

## КОНТРОЛА СТВАРАЊА МИШИЋНЕ СИЛЕ ОПРУЖАЧА РУКУ У ИЗОМЕТРИЈСКОМ РЕЖИМУ НАПРЕЗАЊА КОД ПОЛИЦАЈАЦА

Др Ђурица Амановић,  
Доц. др Миливој Допсај,  
Криминалистичко-полицијска академија, Београд

**Сажетак:** У раду су испитиване карактеристике аутпута (out-put) механизма одговорног за контролу стварања задатог нивоа силе над мишићима опружача руку. Истраживање је остварено применом теста бенц-прес у изометријским условима напрезања, а реализовано је над узорком од 150 испитаника. Испитаници су током експерименталног тестирања остварили по 5 појединачних тестовних покушаја, при чему је при првом покушају мерена максимална мишићна изометријска сила  $F_{\max IZO}$  ( $F_{30\%T}$ ,  $F_{50\%T}$ ,  $F_{70\%T}$  и  $F_{90\%T}$ ), а у преостала четири је мерена остварена сила у односу на задати проценат од максималне силе  $F_{\max}$  на нивоу од 30%, 50%, 70% и 90% ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ). Такође, мерени су и остали параметри који дефинишу механизме испољавања изометријске мишићне силе и то: брзина стварања силе у јединици времена, тј. експлозивност – RFD, брзина укључења моторних јединица – K и време потребно за генерисање испитиваних нивоа силе – t. Сви поменути параметри су посматрани у односу на теоретски задат модул (ниво силе), као и за остварени, тј. реализовани модул (ниво силе). Резултати студентовог t-теста су показали да постоје статистички значајне разлике ( $p < 0.01$ ) између средње вредности остварене силе и средње вредности теоретског нивоа силе од  $F_{\max IZO}$  (30%, 50%, 70% и 90% као средњег, великог и субмакс-

сималног нивоа силе) код свих праћених варијабли, осим код постигнуте и остварене силе код варијабли  $F_{90\%T} - F_{90\%O}$  ( $p = 0.74$ ) и  $RFD_{90\%T} - RFD_{90\%O}$  ( $p = 0.22$ ). Генерално, на основу параметара који су праћени у наведеном истраживању може се закључити да се контрола генерисања максималних и задатих износа силе, задате (остварене) вредности од максималних (теоретских) разликују.

**Кључне речи:** *изометријска сила, моћорна контрола, бенч-прес, сиецијално физичко образовање, тренинг.*

## 1. УВОД

Многи аутори су се бавили проблематиком у вези с максималном силом мишића и њеним димензијама оствареним у изометријском режиму напрезања (Hakkinen and Komi, 1986; MacDougall et al., 1991; Pryor et al., 1994; Haff et al., 1997; Müller et al., 2000; Mirkov et al., 2003). Међутим, мали број аутора се бавио специфичним параметрима силе и контролом њеног испољавања (Herzog, 2001; Milošević, 2002; Christou et al., 2002; Linnamo et al., 2002), нарочито у функцији спортског тренинга (Dopsaj et al., 2002; Milošević et al., 2004; Rajić et al., 2004; Амановић и сар., 2004, Амановић и Дојсај, 2005).

Дијагностика нивоа припремљености и селекције спортиста у домену контрактилних способности, која се проверава на основу базичних параметара, односно према нивоу развијености максималне силе ( $F_{max}$ ) или експлозивне силе ( $RFD_{F_{max}}$ ) не обезбеђује валидне податке у функцији потпуне контроле тренажног процеса, па самим тим ни довољно података за оптимизацију тренажног процеса (Zatsiorsky, 1995; Wilson and Murphy, 1996; Müller et al., 2000; Milošević, 2002). У савременом технолошком процесу тестирања полицајаца и спортиста користе се врхунски хардверско-софтверски системи с тензиометријским сондама веома велике осетљивости, тако да је њима могуће направити записе промене силе у јединици времена фреквенцијом од преко 100 MXz/s (Dopsaj et al., 2000; Mirkov et al., 2003; Амановић и сар., 2004; Milošević et al., 2004). Таква брзина аквизације података обезбеђује могућност за анализу записа промене силе у јединици времена у односу на саму структуру механичких манифестација посматране контракције. Даље, омогућена је анализа записа у односу на жељени временски интервал (100ms, 200ms, 300ms...), у односу на жељени проценат од максималне силе (10%, 20%, 30%... од  $F_{max}$ ), у односу на достигнути ниво силе (30N, 50N, 150N, 200N...), у односу на жељени проценат времена у функцији трајања контракције (10%,

20%, 30%... od  $tF_{max}$ ), брзину стварања силе у јединици времена ( $RFD\%$ ), или експлозивну силу (rate of force development) изражену у N/s (њутн/секунду), коефицијент којим се описује брзина укључења мишића изражен у арбитралним јединицама (K), односно могуће је анализирати све механичке карактеристике записа силе (Hakkinen & Komi, 1986; MacDougall et al., 1991; Sale, 1992; Pryor et al., 1994; Zatsiorsky, 1995; Haff et al., 1997; Dopsaj et al., 2000; Milošević, 2002; Dopsaj et al., 2002; Амановић и Допсај, 2005). Ово је важно јер један од веома битних сегмената рада је и прикупљање информација које се односе на одговарајућу селекцију, као и на праћење и сталну контролу стања утренираности спортиста и полицајаца (Zatsiorsky, 1995; Wilson and Murphy, 1996; Müller et al., 2000; Milošević, 2002; Blagojević i sar., 2006).

Резултати добијени у овом раду указују на природни ниво (код припадника полиције) одступања, односно варијабилитета стварања мишићне силе у односу на моторичким задатком задати ниво. Ти подаци су веома значајни с аспекта разумевања проблематике контроле стварања мишићне силе и реализације задатог покрета, и могу обезбедити ново знање које ће се примењивати у методологији припремљености полицајаца с аспекта БМС-а (базично-моторичког статуса), методологији припремљености полицајаца с аспекта СФО-а (специјалног физичког образовања), као и у методологији спортског тренинга. Такође, добијени резултати могу послужити и са аспекта разумевања механизма нервно-мишићне адаптације током тренинга за развој мишићне силе (Gydikov et al., 1976; Schmidt, 1988; Winter, 1990; Sale, 1992; Müller et al., 2000; Milošević et al., 2004).

Циљ рада је да се квантификују, тј. измере разлике, као мера за дати ниво контроле, испољавања силе (остварена сила) и њених карактеристика у односу на задатком задати (теоретски) ниво силе у изометријском режиму напрезања мишића опружача руку применом теста бенц-прес (Pryor et al., 1994; Амановић и Допсај, 2006). Опружачи руку су изабрани као мишићна група, тј. сегмент тела који је генерално одговоран за манипулацију рукама, док је бенц-прес изабран као вежба, тј. позиција која је најадекватнија за процену дате контрактилне способности тестиране мишићне група. На тај начин се индиректним путем, односно преко механизма регулације аутопута (излазне компоненте система: свесна драж, тј. моторички задатак – командни сигнал из ЦНС-а – кичмена мождина – мишићна контракција – остварена сила) и последично реализоване мишићне силе могу испитивати механизми задужени за њену контролу и начин испољавања. Дати механизам је од примарног значаја с аспекта опште и специфичне физичке припремљености, како у односу на примену основних метода, тако и у односу на специфичне тренажне методе. Такође, добијени резултати истраживања могу имати велику применљивост у односу на усавршавање тренажне технологије у СФО-у, као и у тре-

нингу врхунских спортиста (Dopsaj et al., 2002; Амановић и сар., 2004; Rajić et al., 2004; Mudrić i sar., 2005; Milošević et al., 2004).

## 2. МЕТОДЕ

### Узорак испитаника

Тестирање је извршено на узорку од 150 студената мушког пола (узраст =  $22.1 \pm 1.5$  година; ТВ =  $1.821 \pm 0.058$  m; ТМ =  $83.89 \pm 10.21$  kg) Више школе унутрашњих послова у Земуну. Сви испитаници су били доброг физичког и здравственог стања и добровољно су пристали да учествују у тестирању, које је реализовано у складу с Етичким кодексом ВШУП-а (Статут Више школе унутрашњих послова).

### Узорак варијабли

Контрола стварања силе је испитивана коришћењем посебно развијеног хардверско-софтверског система за мерење силе који се користи у Дијагностичко-прогностичкој лабораторији у ВШУП-у (Амановић и сар., 2004; Амановић и Допсај, 2005).

Процена контроле стварања силе је рађена преко нивоа постигнуте (теоретске) мишићне силе од максимално измерене у изометријском режиму напрезања –  $F_{\max izo}$  ( $F_{30\%T}$ ,  $F_{50\%T}$ ,  $F_{70\%T}$  и  $F_{90\%T}$ ), задатог (оствареног) ниво силе на 30%, 50%, 70%, 90% од  $F_{\max izo}$  ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ), као и следећих параметара: брзине стварања силе у јединици времена – RFD за сваки ниво силе (теоретски и остварени), изражен у N/s ( $RFD_{30\%T}$ ;  $RFD_{50\%T}$ ;  $RFD_{70\%T}$ ;  $RFD_{90\%T}$ ;  $RFD_{30\%O}$ ;  $RFD_{50\%O}$ ;  $RFD_{70\%O}$  и  $RFD_{90\%O}$ ), брзине укључења моторних јединица – К изражен у арбитралним јединицама ( $K_{30\%T}$ ;  $K_{50\%T}$ ;  $K_{70\%T}$ ;  $K_{90\%T}$ ;  $K_{30\%O}$ ;  $K_{50\%O}$ ;  $K_{70\%O}$  и  $K_{90\%O}$ ) и времена потребног за генерисање одређеног нивоа силе – t изражено у ms ( $t_{30\%T}$ ;  $t_{50\%T}$ ;  $t_{70\%T}$ ;  $t_{90\%T}$ ;  $t_{30\%O}$ ;  $t_{50\%O}$ ;  $t_{70\%O}$  и  $t_{90\%O}$ ). На тај начин је с четири карактеристичне тачке описана испољена сила као излазна вредност или аупут контрактилног система организма, тј. манифестна способност fine контроле испољавања задатог нивоа мишићне силе у опсегу од 30–90% од  $F_{\max izo}$ . Сва мерења су извршена у изометријском режиму напрезања применом Белт методе (Dopsaj et al., 2000; Амановић и Допсај, 2005).

### Процедура тестирања

Експериментом је било обухваћено тестирање мишића опружача руку (билатерално) применом теста бенц-прес у изометријским условима напрезања. Дата мишићна група је изабрана као кранијални сегмент тела, односно

екстремитети којима се врши манипулација средствима принуде и реализација различитих кретних активности (техника) у СФО-у и у спорту, те стога припада категорији веома важних мишићних група (Pulton, 1974; Verhořanski i sar., 1992; Pryor et al., 1994; Zatsiorsky, 1995; Dopsaj et al., 2002; Tidow, 2002; Jones et al., 2004; Амановић и Допсај, 2005; Благојевић и сар., 2006 ).

На основу употребљеног протокола експеримента, испитаници су током теста реализовали пет појединачних тестирања, према следећој процедури: након стандардизованог загревања (пет минута самостално), задатак испитаника је био да у првом мерењу остваре максималну мишићну силу ( $F_{\max IZO}$ ) у датом тесту, тј. изометријском бенц-пресу. Након тога им се саопштавала постигнута вредност  $F_{\max IZO}$ , као и теоретске вредности на нивоу од 30%, 50%, 70% и 90% дате силе ( $F_{30\%T}$ ,  $F_{50\%T}$ ,  $F_{70\%T}$  и  $F_{90\%T}$ ) као примарне информације о резултату теста. Након паузе од једног минута, сваки испитаник је реализовао још четири тестовна покушаја, чији је задатак био да покуша да што прецизније, тј. тачније (у складу с „осећајем“) оствари силу на нивоу од 30%, 50%, 70% и 90% од максимума ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ). Паузе између појединачних покушаја су биле један минут. На тај начин је с пет карактеристичних тачака описан аутпут контрактилног система организма с аспекта манифестне способности fine контроле испољавања задатог нивоа мишићне силе у опсегу од 30–90% од  $F_{\max}$ . Да би се избегли ефекти едукације, сваки испитаник је имао само један покушај реализације датог задатка. Коришћена мерна опрема и процедура тестирања с примењеним тестом је валидирана у ранијим истраживањима (Pryor et al., 1994; Haff et al., 1997; Dopsaj et al., 2000; Амановић и сар., 2004; Milošević et al., 2004; Амановић и Допсај, 2005).

Начин извођења теста је био следећи: испитаник у лежећем положају на равној клупи рукама ухвати држач металне полуге (слика 1) тако да угао између надлактице и подлактице износи око 90°. Подизањем полуге, за коју су закачени ланац и тензиометријска сонда која је својим другим крајем причвршћена за куку на дну конструкције (слика 2), испитаник на звучни сигнал изводи тестовни покушај опружања руку максималном или задатом силом. Резултат теста се аутоматски, помоћу коришћене тензиометријске сонде и припадајућег хардверско-софтверског система, бележио у посебну базу података.



Слика 1 – Позиција испитаника при извођењу теста



Слика 2 – Детаљ конструкције са сондом

### Статистичке анализе

Сирови подаци су подвргнути методи дескриптивне и компаративне статистике. Распон дистрибуције резултата разлике (одступања) силе и осталих праћених контрактилних карактеристика у односу на тестом теоретски остварену и хипотетски израчунату вредност с аспекта нивоа силе ( $F_{30\%IZO}$ ,  $F_{50\%IZO}$ ,  $F_{70\%IZO}$  и  $F_{90\%IZO}$ ) изражена је у апсолутним вредностима (daN, daN/s, арбитралне јединице и ms). На основу статистичких параметара за дефинисање основних мера централне тенденције и мера варијабилитета података израчунато је следеће: основни дескриптивни показатељи (аритметичка средина – MEAN, стандардна девијација – SD, стандардна грешка – SE, коефицијент варијације – cV%, максимална – Max и минимална – Min вредност варијабли).

Правилност дистрибуције сваке појединачне варијабле је утврђивана применом непараметриског Kolmogorov-Smirnov теста. За утврђивање постојања разлике између појединачних варијабли (теоретског и оствареног нивоа силе и праћених карактеристика) коришћена је Студентова t-статистика за парне узорке одређивањем t-вредности и нивоа значајности  $p < 0.01$  (Perić, 1996; Hair et al., 1998).

### 3. РЕЗУЛТАТИ

У табели 1 су приказани подаци основне дескриптивне статистике постигнутог (теоретског) нивоа силе и осталих праћених карактеристика. Резултати показују да је тестирани узорак испитаника мишићима опружача руку применом теста бенц-прес у изометријским условима напрезања могао да оствари просечну максималну силу ( $F_{maxIZO}$ ) од  $206.86 \pm 34.49$  daN ( $2068.6 \pm 344.9$  N)

уз коефицијент варијације резултата (cV%) од 16.67%. На основу резултата се може тврдити да се све измерене вредности cV% налазе у распону од 16.65% за варијаблу  $F_{50\%T}$  (веома хомоген скуп променљивих) до 88.78% за варијаблу  $t_{30\%T}$  (изразито нехомоген скуп). Дати подаци указују на то да је испитивана популација припадала веома хомогеном скупу с аспекта тестиране мишићне групе и да се могла третирати као репрезентативна група (Pegić, 1996; Hair et al., 1998).

Када су у питању показатељи оствареног нивоа силе, дати подаци такође указују на то да је испитивана популација припадала веома хомогеном скупу с аспекта тестиране мишићне групе и да се могла третирати као репрезентативна група. На основу резултата (табела 2) се може тврдити да су сви измерени резултати хомогени јер се вредност cV% налази у распону од 17.57% за варијаблу  $F_{70\%O}$  (веома хомоген скуп променљивих) до 61.58% за варијаблу  $t_{30\%O}$  (нехомоген скуп променљивих).

У односу на дистрибуцију резултата указују на то да је није утврђена разлика између модела теоретски правилне и измерене дистрибуције за праћене варијабле, тако да се може тврдити да подаци имају статистички значајну валидност интерпретације и да се могу користити у даљим статистичким процедурама (Pegić, 1996).

Табела 1 – Приказ основних дескриптивних података постигнутог  
(теоретског) нивоа силе

	Mean	SD	cV%	Min	Max	Std. Error	K-S Z	K-S p
$F_{30\%T}$ (daN)	62.77	10.46	16.66	37.70	78.64	0.85	1.07	0.20
$F_{50\%T}$ (daN)	104.13	17.34	16.65	62.96	129.29	1.42	1.13	0.15
$F_{70\%T}$ (daN)	144.28	24.10	16.71	86.73	177.94	1.97	1.11	0.17
$F_{90\%T}$ (daN)	185.66	31.03	16.71	111.87	228.71	2.53	1.14	0.15
$F_{100\%T}$ (daN)	206.86	34.49	16.67	125.68	253.10	2.82	1.23	0.10
$t_{30\%T}$ (ms)	196.30	174.27	88.78	15.23	1160.75	14.23	1.92	0.00
$t_{50\%T}$ (ms)	280.98	204.04	72.62	32.54	1254.58	16.66	1.60	0.01
$t_{70\%T}$ (ms)	439.47	245.08	55.77	28.73	1382.89	20.01	1.14	0.15
$t_{90\%T}$ (ms)	993.76	436.64	43.94	235.03	2560.18	35.65	0.81	0.53
$t_{100\%T}$ (ms)	2087.82	802.48	38.44	323.24	4932.18	65.52	0.44	0.99
$K_{30\%T}$	2.95	2.28	77.24	0.31	12.85	0.19	1.88	0.00
$K_{50\%T}$	3.45	2.29	66.51	0.55	15.64	0.19	1.70	0.01
$K_{70\%T}$	3.40	2.07	61.04	0.85	16.35	0.17	1.78	0.00
$K_{90\%T}$	2.87	1.56	54.59	0.90	9.81	0.13	2.20	0.00
$K_{100\%T}$	3.15	2.21	70.05	1.22	14.54	0.18	2.60	0.00
$RFD_{30\%T}$ (N/s)	457.52	325.20	71.07	39.04	1756.29	26.56	2.21	0.00
$RFD_{50\%T}$ (N/s)	473.24	305.47	64.54	60.10	1781.40	24.94	2.04	0.00
$RFD_{70\%T}$ (N/s)	397.21	228.63	57.55	75.51	1251.23	18.66	3.02	0.00
$RFD_{90\%T}$ (N/s)	235.57	148.92	63.22	54.97	969.41	12.16	2.51	0.00
$RFD_{100\%T}$ (N/s)	131.54	116.74	88.75	32.65	783.01	9.53	3.36	0.00

Табела 2 – Приказ основних дескриптивних података задатог (оствареног) нивоа силе

	Mean	SD	cV%	Min	Max	Std. Error	K-S Z	K-S p
F <sub>30%O</sub> (daN)	81.64	21.14	25.89	44.92	146.34	1.73	1.20	0.11
F <sub>50%O</sub> (daN)	111.47	25.20	22.61	29.62	173.21	2.06	1.05	0.22
F <sub>70%O</sub> (daN)	147.97	26.00	17.57	80.38	209.92	2.12	0.82	0.51
F <sub>90%O</sub> (daN)	186.02	34.18	18.38	117.34	253.10	2.79	0.67	0.76
t <sub>30%O</sub> (ms)	961.77	592.25	61.58	285.75	3730.06	48.36	2.05	0.00
t <sub>50%O</sub> (ms)	1044.24	611.60	58.57	110.16	4264.87	49.94	1.70	0.01
t <sub>70%O</sub> (ms)	1273.52	677.33	53.19	334.00	3184.74	55.30	1.79	0.00
t <sub>90%O</sub> (ms)	1734.74	708.05	40.82	36.96	3987.13	57.81	0.77	0.60
K <sub>30%O</sub>	6.69	3.24	48.37	1.31	16.33	0.26	0.87	0.44
K <sub>50%O</sub>	5.70	3.17	55.52	1.03	19.83	0.26	1.34	0.06
K <sub>70%O</sub>	4.92	2.48	50.38	1.48	14.31	0.20	1.28	0.08
K <sub>90%O</sub>	3.44	2.01	58.28	1.19	13.20	0.16	2.36	0.00
RFD <sub>30%O</sub> (N/s)	110.56	62.12	56.19	16.51	419.36	5.07	1.27	0.08
RFD <sub>50%O</sub> (N/s)	141.62	84.05	59.35	23.11	522.96	6.86	1.18	0.12
RFD <sub>70%O</sub> (N/s)	155.36	90.81	58.45	27.99	547.66	7.41	1.14	0.15
RFD <sub>90%O</sub> (N/s)	133.27	79.87	59.93	42.27	460.36	6.52	2.23	0.00

У односу на вредност задате силе на нивоу од 30% од  $F_{\max}$  теоретски (табела 3), испитаници су приликом датог тестовног покушаја остварили већу силу од теоретски потребне за просечно 3 daN (30 N). Остварена сила  $F_{30\%O}$  је била већа од задатком потребне за 3.81%. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од теоретског времена за 765.47 ms или 3.8 пута више. То стање брзина стварања силе (RFD) и брзина укључења мишића (K) прате на следећи начин: у постизању задатог нивоа силе од 30%, супротно теоретски потребном нивоу силе, брзина њеног стварања је мања у просеку за 521.59 N/s. Брзина укључења моторних јединица за задати ниво силе континуирано је висока ( $K = 6.69$ ), што је у просеку веће за 3.74 од 30% од  $F_{\max}$  теоретски.

У односу на вредност задате силе на нивоу од 50% од  $F_{\max}$  теоретски (табела 3), испитаници су приликом датог тестовног покушаја остварили већу силу од теоретски потребне за просечно 7.34 daN (73.4 N). Остварена сила  $F_{50\%O}$  је била већа од задатком потребне за 7.05%. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од теоретског времена за 763.26 ms или 2.7 пута више. То стање брзина стварања силе (RFD) и брзина укључења мишића (K) прате на следећи начин: у постизању задатог нивоа силе од 50%, супротно теоретски потребном нивоу силе, брзина њеног стварања је мања у просеку за 468.61 N/s. Брзина укључења моторних јединица за задати ниво силе континуирано је висока ( $K = 5.70$ ), што је у просеку веће за 2.25 од 50% од  $F_{\max}$  теоретски.



Табела 3 – Приказ разлика остварених и теоретских параметара силе

	<b>30% од <math>F_{max}</math> теоретски</b>	<b><math>F_{30\%IZO}</math> остварено</b>	<b>Razlika apsolutno</b>
<b>F (daN)</b>	78.64	81.64	3.81
<b>t (ms)</b>	196.30	961.77	765.47
<b>K</b>	2.95	6.69	3.74
<b>RFD (N/s)</b>	632.15	110.56	- 521.59
	<b>50% од <math>F_{max}</math> теоретски</b>	<b><math>F_{50\%IZO}</math> остварено</b>	<b>Razlika apsolutno</b>
<b>F (daN)</b>	104.13	111.47	7.34
<b>t (ms)</b>	280.98	1044.24	763.26
<b>K</b>	3.45	5.70	2.25
<b>RFD (N/s)</b>	610.23	141.62	- 468.61
	<b>70% од <math>F_{max}</math> теоретски</b>	<b><math>F_{70\%IZO}</math> остварено</b>	<b>Razlika apsolutno</b>
<b>F (daN)</b>	144.28	147.97	3.69
<b>t (ms)</b>	439.47	1273.52	834.05
<b>K</b>	3.40	4.92	1.52
<b>RFD (N/s)</b>	513.42	155.36	- 358.06
	<b>90% од <math>F_{max}</math> теоретски</b>	<b><math>F_{90\%IZO}</math> остварено</b>	<b>Razlika apsolutno</b>
<b>F (daN)</b>	185.66	186.02	0.36
<b>t (ms)</b>	993.76	1734.74	740.98
<b>K</b>	2.87	3.44	0.57
<b>RFD (N/s)</b>	235.57	185.74	- 49.83

У односу на вредност задате силе на нивоу од 70% од  $F_{max}$  теоретски (табела 3), испитаници су приликом датог тестовног покушаја остварили већу силу од теоретски потребне просечно за 3.69 daN (36.9 N). Остварена сила  $F_{70\%O}$  је била већа од задатком потребне за 2.56%. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од теоретског времена за 834.05 ms или 1.8 пута више. То стање брзина стварања силе (RFD) и брзина укључења мишића (K) прате на следећи начин: у постизању задатог нивоа силе од 70%, супротно теоретски потребном нивоу силе, брзина њеног стварања мања је у просеку за 358.06 N/s. Брзина укључења моторних јединица за задати ниво силе континуирано је висока ( $K=4.96$ ) што је у просеку веће за 1.52 од 70% од  $F_{max}$  теоретски.

У односу на вредност задате силе на нивоу од 90% од  $F_{max}$  теоретски (Табела 3), испитаници су приликом датог тестовног покушаја остварили већу силу од теоретски потребне за просечно 0.36 daN (3.6 N). Остварена сила  $F_{90\%O}$  је била већа од задатком потребне за 0.19%. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од теоретског времена за 740.98 ms или 0.7 пута више. То стање брзина стварања силе (RFD) и брзина укључења мишића (K) прате на следећи начин: у постизању задатог нивоа силе од 90%, супротно теоретски потребном нивоу силе, брзина њеног стварања је мања у просеку за 49.83 N/s. Брзина укључења моторних јединица за задати ниво силе је већа ( $K = 3.44$ ), што је у просеку веће за 0.57 од 90% од  $F_{max}$  теоретски.

Табела 4 – Студентов t-тест за парне узорке

	Paired Differen.		Std. Error		df	p
	Mean	Std. Deviation	Mean	t		
<b>F<sub>30%T</sub> – F<sub>30%O</sub></b>	-18.86	20.14	1.64	-11.47	149.00	0.00
<b>F<sub>50%T</sub> – F<sub>50%O</sub></b>	-7.34	22.71	1.85	-3.96	149.00	0.00
<b>F<sub>70%T</sub> – F<sub>70%O</sub></b>	-3.69	16.71	1.36	-2.70	149.00	0.01
<b>F<sub>90%T</sub> – F<sub>90%O</sub></b>	-0.35	12.80	1.05	-0.34	149.00	0.74
<b>t<sub>30%T</sub> – t<sub>30%O</sub></b>	-765.48	537.90	43.92	-17.43	149.00	0.00
<b>t<sub>50%T</sub> – t<sub>50%O</sub></b>	-940.11	614.60	50.18	-18.73	149.00	0.00
<b>t<sub>70%T</sub> – t<sub>70%O</sub></b>	-834.05	649.80	53.06	-15.72	149.00	0.00
<b>t<sub>90%T</sub> – t<sub>90%O</sub></b>	-740.98	714.76	58.36	-12.70	149.00	0.00
<b>K<sub>30%T</sub> – K<sub>30%O</sub></b>	-3.73	3.26	0.26	-14.03	149.00	0.00
<b>K<sub>50%T</sub> – K<sub>50%O</sub></b>	-2.26	3.51	0.29	-7.88	149.00	0.00
<b>K<sub>70%T</sub> – K<sub>70%O</sub></b>	-1.52	2.79	0.23	-6.68	149.00	0.00
<b>K<sub>90%T</sub> – K<sub>90%O</sub></b>	-0.58	2.17	0.18	-3.24	149.00	0.00
<b>RFD<sub>30%T</sub> – RFD<sub>30%O</sub></b>	521.59	627.29	51.22	10.18	149.00	0.00
<b>RFD<sub>50%T</sub> – RFD<sub>50%O</sub></b>	468.61	518.51	42.34	11.07	149.00	0.00
<b>RFD<sub>70%T</sub> – RFD<sub>70%O</sub></b>	358.05	559.42	45.68	7.84	149.00	0.00
<b>RFD<sub>90%T</sub> – RFD<sub>90%O</sub></b>	49.83	499.12	40.75	1.22	149.00	0.22

У табели 4 су приказани резултати разлика између средњих вредности које су остварили испитаници у функцији постигнутог (теоретског) и задатог (оствареног) интензитета мишићне силе. Резултати показују да постоје статистички значајне разлике између аритметичких средина остваривања силе код свих праћених параметара ( $p < 0.01$ ). Једино није утврђена статистички значајна разлика између упоређиваних аритметичких средина код нивоа од  $F_{90\%T} - F_{90\%O}$  ( $p = 0.74$ ) и брзине стварања силе код нивоа од  $RFD_{90\%T} - RFD_{90\%O}$  ( $p = 0.22$ ) код субмаксималног нивоа силе.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Резултати који су добијени применом дате методологије указују на то да направљени систем и примењена метода омогућују мерење и компарацију посматраних параметара контроле испољавања постигнутог (теоретског) и задатог (оствареног) нивоа мишићне силе. Будући да је механизам нервне адаптације и контроле генерисања потребног (жељеног) нивоа мишићне силе донекле нејасан, овај рад представља напор ка разумевању истог у функцији реализације различитих моторичких програма током процеса едукације или тренинга СФО-а, ефикасне употребе техника СФО-а или средстава принуде током професионалног рада или спортских такмичења у различитим спортовима.

У презентованом раду, контрола стварања задатог нивоа силе опружача руку у изометријским условима напрезања применом теста бенц-прес, проучавана је преко нивоа остварене силе на 30%, 50%, 70% и 90% од  $F_{maxIZO}$  ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ) у односу на постигнути (теоретски) проценат од максималне силе  $F_{maxIZO}$  ( $F_{30\%T}$ ,  $F_{50\%T}$ ,  $F_{70\%T}$  и  $F_{90\%T}$ ) времена потребног за генерисање одређеног нивоа ( $t$ ), брзине стварања силе (RFD) и брзине укључења моторних јединица ( $K$ ). Резултати су показали да се контрола постизања задатог нивоа силе одвијала према одговарајућем манифестном обрасцу.

За постизање задатог нивоа од  $F_{30\%IZO}$  остварено је више силе од теоретски потребне, односно постигнутих 30% од  $F_{max}$ . То практично значи да је способност fine моторне контроле, тј. контролисаног испољавања мишићне силе на нивоу од 30% од  $F_{max}$  за испитанике представљала моторички задатак који они нису могли успешно, односно прецизно да реализују. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од времена за дати ниво од  $F_{max}$ . Поред тога, резултати у  $RFD_{30\%O}$  су статистички значајно мањи ( $p < 0.01$ ) од постигнутих вредности  $RFD_{30\%T}$ . Исто тако, брзина укључења моторних јединица у остваривању задатог нивоа силе је висока и статистички значајно већа ( $p < 0.01$ ) од теоретске вредности. Може се рећи да је део система ЦНС-а задужен за контролу нивоа испољавања мишићне силе правио велику „грешку“ код мањих вредности реализације силе, вероватно услед неадекватног нивоа моторичког искуства с аспекта координационих контрактилних карактеристика тестиране мишићне групе, односно неефикасног степена унутармишићне и међумишићне контроле генерисања силе на малом нивоу испољавања силе. У овом раду је проучавана варијабилност само манифестне – излазне карактеристике дефинисане преко мишићне силе. Иако нису проучавани активност моторне јединице и начин ангажовања, у досадашњим експериментима (Guyton and Hall, 1999; Moritani and Muro, 1987; Linnamo et al., 2002; Milošević et al., 2004; Jones et al., 2004) показано је како се сила у изометријским условима повећава, а моторне јединице укључују почевши од малих и спорих, а затим веће и брже. Сва мишићна влакна у саставу једне моторне јединице контрахују се истовремено (Guyton and Hall, 1999). Моторне јединице могу да се укључе у рад асинхроно (сукцесивно) и синхроно (консекутивно) различитим бројем импулса. У једном мишићу, оне се разликују према прагу паљења и према нивоу силе који могу да створе. Према тим категоријама моторне јединице се групишу у четири карактеристичне групе, почев од групе с најнижим нивоом паљења и најнижим нивоом силе до групе с највишим нивоом паљења и највишим нивоом силе (Gydikov et al., 1976; Moritani and Muro, 1987; Winter, 1990; Linnamo et al., 2002; Milošević et al., 2004). Моторне јединице, у оквиру једне групе, имају свој праг паљења после кога почињу да стварају силу и праг после кога не реагују стварањем већег нивоа силе без об-

зира на повећан број импулса који долазе у њих. Дакле, свака група је лимитирана нивоом силе који може да створи без обзира на број импулса који стигну у њих. Праг паљења за поједине групе креће се од 5 до 20 Hz, затим од 20 до 30 Hz, од 30 до 65 Hz и на крају од 65 до 100 Hz у секунди (Milošević, 2002). Сходно прагу паљења, оне могу да стварају просечан ниво силе који се креће од 1 до 105 декањутна (dN). Што је више укључено моторних јединица различитих карактеристика у јединици времена у мишићу, то је и ниво генерисане силе већи. Истраживања врхунских спортиста (Milošević, 2002; Milošević et al., 2004) показала су да се просечни ниво створене силе разликује међу групама моторних јединица код једног спортисте, али и да се разликује у оквиру исте групе код различитих спортиста. Повећањем силе појединих група моторних јединица повећава се и генерисана сила мишића. Највеће промене у стварању силе, односно највећи прираст силе у секунди, дешава се у интервалу од 18% до 32 % од максималног нивоа генерисане силе –  $F_{\max IZO}$  (Milošević, 2002).

Добијени резултати указују на то да, у реализованом експерименту, повећање у изометријској сили код нивоа од 30% од  $F_{\max}$  настаје највероватније због регрутовања већег броја малих моторних јединица од потребног (Milošević et al., 2002; Christou et al., 2002). Као последица тога, могуће разлике између нивоа остварене силе у односу на постигнути проценат од максималне силе  $F_{\max}$  могле би бити везане за разлике у стимулацији моторне јединице. Овде је, претпостављамо, реч о адаптивној контроли (Guyton and Hall, 1999). Наиме, ако покрет није изведен како треба, мозак врши корекцију и у следећем покушају шаље кориговане сигнале. Из тога произилази да промена траженог нивоа силе условљава промену обрасца укључења моторних јединица, уз антиципативну способност ЦНС-а при избору правог обрасца укључења моторних јединица за жељени ниво силе. Без обзира на образац укључења моторних јединица, у контроли њиховог ангажовања велику улогу игра и сензомоторна повратна веза, која може значајно да модификује број и брзину ангажованих моторних јединица, као и фреквенцију централно испланираних окидања мотоневрона. То би свакако требало да буде утврђено у неком наредном истраживању, користећи предложену методологију и електромиографску опрему (surface EMG).

Исто као код нивоа од  $F_{30\% IZO}$ , за постизање нивоа од  $F_{50\% IZO}$  остварено је више силе од задате (50% од  $F_{\max}$ ). Међутим, за разлику од 30%, овде је било доста испитаника који су остварили мање силе (подбацили) од задатком теоретски потребне силе, као и оних који су остварили више силе (пребацили) од задате, те је просек грешке мали, али је зато, последично, варијација велика. Време за постизање задате вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од времена за дати ниво од  $F_{\max}$ . Поред тога, резултати у  $RFD_{30\% O}$  су статистички значајно мањи ( $p < 0.01$ ) од постигнутих вредности  $RFD_{50\% T}$ . Исто тако, брзина укључења мо-

торних јединица у остваривању задатог нивоа силе је висока и статистички значајно већа ( $p < 0.01$ ) од теоретске вредности. Сличан резултат су добили Милошевић и сарадници (2004) у истраживању контроле генерисања силе различитих група мишића. Тестиране мишићне групе су оствариле више силе од задатог нивоа од 50% и то у распону од 2% (опружачи ногу) до 14% (прегибачи десне шаке).

За постизање нивоа од 70% и 90% испитаници су такође остварили више силе (пребацили) од задате, што практично значи да је и на овим нивоима контроле мишићне контракције способност прецизног, тј. контролисаног испољавања мишићне силе на вишим нивоима силе (70% и 90% од  $F_{max}$ ) била тежак моторички задатак. Међутим, распон дистрибуције резултата код виших нивоа силе има мању вредност у односу на остале нивое контролисаног испољавања силе. То практично значи да су испитаници код виших вредности ( $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ) задате силе мање грешили, односно били су ближе теоретски задатом нивоу силе ( $F_{70\%T}$  и  $F_{90\%T}$  од  $F_{max}$ ). Време за постизање задате вредности силе је веће ( $t < 0.01$ ) од времена за дати ниво од  $F_{max}$ . Поред тога, резултати у  $RFD_{70\%O}$  и  $RFD_{90\%O}$  су статистички значајно мањи ( $t > 0.01$ ) од постигнутих вредности  $RFD_{70\%T}$  и  $RFD_{90\%T}$ . Исто тако, брзина укључења моторних јединица у остваривању задатог нивоа силе ( $K_{70\%O}$  и  $K_{90\%O}$ ) је висока и статистички значајно већа ( $p < 0.01$ ) од теоретске вредности ( $K_{70\%T}$  и  $K_{90\%T}$ ).

Резултати овог истраживања су показали ниво одступања (варијабилитет) између задатог нивоа силе (% од  $F_{max}$ ) и оствареног нивоа силе код полицајаца – студената Више школе унутрашњих послова. Сходно томе, добијени резултати су указали на то да се модели контроле генерисања задатог (30%, 50%, 70% и 90% од  $F_{max}$ ) и оствареног нивоа силе ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ) разликују, као и на то да постоје разлике између времена постизања задате вредности силе, брзине генерисања силе и брзине укључења моторних јединица, оствареног и постигнутог (теоретског) нивоа силе. Код мањих нивоа силе наши испитаници су остваривали више силе од потребне и више су грешили, док су код већих нивоа испитаници остваривали нешто више силе од потребне, али су били прецизнији, тј. мање су грешили и трошили су више времена.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Контрола стварања силе је испитивана на узорку од 150 студената Више школе унутрашњих послова (узраста =  $22.5 \pm 1.5$  година, ТВ =  $1\ 820.46 \pm 58.61$  mm, ТТ =  $83.89 \pm 10.21$  kg) коришћењем стандардизоване опреме – хардверско софтверског система за мерење силе. Експериментом су обухваћени мишићи опружача руку применом теста бенц-прес у изометријским условима напрезања. Процена контроле стварања је рађена на основу нивоа постигнуте

(остварене) силе ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  и  $F_{90\%O}$ ), времена генерисања одређеног нивоа ( $t$ ), брзине стварања силе (RFD), брзине укључења моторних јединица (K) и разлика између задатог и постигнутог нивоа остварене силе у апсолутним износима. Сва мерења су рађена у изометријском режиму напрезања мишића применом Белт методе.

Резултати су показали да се контрола постизања задатог нивоа силе одвијала на следећи начин: за постизање задатог нивоа од 30%, 50%, 70% и 90% третирана мишићна група генерише више силе од задате у распону од 3.8% (30 N) за ниво од  $F_{30\%O}$  до 0.19% (3.6 N) за ниво од  $F_{90\%O}$ . Време за постизање задате (остварене) вредности силе је веће ( $p < 0.01$ ) од теоретског времена код свих нивоа силе. Релативно највише времена ( $p < 0.01$ ) се троши за постизање вредности од 30% силе (765.47 ms или 3.8 пута више), а најмање за постизање вредности од 90% (1734.74 ms или 0.7 пута више). То стање брзина стварања силе (RFD) и брзина укључења мишића (K) прате на следећи начин: у току постизања задатог нивоа  $RFD_{\%O}$  силе, супротно  $RFD_{\%T}$ , брзина њеног стварања је најмања на 30% ( $RFD_{30\%O} = 110.56$  N/s), а највећа на 90% ( $RFD_{90\%O} = 185.74$  N/s). Поред тога, сви резултати у RFD су статистички значајно мањи ( $p < 0.01$ ) од теоретских вредности за одговарајуће нивое силе. Брзина укључења моторних јединица у постизању задатих вредности силе континуирано је висока ( $K_{90\%O} = 3.44$  до  $K_{30\%O} = 6.69$ ) и статистички значајно већа ( $p < 0.01$ ) од највеће теоретске вредности ( $K_{50\%T} = 3.45$ ). Највећа брзина укључења моторних јединица је на 30% ( $K_{50\%O} = 6.69$ ), а најмања на 90% ( $K_{90\%O} = 3.44$ ) задате (остварене) силе. Код постигнутог (теоретског) нивоа силе, брзина укључења моторних јединица ( $K_{50\%O} = 3.45$ ) и брзина генерисања силе ( $RFD_{30\%O} = 632.15$  N/s) су највеће на 50%, односно 30% створене силе. После тог тренутка резултати почињу континуирано да опадају до резултата од 90% силе ( $K_{90\%T} = 2.87$ ,  $RFD_{90\%T} = 235.57$  N/s).

Добијени резултати су углавном потврдили законитости у контроли стварања силе. На нижим нивоима контрола стварања силе се остварује укључењем великог броја моторних јединица малог прага паљења и мале продукције силе. На већим нивоима силе контрола се реализује укључењем моторних јединица велике силе и великог прага паљења. Параметри који су праћени (брзина укључења моторних јединица, ниво силе, брзина продукције силе и време продукције силе) у наведеном истраживању, а у функцији тестиране популације, указали су на то да се контрола генерисања максималних и задатих износа силе, задате (остварене) вредности од максималних (теоретских) разликују. Ово је значајно за методичку едукативног и тренажног третмана полицајаца с аспекта СФО-а, али и за методичку спортског тренинга, нарочито за разумевање механизма нервно-мишићне адаптације током тренинга мишићне силе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амановић, Ђ., Милошевић, М., Мудрић, М. (2004). *Методе и средства за процену, израђивање и развој мишићне силе у специјалном физичком образовању*. ВШУП, Земун.
2. Амановић, Ђ., Допсај, М. (2005). Поузданост процене мишића силе применом теста бенц-прес код жена полицајаца. *Безбедносћ*, 48(1): 118–131.
3. Благојевић, М., Допсај, М., Вучковић, Г. (2006). *Специјално физичко образовање I*. Полицијска академија, Београд.
4. Christou E. A., Grossman, M., Carlton, L. G. (2002). Modeling variability of force during isometric contractions of the quadriceps femoris. *Journal of Motor Behavior*, 34,1: 67–81.
5. Dopsaj, M., Milošević, M., Blagojević, M. (2000). An analysis of the reliability and factorial validity of selected muscle force mechanical characteristics during isometric multi-joint test. *Proceedings of XVIII International Symposium of Biomechanics in Sport*, Vol. 1, edited by Youlian Hong & David P. Johns, Dept. of Sports Science & Physical Education, The Chinese University of Hong Kong, June 25–30 (pp. 146–149), Hong Kong.
6. Допсај, М., Милошевић, М., Благојевић, М., Вучковић, Г. (2002). Евалуација ваљаности тестова за процену контрактилног потенцијала мишића руку код полицајаца. *Безбедносћ*, 3: 434–444.
7. Dopsaj, M., Milošević, M., Blagojević, M., Mudrić, R. (2002). A new approach to discriminating athletes according to their specific fitness status when considering isometric force characteristics. *Abstract Book, 3<sup>rd</sup> International Conference on Strength Training*, 13–17 Novembar, 2002, Budapest, Hungary (pp.77–78).
8. Gydikov, A., Dimitrov, G., Kosarov, D., Dimitrova, N. (1976). Functional differentiation of motor units in human opponens pollicis muscle. *Experimental Neurology*, 50: 36–47.
9. Guyton, A.C., Hall, J.E. (1999). *Медицинска физиологија*. Савремена администрација, Београд, Превод дела: *Textbook of Medical Physiology*, W.B. Saunders Company, USA.
10. Jones, D., Round, J., de Haan, A. (2004). *Skeletal Muscle from Molecules to Movement. A Textbook of Muscle Physiology for Sport, Exercise, Physiotherapy and Medicine*. Churchill Livingstone, London.
11. Haff, G., Stone, M., O'Bryant, H., Harman, E., Dinan, C., Johnson, R., Han, K. H. (1997). Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle action. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(3): 269–272.
12. Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., Black, W. (1998). *Multivariate Data Analysis: With readings (Fifth Ed.)*. Prentice-Hall International, Inc., USA.
13. Hakkinen, K., Komi, P. V. (1986). Training-induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex condition. *European Journal of Applied Physiology*, 55: 147–155.
14. Herzog, W. (2001). The nature of force depression and force enhancement in skeletal muscle contraction. *European Journal of Sports Science*, 1(3): 1–15.
15. Linnamo, V., Moritani, T., Nicol, C., Komi, P.V. (2002). Motor unit activation patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13: 93–101.

16. MacDougall, D., Wenger, H., Green, H. (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete (Sec.Ed.)*. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, USA.
17. Milošević, M. (2002). Osnovni problemi u programiranju treninga sile. *SQ-sport koeficijent*, 18: 70–71.
18. Milošević, M., Mudrić, R., Dopsaj, M., Blagojević, M. (2004). The control of force creating in function of the muscle contraction intensity. *4<sup>th</sup> International conference on Strength training: Book of Abstracts*, Aristotle University of Thessaloniki, Department of Physical Education and Sport Science at Serres, (pp. 320–321), Serres, Greece.
19. Mirkov, D., Nedeljković, A., Milanović, A., Jarić, S. (2003). Muscle strength testing: evaluation on tests of explosive force production. *European Journal of Applied Physiology*, 18: 313–319.
20. Moritani, T., Muro, M. (1987). Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *European Journal of Applied Physiology*, 56: 260–265.
21. Мудрић, Р., Јовановић, С., Милошевић, М. (2005). Напад у каратеу – едукација и тренинг. ВШУП, Земун.
22. Müller, E., Benko, U., Raschner, C., Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Medicine and Science in Sports and Exercisc*, 32(1): 216–220.
23. Perić, D. (1996). *Statističke aplikacije u istraživanjima fizičke kulture*. FINE-Graf, Beograd.
24. Pryor, J., Wilson, G., Murphy, A. (1994). The effectiveness of eccentric, concentric and isometric rate of force development tests. *Journal of Human Movement Studies*, 27: 153–172.
25. Pulton, E. C. (1974). *Tracking skill and manual control*. Academic press, London.
26. Rajić, B., Dopsaj, M., Abella, C. P. (2004). The influence of the combined method on the development of explosive strength in female volleyball players and on the isometric muscle strength of different muscle groups. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport*, 2(1): 1–12.
27. Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning*. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois, USA.
28. Sale, D. (1992). Neural adaptation to strength training. *Strength and Power in Sport*, edited by Pavo V. Komi, Blackwell Science Ltd., Oxford OX2 OEL, London.
29. Сїаїаїуї Више школе унуїраишњих њослова. Број 55/1 од 11. 1. 1993, ВШУП, Београд.
30. Tidow, G. (2002). Factors determining ballistic movement speed. *Abstract Book: 3<sup>rd</sup> International Conference on Strength Training*, November 13–17, Budapest, Hungary.
31. Verhošanski, J., Šestakov, M., Novikov, P., Nićin, Đ. (1992). *Specifična snaga u sportu: Teorija i metodika*. Prometej, Fakultet fizičke kulture, Novi Sad.
32. Zatsiorsky, V. (1995). *Science and practice of strength training*, Human Kinetics, Champaign, Illinois, USA.
33. Wilson, G., Murphy, A. (1996). Strength diagnosis: The use of test data to determine specific strength training. *Journal of Sports Sciences*, 14(2): 167–173.
34. Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. New York, John Wiley & Sons, USA.



CONTROL OF GENERATION OF ARM EXTENSOR MUSCLE FORCE IN  
ISOMETRIC REGIME OF STRAIN OF POLICEMEN

Djurica Amanović, Ph.D. and Assistant Professor Milivoj Dopsaj, Ph.D.

Academy of Criminalistic and Police Studies, Belgrade

**Summary:** The paper examines the output characteristics of mechanism responsible for generation of the set level of force over the arm extensor. The research was carried out using bench-press test in isometric conditions of strain, and it was carried out at the sample of 150 subjects – the students of Advanced School of Interior Affairs in Zemun – Beograd. During the experimental testing, the subjects were given 5 individual test attempts each, whereas the maximum muscle isometric power was measured during the first attempt  $F_{maxIZO}$  ( $F_{30\%T}$ ,  $F_{50\%T}$ ,  $F_{70\%T}$  i  $F_{90\%T}$ ), and during the remaining four attempts the force achieved was compared with the set percentage of maximum force  $F_{max}$  at the level of 30%, 50%, 70% and 90% ( $F_{30\%O}$ ,  $F_{50\%O}$ ,  $F_{70\%O}$  and  $F_{90\%O}$ ). The other parameters defining the mechanisms of demonstration of isometric muscle force have also been measured such as: the speed of force generation in the unit of time, i.e. explosiveness – RFD, the speed of inclusion of motor units – K and the time required for generation of tested levels of force – t. All mentioned parameters were observed in relation to theoretically set module (level of force), as well as for the realized module (level of force). Testing was carried out by means of hardware-software system used in Diagnostic and Prognosis Laboratory (DPL) for Special Physical Education in the Advanced School of Interior Affairs in Zemun. In order to determine the existence of difference between individual variables a student t-test for pair samples was used. The results of a student t-test showed that there were statistically significant differences ( $p < 0.01$ ) between the mean value of the realized force and the mean value of theoretical level of force of  $F_{maxIZO}$  (30%, 50%, 70% and 90%, as mean, big and sub-maximum level of force) for all monitored variables, except for the achieved and realized force for variables  $F_{90\%T} - F_{90\%O}$  ( $p = 0.74$ ) and  $RFD_{90\%T} - RFD_{90\%O}$  ( $p = 0.22$ ). Generally observed, based on the parameters monitored in the research (set level of force, speed of inclusion of motor units, speed of production of force and force production time), it can be concluded that the control of generation of maximum and set force values, set (achieved) values differ from maximum (theoretical) values. This is important for the methodology of training in Special Physical Education and sport, especially for understanding of mechanisms of neural-muscle adaptation during the training of muscle force.