obliku i pokretljivosti, zglobova različite funkcionalne namene. Pri složenim pokretima šake i prstiju, poseban značaj ima usklađenost delovanja mišića, koji su u najužoj vezi sa centralnim nervnim sistemom (Bošković, 2003; Ilić, 2008).

Veliki broj mišića pokretača šake se istovremeno pripaja i na podlaktici i na šaci i inervisani su od strane brahijalnog živčanog spleta (plexus brachialis, C5-Th1). Većina tetiva ovih mišića prelazi preko više zglobova i kombinacijom njihovih aktivnosti omogućava se pokretanje prstiju u više pravaca.

Zahvaljujući velikoj pokretljivosti zglobova, posebno sposobnosti udubljanja dlana, uvijanja četiri zadnja prsta i opoziciji palca, što predstavlja najefikasniji fenomen funkcionalne vrednosti šake, moguća je adaptacija šake prema obliku predmeta koji se drži u ruci. Oblikovanje šake je visoko diferencirana funkcija (Stevanović, 2002).

Šaka je i senzitivni organ, njena koža je bogata receptorima koji imaju veliku prezentaciju u somatosenzornom području korteksa, gde se vrši prijem i procesuiranje informacija dobijenih iz navedenih receptora. Sve aktivnosti hvata uključuju kontinuirani monitoring od strane centralnog nervnog sistema, a važnu ulogu pored eksteroreceptora imaju i proprioceptori koji se nalaze u mišićima, tetivama i zglobovima.

Šaka izvodi kompleksne i fine pokrete u manipulaciji predmetima tokom dnevnih aktivnosti, učestvuje u funkciji uzimanja hrane, pisanju, oblačenju, aktivnostima samozbrinjavanja, transferu i primeni pomagala za hod i dr. U ovim pokretima hvata (stiska šake) palac je postavljen nasuprot ostalim prstima, u zavisnosti od veličine, oblika i teksture predmeta koji prihvata. U funkciji hvata učestvuje i ručje, tako što omogućava stabilnu osnovu za pokrete šake i usmerava snagu tetiva mišića prstiju i palca koji se pripajaju na podlaktu. Pokreti lakatne i žbične kosti (pronacija i supinacija) pozicioniraju celu šaku u zavisnosti od ciljanog pokreta šake (Stošljević sa sar., 1999).

Najsnažniji hvat, hvat snage (power grip) motorički se karakteriše kao maksimalni stisak prstiju fleksiranih oko predmeta. Palac se koristi kao stabilizator da bi se neki predmet zadržao u ruci i odgovarajućom snagom prebacio dalje. Mišići hipotenara stabilizuju medialnu stranu dlana, a mišići prstiju i palca hvataju predmet sigurno i snažno. Ekstenzori ručja služe kao stabilizatori i daju stabilnu osnovu akciji samog hvata-stiska. Prvi hvat snage se javlja kao primarni refleks od rođenja deteta, odnosno kao refleksni odgovor na stimulaciju dodiranjem palmarne strane šake (palmarni refleks), a stisak može da bude toliko jak da može da izdrži težinu celog tela novorođenčeta u poziciji visa (Tyllesley & Grieve, 2000).

U hvatove snage spadaju cilindričan, sferični i kukasti hvat. Kod cilindričnog hvata (cylinder grip) cela palmarna površina šake formira se u obliku jednog cilindričnog objekta. U ovome hvatu učestvuju svi mišići fleksori prstiju šake (pr. držanje teniskog reketa, bejzbol štapa, palice itd.). Kod sferičnog hvata (ball grip) promena tenarnog i hipotenarnog uzvišenja zavisi od dejstva mišića fleksora prstiju šake. Mišići koji učestvuju u ovom hvatu su: mišići fleksori prstiju i inerosalni mišići šake (pr. držanje lopte u ruci). Kukasti hvat (hook grip) se odnosi na „kuku” koja se formira prilikom fleksije drugog, trećeg, četvrtog i petog prsta šake da bi se neki predmet uhvatio i preneo tamo gde je

potrebno s odgovarajućom snagom, pri čemu pokreti palca nisu potrebni da bi se on izveo.

Hvatove veštine (precision grips) karakteriše hvatanje i pridržavanje predmeta između vrhova palca i jednog ili više prstiju. Šaka je pozicionirana ručjem i podlakticom i хват se izvodi mišićima pokretačima palca i prstiju. Hvatovi veštine su napredniji od hvatova snage, javljaju se od devetog meseca po rođenju. U hvatove veštine spadaju: tanjirast хват (plate grip), „štikaljka” хват (pinch grip), „ključ” хват (key grip) i „klešta” хват (pincer grip) (Tyldesley & Grieve, 2000).

U odnosu na osnovne fizičke tj. motoričke sposobnosti, kontraktilne sposobnosti predstavljaju osnovnu sposobnost odgovornu za kretanje kod ljudi jer bez mišićne kontrakcije nema ni pokreta (u dinamičkim uslovima) ili pokušaja pokreta (u statičkim uslovima). Sa aspekta metroloških procedura u fizičkom vaspitanju i sportu tj. procedura analitike i dijagnostike fizičkih sposobnosti kod zdrave populacije i sportista, merenje mišićne sile se vrši metodom dinamometrije i to u izometrijskim uslovima naprezanja (Dopsaj, 2010; Dopsaj sa sar., 2010). U odnosu na mišićnu silu, mernim postupcima je moguće izmeriti sledeće kontraktilne karakteristike, tj. dimenzije mišićne sile: maksimalna mišićna sila (F_{max}) izražena u njutnima (N), eksplozivna mišićna sila (RFD) izražena u njutnima u sekundi (N/s) i karakteristike različitih tipova izdržljivosti u ispoljavanju mišićne sile (repetativna, izdržaji, kombinovani ili kompleksni motorički zadaci) izražena u njutnsekundama (Ns) (Kukolj, 2006; Dopsaj et al., 2007; Dopsaj et al., 2009; Ivanović sa sar., 2010).

Po postojećim podacima, oko 50% telesnih povreda otpada na povrede šake; zato je ocena funkcionalne sposobnosti šake posebno značajna. Za ispitivanje funkcionalne mišićne snage stiska pesnice kod osoba sa motoričkim poremećajima najčešće se koristi „Test mišićne snage stiska pesnice”, koji podrazumeva primenu aparata koji se sastoji od manometra i gumene manžetne savijene nekoliko puta i presvučene navlakom od platna. Ispitivanje se sprovodi u stojećem ili sedećem položaju. Ovim testom možemo dobiti vrednosti eksplozivnosti stiska pesnice (izraženu u mmHg), statičku i dinamičke kontraktilne sposobnosti stiska pesnice, kao i parametre apsolutne i relativne izdržljivosti datog segmenta (Stošljević sa sar., 2006).

„Test mišićne snage stiska pesnice” se takođe primenjuje u cilju merenja fizičke sposobnosti stiska pesnice kod različitih profesija,

motoričkih poremećaja, posturalnih poremećaja (Petrović Radić, 2003), kao i profesionalnog osposobljavanja lako mentalno retardiranih lica (Samuilidu, 2001).

U dostupnoj literaturi se može naći primena dinamometrije u cilju merenja kontraktilnih karakteristika stiska šake u odnosu na ukupnu snagu tela (Taglione et al., 1999). Zatim, primena „ForceMap system” -a u smislu procene sposobnosti i kapaciteta stiska šake (De Beliso et al., 2009). Ispitivanje kontraktilnih karakteristika stiska šake se primenjuje, kako kod opšte populacije (Demura et al., 2003; Marković & Jarić, 2004; Dopsaj sa sar., 2010), tako i u elitnom sportu kao jedan od parametara u proceni opšte fizičke pripremljenosti gornjeg ekstremiteta (Dopsaj et al., 2009; Svantesson et al., 2009; Ivanović et al., 2009).

Predmet ovog istraživanja je ispitivanje kontraktilnih sposobnosti šake kao osnovnog manipulativnog organa. Zadatak je izračunavanje deskriptivnih pokazatelja u odnosu na parametre ispoljene mišićne sile, kao i vremena njenog ispoljavanja u funkciji tri ciljana intenziteta kod mladih i zdravih osoba oba pola. Cilj ovog istraživanja je definisanje modelnih pokazatelja različitih karakteristika ispoljavanja mišićne sile kod motoričkog zadatka - stisak šake u odnosu na tri osnovna metrološka aspekta merenja kontraktilnih sposobnosti mišića i to: apsolutni, relativni i relativizovani. Na taj način će se dobiti kvantitativne informacije o merenoj sposobnosti kod mladih i zdravih osoba kao referentne populacije ispitanika.

METOD ISTRAŽIVANJA

Ispitanici

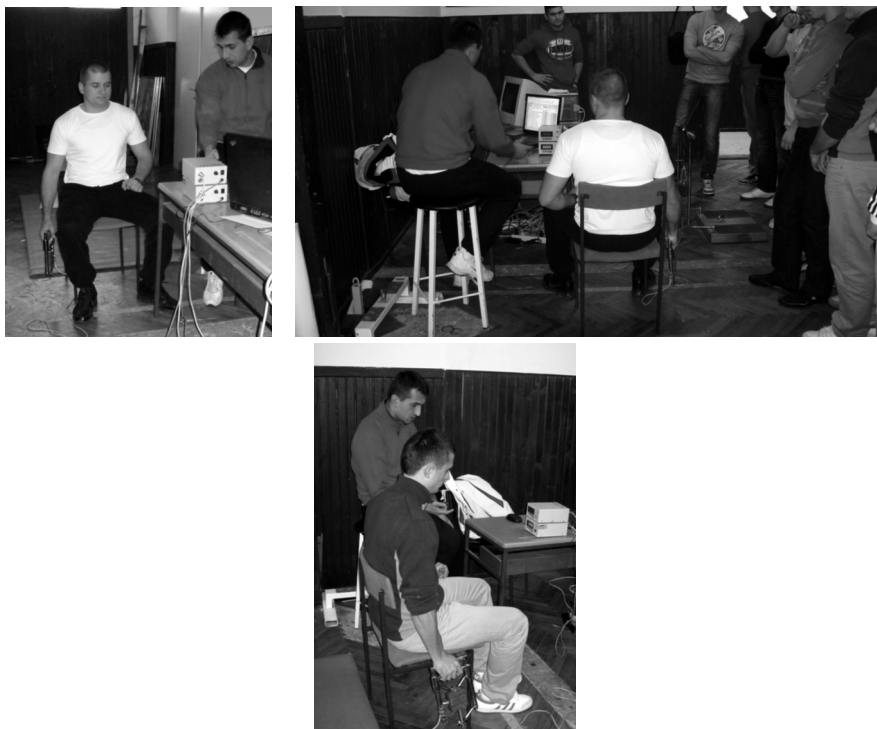
Za potrebe ovog istraživanja je izabrana uzrasna kategorija ispitanika koji se mogu definisati kao „biološki zrele osobe, u hronološkom periodu faze maksimalnog nivoa fizičkih sposobnosti” (Kukolj, 2006). Uzorak je bio sastavljen od 33 ispitanika, i to 16 muškog i 17 ženskog pola. Ispitanici su bili studenti Kriminalističko-policijske akademije u Beogradu izabrani metodom slučajnog uzorka iz populacije studenata I godine akademskih studija. Ispitanici su bili unapred informisani o značaju i cilju istraživanja i upoznati sa procedurama testiranja. Takođe, ispitanici su bili upoznati sa procedurom testiranja jer se ona

koristi u procesu provere fizičkih sposobnosti za upis na studije KPA. Osnovne karakteristike uzorka su bile: muškarci, hronološki uzrast = 19.4 ± 0.5 godina, telesna visina – TV = 1.803 ± 0.005 m, telesna masa – TM = 81.21 ± 4.84 kg, telesno maseni indeks – BMI = 25.01 ± 1.56 kg/m²; devojke, uzrast = 19.5 ± 0.4 god., TV = 1.703 ± 0.005 m, TM = 61.73 ± 3.96 kg, BMI = 21.30 ± 1.16 kg/m².

Metoda merenja

Mišićna sila pregibača prstiju šake je merena metodom izometrijske dinamometrije gde je korišćen standardizovani test – stisak šake (Dopsaj et al., 2007; Dopsaj et al., 2009; Ivanović et al., 2009). Za potrebe ovog istraživanja svi ispitanici su testirani u sedećem položaju radi unifikacije i standardizacije datih rezultata u funkciji procedure testiranja u odnosu na osobe sa motoričkim poremećajima (Slika 1).

Slika 1 - Pozicija testiranja ispitanika u sedećem položaju



Procedura testiranja je bila sledeća - nakon samostalnog zagrevanja opšteg karaktera u trajanju od 5 minuta (vežbe oblikovanja i istežanja) svakom ispitaniku je objašnjena procedura testiranja. Zatim je svaki ispitanik izveo po dva probna pokušaja stiska šake (i levom i desnom rukom) radi specifičnog zagrevanja. Posle odmora od 5 minuta ispitanici su pristupali testiranju po sledećem protokolu – prvo su realizovali po dva naizmenična merenja maksimalne mišićne sile stiska šake obe ruke (prvo dominantna, pa nedominantna ruka - ponovljeno dva puta) radi određivanja nivoa od 100% date kontraktilne sposobnosti. Pauza između svakog pokušaja testiranja jedne ruke je bila najmanje 1 minut. Za svakog ispitanika je izračunata vrednost sile za svaku ruku na nivou od 80%, 50% i 30% od maksimalne. U nastavku procedure, nakon odmora od 10 minuta, pristupilo se merenju kapaciteta ispoljavanja sile (izdržljivost ispoljavanja izometrijske mišićne sile), odnosno vremenski interval u kojem su ispitanici mogli da održavaju zadati nivo sile od 80%, 50% i 30% od maksimalne.

Ovo testiranje je realizovano tokom dva dela (pre podne i popodne) gde su ispitanici randomiziranom metodom izmerili kapacitete održavanja zadate sile stiska šake obe ruke u funkciji datih nivoa ispoljavanja i to na sledeći način: pre podne su izmereni kapaciteti za nivo od 80% i 30% od maksimalne, a popodne i za 50%.

Zadatak ispitanika je bio da, gledajući u displej pokazivača sile, održava dati nivo stiskom šake o konstrukciju držača dinamometrijske sonde. Istovremeno je ispitivač elektronskom štopericom (Epsan, Selecta Super 60 Stopwatches, CE) merio vreme, kontrolisao displej pokazivača sile, korigovao ispitanika u odnosu na nivo realizacije sile i verbalno stimulisao ispitanika da izdrži zadati motorički zadatak u što dužem vremenskom intervalu. U trenutku kada ispitanik više nije mogao da realizuje datu silu, testovni pokušaj se prekidao, a ispitanik je vreme izvršenja zadatka upisivao u bazu podataka.

Varijable

Ispitivani (mereni) prostor je definisan u odnosu na tri osnovna aspekta dimenzija mišićne sile kod motoričkog zadatka - stisak šake i to: aspekt mišićne sile (izraženo u N), vremenski aspekt ispoljavanja datog procenta sile (izraženo u sekundama) i matematički modeli de-

finisani kao različite zavisnost ispoljene karakteristike sile u funkciji vremena. Takođe, varijable sile su analizirane sa aspekta apsolutnih vrednosti, izražene u njutnima (N); relativnih vrednosti (F_{rel}), izražene u njutnima po kg telesne mase (N/kg TM); kao i relativizovanih vrednosti, izraženih u % nivoa sile od F_{max} ($\%F_{max}$). U istraživanju su korišćene sledeće varijable:

Parametri ispoljene mišićne sile:

1. Maksimalna mišićna sila stiska šake leve – F_{maxL} , i desne – F_{maxD} , ruke izražena u njutnima (N);
2. Nivo mišićne sile stiska šake leve $F_{80\%L}$, i desne – $F_{80\%D}$, ruke na 80% od maksimuma, izražena u njutnima (N);
3. Nivo mišićne sile stiska šake leve $F_{50\%L}$, i desne – $F_{50\%D}$, ruke na 50% od maksimuma, izražena u njutnima (N);
4. Nivo mišićne sile stiska šake leve $F_{30\%L}$, i desne – $F_{30\%D}$, ruke na 30% od maksimuma, izražena u njutnima (N);
5. Vremenski aspekt ispoljavanja datog procenta sile:
6. Vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve – $tF_{80\%L}$, i desne – $tF_{80\%D}$, ruke na 80% od maksimuma, izraženo u sekundama (s);
7. Vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve – $tF_{50\%L}$, i desne – $tF_{50\%D}$, ruke na 50% od maksimuma, izraženo u sekundama (s);
8. Vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve – $tF_{30\%L}$, i desne – $tF_{30\%D}$, ruke na 30% od maksimuma, izraženo u sekundama (s);

Matematički modeli definisani kao tri zavisnosti ispoljenog parametra mišićne sile (F_{aps} , F_{rel} i $\%F_{max}$) u funkciji vremena –

1. F_{aps} vs time, izražen jednačinom opšteg oblika: $y = ab^x$, gde je y nivo F_{max} izražen u apsolutnim vrednostima sile (N), a koeficijent predstavlja hipotetsku vrednost F_{max} u nultom vremenskom intervalu, b koeficijent predstavlja konstantu opadanja apsolutnog nivoa sile u jedinici vremena, a x predstavlja željeni vremenski interval predikcije;
2. F_{rel} vs time, izražen jednačinom opšteg oblika: $y = ab^x$, gde je y nivo F_{rel} izražen u relativnim vrednostima sile (N/kg TM), a koeficijent predstavlja hipotetsku vrednost F_{rel} u nultom vremenskom intervalu, b koeficijent predstavlja konstantu opadanja nivoa relativne vrednosti sile u jedinici vremena, a x predstavlja željeni vremenski interval predikcije;
3. $\%F_{max}$ vs time, izražen jednačinom opšteg oblika: $y = ab^x$, gde je y nivo $\%F_{max}$ izražen u relativizovanim vrednostima sile tj.

u procentu od F_{\max} ($\% F_{\max}$), a koeficijent predstavlja hipotetsku vrednost $\%F_{\max}$ u nultom vremenskom intervalu, b koeficijent predstavlja konstantu opadanja nivoa $\%$ sile u jedinici vremena, a x predstavlja željeni vremenski interval predikcije.

Statistička obrada podataka

Svi rezultati su prvo analizirani primenom osnovne deskriptivne statističke metode gde je izračunato sledeće: mere centralne tendencije (srednja vrednost varijable - AS) i mere disperzije (standardna devijacija - SD, koeficijent varijacije - $cV\%$, granice raspona minimum - Min, i maksimum - Max), raspon varijabli (Range), kao i standardna greška merenja ($sX\%$) izražena u procentima. Statistička obrada podataka je realizovana primenom softverskog paketa Excel 2003 (Microsoft®Office Excel 2003).

REZULTATI

U Tabeli 1 su dati pokazatelji osnovne deskriptivne statističke mere ispitivanih varijabli u odnosu na pol. Rezultati su pokazali da se koeficijent varijacije, kao osnovne mere procene homogenosti sirovih podataka, za sve pokazatelje sile desne šake, kod devojaka, nalazi u rasponu od 11.94 % do 41.83%, na 80% od maksimuma, a od 8.73 % do 57.65% za vreme realizacije mišićne sile stiska šake desne ruke na 80% od maksimuma, kod muškaraca. Koeficijent varijacije nalazise u zoni vrednosti manjoj od 30%, kod većine varijabli, što ukazuje na veoma homogene rezultate, a samo kod 4 varijable u zoni od 30 do 60%, što ukazuje na umereno homogene rezultate. Na osnovu toga može se tvrditi da su rezultati ovog istraživanja homogeni i da se mogu interpretirati na nivou populacije kao generalno pouzdani. Takođe, velika homogenost rezultata obezbeđuje uslove za korišćenje parametrijskih statističkih metoda u daljem postupku obrade rezultata.

Tabela 1 - Rezultati osnovne deskriptivne statistike

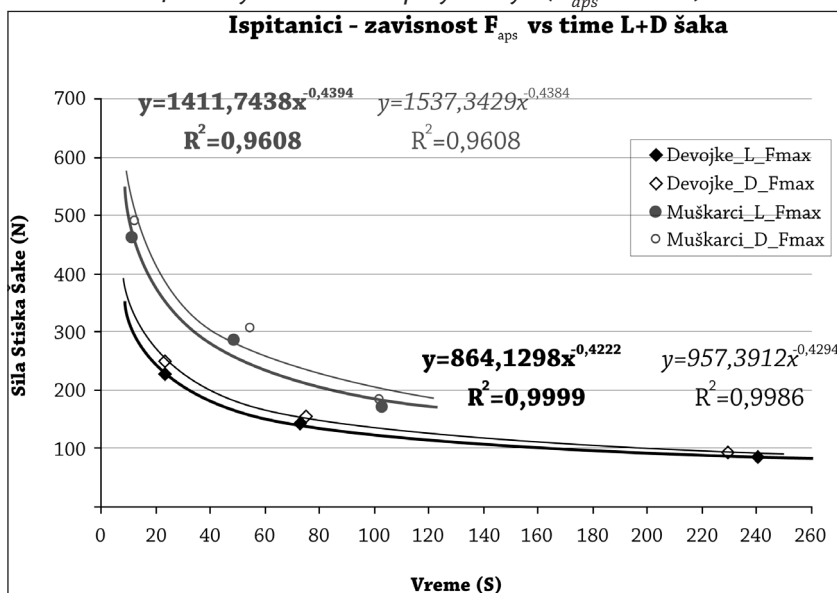
	devojke (N=16)													
	FmaxL (N)	F80%L (N)	tF80%L (s)	F50%L (N)	tF50%L (s)	F30%L (N)	tF30%L (s)	FmaxR (N)	F80%R (N)	tF80%R (s)	F50%R (N)	tF50%L (s)	F30%R (N)	tF30%R (s)
AS	284.00	227.20	23.53	142.00	72.91	85.20	231.62	311.72	249.38	23.39	155.86	75.18	93.52	229.3
SD	35.33	28.26	8.52	17.66	22.41	10.60	65.06	37.23	29.79	9.78	18.62	24.79	11.17	69.62
cV%	12.44	12.44	36.23	12.44	30.74	12.44	28.09	11.94	11.94	41.83	11.94	32.97	11.94	30.36
Min	196.13	156.91	8.52	98.07	36.36	58.84	115.56	212.80	170.24	5.84	106.40	27.70	63.84	130.1
Max	336.37	269.10	37.43	168.18	104.1	100.91	352.90	381.48	305.18	44.45	190.74	115.1	114.4	374.9
Range	140.24	112.19	28.91	70.12	67.70	42.07	237.34	168.67	134.94	38.61	84.34	87.42	50.60	244.9
sX%	3.21	3.21	9.36	3.21	7.94	3.21	7.25	3.08	3.08	10.80	3.08	8.51	3.08	7.84
	muškarci (N=16)													
AS	560.31	448.25	10.62	280.16	46.55	168.09	92.79	599.19	479.35	11.90	299.59	54.33	179.8	93.85
SD	60.05	48.04	3.52	30.02	10.53	18.01	23.90	52.33	41.86	6.86	26.17	10.76	15.70	28.14
cV%	10.72	10.72	33.16	10.72	22.63	10.72	25.76	8.73	8.73	57.65	8.73	19.81	8.73	29.99
Min	484.45	387.56	5.14	242.22	24.62	145.33	49.18	496.22	396.97	3.37	248.11	34.62	148.9	48.50
Max	714.91	571.92	18.12	357.45	66.30	214.47	132.02	687.45	549.96	24.75	343.72	69.95	206.2	143.1
Range	230.46	184.37	12.98	115.23	41.68	69.14	82.84	191.23	152.98	21.38	95.62	35.33	57.37	94.59
sX%	2.77	2.77	8.56	2.77	5.84	2.77	6.65	2.26	2.26	14.88	2.26	5.11	2.26	7.74

F_{maxL} , iF_{maxR} - Maksimalna mišićna sila stiska šake leve i desne ruke; $F_{80\%L}$, $iF_{80\%R}$ - nivo mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 80% od maksimuma; $F_{50\%L}$, $iF_{50\%R}$ - nivo mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 50% od maksimuma; $F_{30\%L}$, $iF_{30\%R}$ - nivo mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 30% od maksimuma; $tF_{80\%L}$, $iF_{80\%R}$ - vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 80% od maksimuma; $tF_{50\%L}$, $iF_{50\%R}$ - vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 50% od maksimuma; $tF_{30\%L}$, $iF_{30\%R}$ - vreme realizacije mišićne sile stiska šake leve i desne ruke na 30% od maksimuma.

Na Grafikonu 1 su prikazani definisani matematički modeli zavisnosti sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja (F_{aps} vs time) i to:

- u odnosu na testirani uzorak devojaka:
 - za levu šaku: $y = 864.1298x^{-0.4222}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.99% a pri grešci predikcije od samo 0.01%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 975.3912x^{-0.4294}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.86% a pri grešci predikcije od samo 0.14%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
- u odnosu na testirani uzorak muškaraca:
 - za levu šaku: $y = 1411.7438x^{-0.4394}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 96.08% a pri grešci predikcije od 3.92%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 1537.3429x^{-0.4384}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 93.40% a pri grešci predikcije od 6.60%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval.

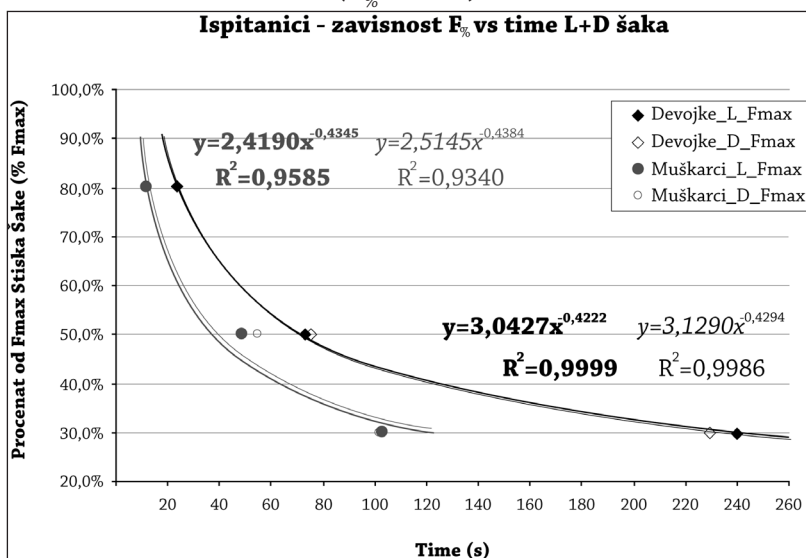
Grafikon 1 - Definisani matematički modeli zavisnosti sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja (F_{aps} vs time)



Na Grafikonu 2 su prikazani definisani matematički modeli zavisnosti ostvarenog procenta od maksimalne sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja ($F_{\%}$ vs time) i to:

- u odnosu na testirani uzorak devojaka:
 - za levu šaku: $y = 3.0427x^{-0.4222}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.99% a pri grešci predikcije od samo 0.01%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 3.1290x^{-0.4294}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.86% a pri grešci predikcije od samo 0.14%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
- u odnosu na testirani uzorak muškaraca:
 - za levu šaku: $y = 2.4190x^{-0.4345}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 95.85% a pri grešci predikcije od 4.15%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 2.5145x^{-0.4384}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 93.40% a pri grešci predikcije od 6.60%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval.

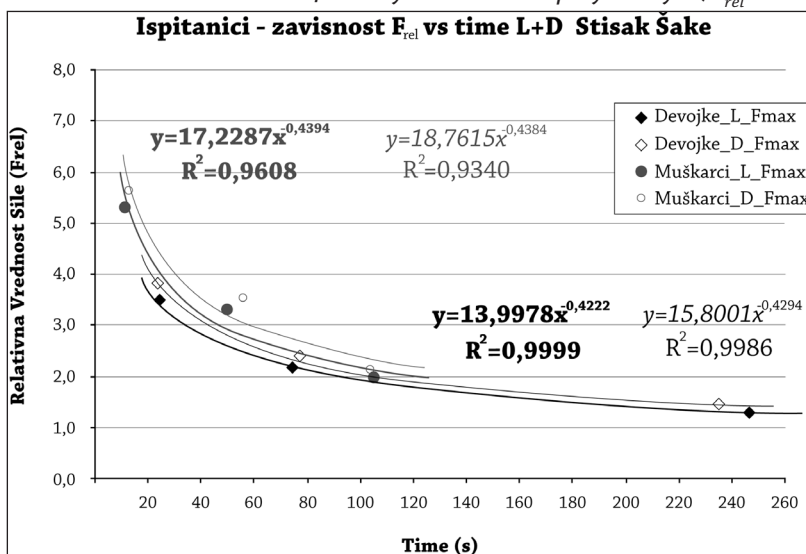
Grafikon 2 - Definisani matematički modeli zavisnosti ostvarenog procenta od maksimalne sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja ($F_{\%}$ vs time)



Na Grafikonu 3 su prikazani definisani matematički modeli zavisnosti relativne vrednosti sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja (F_{rel} vs time) i to:

- u odnosu na testirani uzorak devojaka:
 - za levu šaku: $y = 13.9978x^{-0.4222}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.99% a pri grešci predikcije od samo 0.01%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 15.8001x^{-0.4294}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 99.86% a pri grešci predikcije od samo 0.14%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
- u odnosu na testirani uzorak muškaraca:
 - za levu šaku: $y = 17.2287x^{-0.4394}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 96.08% a pri grešci predikcije od 3.92%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval;
 - za desnu šaku: $y = 18.7615x^{-0.4384}$, uz pouzdanost predikcije modela na nivou od 93.40% a pri grešci predikcije od 6.60%, gde y kao nepoznata predstavlja nivo ostvarene sile, a x kao poznata predstavlja dati vremenski interval.

Grafikon 3 - Definisani matematički modeli zavisnosti relativne vrednosti sile stiska šake u funkciji vremena ispoljavanja (F_{rel} vs time)



U Tabeli 2 su prikazane sintetizovane vrednosti definisanih modela za sve ispitivane varijable za vremenski interval od 5 do 600 sekundi.

Tabela 2 - Sintetizovane vrednosti definisanih modela za sve ispitivane varijable

Vreme	Muškarci				Devojke							
	F_{max}		% F_{max}		F_{rel}		% F_{max}					
(s)	Leva (N)	Desna (N)	% F_{max} Leva	% F_{max} Desna	Leva (N/kg TM)	Desna (N/kg TM)	Leva (N)	Desna (N)	% F_{max} Leva	% F_{max} Desna	Leva (N/kg TM)	Desna (N/kg TM)
10	513.28	560.24	0.889	0.916	6.26	6.84	326.87	362.89	1.151	1.164	5.29	5.88
20	378.52	413.43	0.658	0.676	4.62	5.05	243.94	269.47	0.859	0.864	3.95	4.37
30	316.74	346.10	0.552	0.566	3.87	4.22	205.56	226.41	0.724	0.726	3.33	3.67
40	279.13	305.09	0.487	0.499	3.41	3.72	182.05	200.10	0.641	0.642	2.95	3.24
50	253.06	276.66	0.442	0.453	3.09	3.38	165.68	181.82	0.583	0.583	2.68	2.95
60	233.58	255.40	0.408	0.418	2.85	3.12	153.41	168.13	0.540	0.539	2.48	2.72
90	195.46	213.81	0.342	0.350	2.39	2.61	129.27	141.26	0.455	0.453	2.09	2.29
120	172.25	188.48	0.302	0.308	2.10	2.30	114.49	124.85	0.403	0.401	1.85	2.02
180	144.14	157.78	0.253	0.258	1.76	1.93	96.47	104.90	0.340	0.337	1.56	1.70
240	127.03	139.09	0.224	0.227	1.55	1.70	85.44	92.71	0.301	0.297	1.38	1.50
300	115.16	126.12	0.203	0.206	1.41	1.54	77.76	84.24	0.274	0.270	1.26	1.36
600	84.93	93.07	0.150	0.152	1.04	1.14	58.03	62.55	0.204	0.201	0.94	1.01

F_{max} - sintetizovana (izračunata) vrednost maksimalne mišićne sile stiska šake leve i desne ruke koje se može održavati u funkciji datog vremenskog intervala (Vreme, u sekundama); % F_{max} - sintetizovana (izračunata) vrednosti nivoa mišićne sile stiska šake leve i desne ruke od 100% moguće koja se može održavati u funkciji datog vremenskog intervala (Vreme, u sekundama); F_{rel} - sintetizovana (izračunata) relativne vrednosti nivoa mišićne sile stiska šake leve i desne ruke (odnos ostvarene sile i telesne mase) koja se može održavati u funkciji datog vremenskog intervala (Vreme, u sekundama).

U Tabeli 2 su date sintetizovane (izračunate na osnovu definisanih matematičkih modela) vrednosti modelskih pokazatelja karakteristika mišićne sile stiska šake kod testirane populacije. Na osnovu dobijenih rezultata modela se može tvrditi da mlade i zdrave osobe muškog pola mogu, u vremenskom intervalu od 10 sekundi, da održavaju silu stiska šake leve ruke od 513.28 njutna, da se ta sila nalazi na nivou od 88.9 % (0.889) od maksimalno moguće, kao i da predstavlja opterećenja na nivou 6.26 njutna po kilogramu telesna mase itd.

DISKUSIJA

Ispitivanje kontraktilnih karakteristika mišića pregibača šake u funkciji procene nivoa razvijenosti fizičkih sposobnosti, u funkciji pripremljenosti sportista, kao i ispitivanja motoričkog zadatka stiska šake u oblasti istraživanja motoričkih poremećaja predstavljaju permanentno aktuelno polje naučno-istraživačkog rada u svrhu povećanja fundusa znanja, ali i radi usavršavanja procedura testiranja, kako u dijagnostičke, tako i u terapijske i profesionalne svrhe. Sama procedura testiranja je veoma jednostavna, merni instrumenti validni, a rezultati su pouzdani i primenljivi sa mnogih sazajnih i praktičnih aspekata.

Rezultati ovog istraživanja su pokazali da je nivo F_{max} ispitivanog uzorka za levu i desnu šaku bio 284.00 ± 35.33 i 311.72 ± 37.23 N kod devojaka i 560.31 ± 60.05 i 599.19 ± 52.33 N za levu i desnu šaku, kod ispitanica i ispitanika, respektivno (Tabela 1). U rezultatima predhodno publikovanih istraživanja. utvrđeno je da je prosečni nivo sile stiska šake dominantne ruke kod japanskih studenata za muškarce 495.2 N, a za devojke 353 N (Demura et al., 2003), što su za 13.14% veće vrednosti kod japanskih studentkinja, odnosno za 17.36% manje vrednosti sile izmerene kod japanskih studenata u odnosu na rezultate dobijene u ovom istraživanju. U istraživanju u kome su učestvovali studenti iz Republike Hrvatske (Marković et al., 2004) utvrđena je prosečna sila stiska šake (muškarci) na nivou od 534 N, što je takođe manje za 10.88% u odnosu na naše ispitanike muškog pola.

U odnosu na sveobuhvatno istraživanje relizovano na populaciji mladih i dobro utreniranih i zdravih osoba Republike Srbije (Dopsaj

sa sar., 2010) u kojem je uzorak činilo 1223 ispitanika – studenata muškog pola i 356 ispitanika - studentkinja u kojem su definisani i normativi ocene sile stiska šake naši ispitanici muškog pola su u odnosu na rezultat leve i desne šake rangirani u kategoriju „prosečne sile” (556.80 do 644.96 N za levu i 582.13-674.79 N za desnu šaku), odnosno bili su pozicionirani na nivou od 35 do 40 percentila za levu i 55 do 60 percentila populacije za desnu šaku (Dopsaj et al., 2007).

Kod ispitanica, a prema navedenom kriterijumu i za desnu (311.72±37.23 N) i za levu šaku (284.00±35.33N) prosečne maksimalne vrednosti stiska šake spadaju u grupu „male sile” čije su granične vrednosti iznosile za desnu šaku 273.21-326.66 N, a za levu 245.58-296.55 N (Dopsaj sa sar., 2010., str. 214-217), odnosno bile su pozicionirane na nivou od 5 do 10 percentila i za levu i za desnu šaku (Dopsaj et al., 2007).

Kako su dati normativni kriterijumi definisani u sedam razrednih kategorija i to kao: superioran nivo sile, odličan nivo sile, vrlo dobar nivo sile, prosečna sila, potprosečna sila, mala sila i veoma mala sila, može se tvrditi da je testirani uzorak muškaraca pripadao kategoriji mladih i zdravih osoba sa prosečnim pokazateljima sile stiska šake (ocena 4 na skali od 7), dok su testirane devojke imale potprosečne rezultate merenog kontraktilnog svojstva (ocena 2 na skali od 7).

Data činjenica je i verovatni razlog utvrđenog paradoksa gde su rezultati pokazali da ispitanice imaju veći nivo izdržljivosti tj. vremenski interval održavanja sile stiska šake na istom nivou intenziteta kontrakcije u odnosu na testirani uzorak muškaraca (Tabela 1). Rezultati ovog istraživanja su pokazali da je vremenski interval održavanja zadatog nivoa sile na 80% od F_{max} kod ispitanika muškog pola za desnu šaku u proseku iznosio 11.90±6.86 sec., za levu 10.62±3.52 sec., dok je kod ispitanika ženskog pola iznosio za desnu šaku 23.39±9.78 sec., a za levu šaku 23.53±8.52 sec. Vreme održavanja na 50% od F_{max} stiska šake kod ispitanika muškog pola je iznosilo 54.33±10.76 sec. za desnu šaku i 46.55±10.53 sec. za levu šaku, dok je kod testiranih devojaka i kod ove varijable utvrđena veća izometrijska izdržljivost u odnosu na ispitanike muškog pola jer je vreme održavanja date sile za desnu šaku bilo 75.18±24.79 sec., a za levu šaku 72.91±22.41 sec. Kod zadatka održavanja sile na nivou od 30% od F_{max} stiska šake vreme izvođenja kod ispitanika muškog pola je iznosilo 93.85±28.14 sec. za desnu šaku

i 92.79 ± 23.90 sec. za levu šaku, dok je kod ispitanika ženskog pola bilo više nego duplo duži u odnosu na ispitanike muškog pola i iznosilo je za desnu šaku 229.33 ± 69.62 sec. i za levu šaku 231.62 ± 65.06 sec.

Kada se uporede sumarni vremenski parametri održavanja zadatog nivoa sile, posmatrani kao prosek vremena izdržaja kod obe ruke, uviđa se da su testirani ispitanici muškog pola isti procentualni nivo sile stiska šake na 80% od F_{max} održali za 51.99% manje vremena, na 50% za 31.94% manje vremena i na 30% za 59.50% manje vremena nego ispitanice. Sumarno posmatrano, testirani muškarci su u proseku zadate nivoe sile mogli da održavaju za 47.81% manje vremena tj. u kraćem vremenskom intervalu. Ako se ista analiza uradi u odnosu na ostvarenu silu, testirani ispitanici su imali za 97.29% veći nivo maksimalne sile leve, odnosno 92.22% desne šake u odnosu na ispitanice tj. sumarno posmatrano ostvarili su u proseku za 94.76% veći nivo F_{max} u odnosu na testirane ispitanice. U ranijem istraživanju je utvrđeno da je polni dimorfizam kod date varijable na nivou od 72.89% i 65.30% kod leve i desne šake, respektivno, odnosno 61.09% u proseku za F_{max} obe šake (Dopsaj sa sar., 2010., str. 284).

Kako je nivo polnog dimorfizma kod ispitanika ovog istraživanja za oko 33% viši u odnosu na ranije utvrđene vrednosti, a nivo sile stiska šake kod devojaka je normiran kao „mala sila” (ocena 2 na skali od 7), moguće objašnjenje za manji nivo izmerene izdržljivosti u sili kod ispitanika može biti sledeći: uzorak testiranih devojaka je bio dominantno sastavljen od ispitanica sa malim nivoom razvijenosti merene kontraktilne sposobnosti jer su bile na početku studija KPA tj. na prvoj godini studija, te primenjenim testom i nije izmerena maksimalna vrednost sile stiska šake u smislu realnog biološkog potencijala, nego je samo dijagnostifikovan trenutni pik sile, kao aktuelno stanje date sposobnosti. Na taj način su, iako matematički tačno određene, vrednosti od 80%, 50% i 30% od F_{max} realno, kao biološki potencijal predstavljale niže nivoe sile na kojima su ispitanice i mogle da održavaju silu stiska šake u skoro dva puta dužem vremenskom intervalu u odnosu na muškarce.

Kako ovaj rad predstavlja pilot istraživanje, gde je primenjen novi pristup u korišćenju validiranog mernog instrumenta sa inoviranom metodikom merenja kontraktilnih sposobnosti sa aspekta izdržljivosti u sili, rezultati su pokazali sledeće:

- moguće je veoma validno matematički modelovati kontraktilne karakteristike sa aspekta izdržljivosti u sili kod motoričkog zadatka sile stiska šake kako u odnosu na pol, tako i u odnosu na ekstremitete, tj. levu i desnu šaku i to na nivou pouzdanosti od 99.99% kod zavisnosti $F_{\%}$ vs time devojke leva šaka do 93.40% kod zavisnosti $F_{\%}$ vs time muškarci desna šaka;
- potrebno je ponoviti istraživanje na većem broju ispitanika kojim će se primenom istog mernog postupka i procedure definisati finalni modelski pokazatelji sa aspekta merene kontraktilne sposobnosti da bi se izračunali kriterijumski pokazatelji kod mlade i zdrave populacije.

ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja su pokazali da je bilo moguće definisati pouzdane modelne karakteristike ispitivanih dimenzija mišićne sile kod motoričkog zadatka stiska šake u sedećem položaju u funkciji pola, a kod zdravih i mladih osoba. Sva tri definisana modela i to sa aspekta zavisnosti: F_{aps} vs time, $F_{\%}$ vs time i F_{rel} vs time su opisali prostor merenja sa preciznošću predikcije od 99.99% kod zavisnosti $F_{\%}$ vs time devojke leva šaka do 94.40% kod zavisnosti $F_{\%}$ vs time muškarci desna šaka.

Na ovaj način definisan je pouzdani merni postupak kojim je moguće dijagnostifikovati nivo funkcionalno-radne sposobnosti ispitivanih kontraktilnih svojstava šake kao osnovnog manipulativnog organa. Dobijeni podaci, nadalje, mogu poslužiti i u svrhu merenja navedenih sposobnosti osoba različite utreniranosti, različitog funkcionalnog i zdravstvenog stanja kao i kod osoba sa različitim stepenima motoričkih ili nekih drugih poremećaja.

LITERATURA

1. Bošković, M. (2003). *Anatomija čoveka*. Beograd: Medicinska knjiga.
2. DeBeliso, M., Fichtner, D., Murdock, L., & Adams, J. F. (2009). Grip norms and reliability of the Hand Grip ForceMap System. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (5) (Supplement 1): 247.

3. Demura, S., Yamaji, S., Nagasawa, Y., Sato, S., Minami, M., & Yoshimura, Y. (2003). Reliability and gender differences of static explosive grip parameters based on force-time curves. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 28-35.
4. Dopsaj, M. (2010). Karakteristike F-t krive: Analitički i dijagnostički značaj u sportu. u Stanković, R. (Ed.). XIV Međunarodni naučni skup – FIS KOMUNIKACIJE 2010 u sportu, fizičkom vaspitanju i rekreaciji. *Zbornik radova, Niš. 22. oktobar 2010 godine*, (p. 47-69). Niš: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Nišu.
5. Dopsaj, M., Blagojević, M., Marinković, B., Miljuš, D., Vučković, G., Koropanovski, N., Ivanović, J., Atanasov, D., & Janković, R. (2010). *Modelne karakteristike osnovnih antropometrijskih pokazatelja i bazično-motoričkih sposobnosti (BMS) zdravih i utreniranih mladih osoba oba pola – populacioni pokazatelji Republike Srbije*. Beograd: Kriminalističko-policijska akademija.
6. Dopsaj, M., Ivanović, J., Blagojević, M., & Vučković, G. (2009). Descriptive, functional and sexual dimorphism of explosive isometric hand grip force in healthy university students in Serbia. *FACTA UNIVERSITATIS: Series Physical Education and Sport*, 7 (2), 125-139.
7. Dopsaj, M., Ivanović, J., Blagojević, M., Koropanovski, N., Vučković, G., Janković, R., Marinković, B., Atanasov, D., & Miljuš, D. (2009). Basic and specific characteristics of the hand grip explosive force and time parameters in different strength trained population. *Brazilian Journal of Biomechanics*, 3 (2), 177-193.
8. Dopsaj, M., Vučković, G., & Blagojević, M. (2007). Normativno-selekcioni kriterijum za procenu bazično motoričkog statusa kandidata za prijem na studije Kriminalističko-policijske akademije u Beogradu. *Bezbednost*, 49 (4), 166-183.
9. Dopsaj, M., Koropanovski, N., Vučković, G., Blagojević, M., Marinković, B., & Miljuš, D. (2007). Maximal isometric hand grip force in well-trained university students in Serbia:

- Descriptive, functional and sexual dimorphic model. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 1 (1-4), 139-148.
10. Ivanović, J., Dopsaj, M., Nešić, G., & Stanković, R. (2010). Polni dimorfizam kod različitih indikatora za procenu izometrijske eksplozivne sile opružaća nogu. *Fizička Kultura*, 64 (1), 46-61.
 11. Ivanovic, J., Koropanovski, N., Vuckovic, G., Jankovic, R., Miljus, D., Marinkovic, B., Atanasov, D., Blagojevic, M., & Dopsaj, M. (2009). Functional dimorphism and characteristics considering maximal hand grip force in top level athletes in the Republic of Serbia. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 168 (5), 297-310.
 12. Ilić, A. (2008). *Anatomija gornjeg ekstremiteta (membrum superius)*. Beograd: Savremena administracija.
 13. Kukolj, M. (2006). *Antropomotorika*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu.
 14. Marković, G., & Jarić, S. (2004). Movement performance and body size: the relationship for different groups of tests. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 139-149.
 15. Petrović Radić, M. (2003). *Skoliotični učenici kao somatopedski problem – magistarska teza*. Beograd: Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju Univerziteta u Beogradu.
 16. Samuilidu, E. (2001). *Značaj programiranog somatopedskog tretmana u procesu profesionalnog osposobljavanja hendikepiranih učenika – doktorska disertacija*. Beograd: Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju Univerziteta u Beogradu.
 17. Svantesson, U., Slinde, F., Edwén, C., & Hulthén, L. (2009). Is hand grip strength a valuable tool in order to assess physical performance in athletes? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (5), 32.
 18. Stevanović, S. (2002). *Kineziologija i primenjena anatomija*. Beograd: Visoka železnička škola strukovnih studija u Beogradu.
 19. Stošljević, L., Stošljević, M. & Odović, G. (2006). *Procena sposobnosti osoba sa motoričkim poremećajima*. Beograd: Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju Univerziteta u Beogradu.

20. Stošljević, L., Čukić, R., & Stošljević, M. (1999). *Metodika razredne nastave za telesno invalidna lica (Somatometodika)*. Beograd: Defektološki fakultet.
21. Taglione, T., Otto, R. M. F., Wygand, J., Laviano, T., Franzese, P., Flynn, C., & Kiefer, S. (1999). The use of hand grip dynamometer performance as an index of total body strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (5), S78.
22. Tyldesley, B., & Grieve, J. (2000). *Muscles, nerves and movement: Kinesiology in daily living (Sec. Ed.)*. Oxfor. UK: Blackwell Science. Ltd.

MODEL INDICATORS OF MUSCLE FORCE CHARACTERISTICS IN YOUNG AND HEALTHY PERSONS WHILE PERFORMING MOTOR TASK- HAND GRIP: PILOT RESEARCH

Milivoj Dopsaj*, Dragana Kljajić**, Fadilj Eminović***, Nenad Koropanovski****, Raša Dimitrijević***** Irena Stojković***

*University of Belgrade, Faculty of Sport and Physical Education**

*Collage of Health Studies, Čuprija***

*University of Belgrade, Faculty of Special Education and Rehabilitation****

*The academy of criminalistic and police studies, Belgrade*****

Summary

In this study we defined model indicators of different muscle force characteristics while performing motor task: hand grip, by using isometric dynamometry method. The sample included 33 examinees (16 males, and 17 females) all students of Criminalistic-police academy, Belgrade, chosen randomly from the I year students of academic studies. The measured space was defined in relation to three aspects of muscle force dimensions: the aspect of muscle force (absolute value expressed in N, relative value expressed in N/kg BM and relativized value expressed in % out of F_{max}), time aspect of expressing the given force percentage (time of endurance with 80, 50 and 30% out of F_{max} , expressed in seconds) and mathematical models defined as different dependencies of expressed force characteristic as a function of time: F_{aps} vs time, $F_{\%}$ vs time i F_{rel} vs time. The results show that by using mathematical modeling method, the measuring space is described by precision at the level of prediction from 99.97 % (in dependence $F_{\%}$ vs time, girls, left hand) to 91.86% (in dependence $F_{\%}$ vs time, man, right hand). However, for defining model indicators from the aspects of measured contractility capacity and for calculating the criteria indicators in young and healthy population it is necessary to repeat the measuring in the greater number of examinees.

Key words: contractility capacity, muscle force, hand grip, methods of mathematical modelig

Primljeno, 28. 2. 2011.

Prihvaćeno, 17. 3. 2011.