

Mr Миливој ДОПСАЈ, Полицијска академија
Др Миленко МИЛОШЕВИЋ, Виша школа унутрашњих послова
Др Мирољуб БЛАГОЈЕВИЋ, Полицијска академија

ПОВЕЗАНОСТ УСПЕШНОСТИ САВЛАДАВАЊА ОСНОВНЕ ОБУКЕ У СКИЈАЊУ СА ДИМЕНЗИЈАМА ИЗОМЕТРИЈСКЕ МИШИЋНЕ СИЛЕ ОПРУЖАЧА НОГУ КОД СТУДЕНАТА ПОЛИЦИЈСКЕ АКАДЕМИЈЕ¹

Резиме: Предмет истраживања је дефинисање повезаности између успешности савладавања основне обуке у скијању код студената Полицијске академије и димензија изометријске мишићне силе мишића опружача ногу. Узорак испитаника се састојао од 183 студента Полицијске академије (Узраст = 20.10 ± 0.50 година, ТВ = 1.814 ± 0.005 цм, ТМ = 78.42 ± 7.29 кг) без предходног знања скијања. Критеријску варијаблу је представљала оцена студента добијена на завршном испиту из скијања, док су систем од 29 предикторских варијабли представљале карактеристике изометријске силе мишића опружача ногу којима је процењиван ниво максималне силе на 10% од 10 до 100% од F_{\max} ($N_{\text{oge}}F10\% - N_{\text{oge}}F100\%$), интензитет испољавања силе на 10% од 10 до 100% од F_{\max} ($N_{\text{oge}}RFD10\% - N_{\text{oge}}RFD100\%$) и индекс процене брзине укључења моторних јединица на сваких 10% реализоване силе ($N_{\text{oge}}C10\% - N_{\text{oge}}C90\%$). Предиктори су статистички значајно описали критеријум са 10.30% објашњења заједничке варијансе ($R^2=0.103$, $F_{\text{ratio}}=3.114$, $p_{\text{value}}=0.0037$). Од појединачних варијабли критериум су статистички значајно описале по две варијабле којима је процењиван ниво максималне силе на 20 и 30% од F_{\max} ($N_{\text{oge}}F20\%$ и $N_{\text{oge}}F30\%$), брзина укључења моторних јединица на 50 и 60% од F_{\max} ($N_{\text{oge}}C50\%$ и $N_{\text{oge}}C60\%$) и интензитет испољавања силе на 60 и 70% од F_{\max} ($N_{\text{oge}}RFD60\%$ и $N_{\text{oge}}RFD70\%$). На основу добијених резултата дефинисана је једначина предикције критерија (успешност обуке скијања) са грешком процене од ± 0.82 оцене. Добијена формула једначине предикције модела има следећи облик: Оцена = $8.03238 - 0.301976 * N_{\text{oge}}F20\% + 0.198425 * N_{\text{oge}}F30\% + 0.161689 * N_{\text{oge}}C50\% - 0.564403 * N_{\text{oge}}C60\% + 0.00319422 * N_{\text{oge}}RFD60\% - 0.00232235 * N_{\text{oge}}RFD70\%$.

Кључне речи: скијање, основна обука, студенти Полицијске академије, изометријска мишићна сила, димензије мишићне силе, мишићи опружача ногу

УВОД

Настава скијања на Полицијској академији се изводи у оквиру 72 наставна часа у периоду од 12 наставних дана. Обука се врши применом методе менторског рада са групама од 10 до 12 студената и обимом од 6 часова скијања дневно. Досадашња пракса је показала да је у просеку око 92.3% студената почетника т.ј. да никада раније нису скијали (Izveštaji o izvedenoj obuci u zimskim uslovima sa studentima Policijske akademije za 1999, 2000 i 2002 godinu, Republika Srbija, Policijska akademija, Beograd).

Наставни програм је пројектован на принципима основног курса скијања, са циљем да обучи студенте основама кретања на заснеженој подлози у односу на терен (вожња низ падину различитих нагиба и конфигурације терена, вожња косо низ падину са ослонцем на леву или десну ногу, различите форме заокрета - плужни, паралелни, већих или мањих радиуса, различитим техникама престапања итд...) (Ilić, 1988).

Теоретски посматрано, ефикасност извођења наставе скијања зависи од много фактора, као нпр. квалитета програма обуке, стручности едукатора т.ј. извођача наставе, квалитета опреме, нивоа физичке припремљености студената, техничких и метео услова за време извођење наставе, али и од едукативног потенцијала студената у смислу интензитета (брзине) и капацитета (обима) моторичког усвајања нових алгоритама сложених кретања.

Брзина усвајања нових алгоритама сложених кретања скијања, као последица утицаја едукативног ефекта наставе, коју студенти реализују применом кондензованих и концентрисаних (циљано усмерних) моторичких информација обимом од 6 сати дневно, зависи од процеса формирања меморијске основе и ускладиштавања новостечених информација у CNS_y као трагова учења (Bailey et al., 1996). Након редовног и учесталог понављања датих елемената скијања, до којих долази у наредним данима обуке, настају биолошки процеси стварања дуготрајне моторичке меморије са одговарајућим моторним програмима скијања чије је усвајање предвиђено планом обуке скијања (Bailey et al., 1996; Shadmehr, Brashers-Krug, 1997).

Покрет, као основа локомоције т.ј. моторике, директна је последица одлуке створене у CNS_a и узрок последичне мишићне контракције оног мишића или мишићних група који у извођењу покрета и учествују. Извођење покрета је под директном контролом

¹ Истраживање је рађено у оквиру пројекта "Конституисање система за управљање тренутним и кумулативним едукативним и тренажним ефектима ВШУП, 2001-2003".

премоторне и моторне зоне кортекса помоћу механизма који врше селекцију врсте извођења покрета (appropriate response selection) у функцији времена (timing adjustment) (Sakai et al., 2000).

Утврђено је да се први стални меморијски траг у зони моторног кортекса, назван дуготрајна моторна меморија формира након 200 до 250 понављања датог моторног задатка (Shadmehr, Brashers-Krug, 1997). Фина корекција и континуитет прилагођавања покрета у функцији побољшања или одржавања прецизности његовог извођења врши се механизмима који контролишу додатни развој силе по нивоу или интензитету испољавања (повећање или смањење нивоа или интензитета прираста силе) (Shadmehr et al., 1993).

У односу на аналогни модела биосистема примењеног на ситуацију учења моторних програма скијања, командни модул система представља мозак са својим потенцијалима, компоненту канала везе представља CNS са аферентним и еферентним путевима, док је излаз система дефинисан квалитетом карактеристика контрактилних способности мишића непосредних извршиоца покрета (Ristanović, 1989). У односу на дати модел, хипотетски посматрано постоји вероватноћа и да на квалитет савладавања основне обуке у скијању утиче стање и развијеност компонената система задужених за испољавање димензија мишићне силе, а нарочито оних мишићних група које су директни извршиоци излазних команди датог система, односно директно изводе покрет (мишићи ногу).

Предмет овог истраживања је дефинисање повезаности између успешности савладавања основне обуке у скијању код студената Полицијске академије, почетника без предходног знања скијања и димензија изометријске мишићне силе мишића опружача ногу, као непосредних моторних извршиоца датих моторних програма скијања. У случају дефинисања статистички значајне повезаности поменутих појава отпочеће се

са процесом разјашњавања проблематике повезаности између квалитета усвајања нових сложених моторичких вештина и механизма за контролу мишићне контракције. Такође, директна примене резултата ће омогућити пројектовање квалитетнијег план физичке припреме студената са аспекта наставе скијања. На тај начин ће се наставити усавршавање технологије рада области СФО, а нарочито са аспекта обуке у скијању.

МЕТОДЕ

Узорак испитаника

Из укупног узорка свих генерација студената Полицијске академије које су по важећем плану и програму завршили обуку скијања, методом случајног избора и секундарном анализом базе података БМС, издвојен је узорак од 183 студената, који нису имали предходног знања из скијања и као почетници су похађали основну обуку у скијању у оквиру редовне наставе СФО на Копаонику. Основне дескриптивне карактеристике узорак су: Узраст = 20.10 ± 0.50 година, ТВ = 1.814 ± 0.005 цм, ТМ = 78.42 ± 7.29 кг; $\text{БМИ}^2 = 23.82 \pm 1.93$ кг/м².

Методe процене успешности обуке скијања

На крају обуке, спроведене по плану и програму рада СФО, извршена је процена нивоа обучености и знања скијања. Студенти су имали за задатак да на стази средње тежине ("црвена" стаза) изведу вожњу у дужини од око 100 м са наизменичним извођењем паралелног заокрета у леву и десну страну у основној форми "бракажа" средњег радиуса (Илић, 1988).

² БМИ (BMI - body mass index) - индекс телесне-масе

Оцењивање је вршено применом методе експертске процене од трочлане комисије, која је оцене давала у складу са унапред дефинисаним критеријумима. Финалну оцену успешности савладавања основног курса скијања појединца је представљао просек оцена свих чланова комисије добијених након изведене испитне вожње заокруживањем на ближу вредност целом броју. Просечна оцена студената из узорка износила је 7.37 ± 0.85 ($cV\%=11.49$, $sX\%=0.06$).

Методe проценe димензија силe мишића опружача ногу

Процена димензија силе мишића опружача ногу вршена је из седећег положаја применом "Белт" методе стандардизованим поступком у изометријском режиму напрезања (Milošević et al., 1997). Величина угла између натколенице и потколенице опружача ногу током тестирања била је око 130° . Тестирање је вршено помоћу тензиометријске сонде и софтверско-хардверског система развијеног од стране фирме "ПроИнг" из Београда и катедре за СФО, Полицијске академије из Београда (Milošević et al., 1997).

Од димензија које дефинишу реализовану мишићну силу и изометријском режиму напрезања процењивано је следеће:

1. постигнути ниво силе на сваких 10% од почетка реализације до максималне вредности ($N_{oge}F10\%$, $N_{oge}F20\%$,..... $N_{oge}F100\%$) изражен у daN,
2. градијент (интензитет) прираста силе у јединици времена, постигнут на сваких 10% реализације нивоа силе до максималне вредности ($N_{oge}RFD10\%$, $N_{oge}RFD20\%$,....., $N_{oge}RFD100\%^3$) изражен у daN/s,

³ на енглеском - RFD, rate of force development

- индекс процене брзине укључења моторних јединица мишића на сваких 10% реализације нивоа силе до максималне вредности ($N_{ogeC10\%}$, $N_{ogeC20\%}$,..., $N_{ogeC90\%}$) изражен у индексним јединицама (Milošević et al., 1997).

На тај начин су од постојећих димензија мишићне силе посматране вредности којима се као излазна величина система регулације мишићне контракције могу процењивати следећи механизми:

- механизам за регулацију испољавања нивоа силе у функцији времена ($N_{ogeF10\%}$, $N_{ogeF20\%}$,..., $N_{ogeF100\%}$),
- механизам за регулацију испољавања интензитета силе у функцији времена ($N_{ogeRFD10\%}$, $N_{ogeRFD20\%}$,..., $N_{ogeRFD100\%}$),
- систем за регулацију интензитета ексцитације моторних јединица у функцији времена ($N_{ogeC10\%}$, $N_{ogeC20\%}$,..., $N_{ogeC90\%}$) (Åstrand & Rodahl, 1986; Milošević et al., 1997).

Методe статистичке анализе

Сирови подаци су прво подвргнути дескриптивној статистичкој анализи ради израчунавања основних дескриптивних статистика (X , SD , $sX\%$, Min , Max и $cV\%$ - средња вредност, стандардна девијација, стандардна грешка аритметичке средине, минимална и максимална вредност варијабле и коефицијент варијације, респективно). За утврђивање предикторске моћи коришћених предикторских варијабли у односу на критеријску употребљен је метод мултипле регресионе анализе (MRA), а за добијање најбољег склопа предикторских варијабли у описивању критерија коришћен је критеријум елиминације уназад (Backward Elimination). За све склопове са описом модела од преко 90% израчуната је формула регресионог модела а за репрезент система је узета једначине предикције са највећим степеном објашњења критерија (Hair et al., 1998).

Критеријску варијаблу су представљале оцене које су студенти добили на завршној провери знања скијања, док је систем предикторских варијабли дефинисан мереним димензијама мишићне силе опружача ногу.

Статистичке анализе урађене су применом статистичких софтверских програма - SPSS for Windows, release 7.5.1 Standard Version (Copyright © SPSS Inc., 1989-1996) и STATGRAPHIC Plus for Windows 3.0 (Copyright © 1994-1997 by Statistical Graphics Corp.).

РЕЗУЛТАТИ

На Табели 1 су приказани резултати основне дескриптивне статистике димензија изометријске мишићне силе опружача ногу на сваких 10% реализације.

На основу добијених вредности стандардне грешке аритметичке средине ($sX\%$) може се закључити да се стандардна одступања добијених средњих вредности критеријских варијабли налазе у распону мањем од 30% разлике у односу на хипотетску вредност (од 1.92% за $N_{oge}F10\%$ до 6.06% за $N_{oge}C40\%$) што указује да су коришћени резултати свих варијабли високо поуздани (Табела 1). На основу добијених вредности коефицијената варијације ($cV\%$) може се закључити да се она креће на нивоу коефицијента од 0.26 за све варијабле нивоа силе (од $N_{oge}F10\%$ до $N_{oge}F100\%$) до 0.82 за варијаблу $N_{oge}C40\%$, што указује да се хомогеност резултата креће у границама које обезбеђују потребну објективност за даљу статистичку обраду (Hair et al., 1998).

На Табели 2 приказани су резултати генералног регресионог модела са АНОВОМ регресије где је из употребљеног система предикторских варијабли издвојен склоп појединачних предиктора који најјаче објашњавају критеријум т.ј. оцену - као показатељ успешности савладавања основне обуке скијања. Резултати генералног регресионог модела показују да систем коришћених предиктора статистички значајно описује

критеријум на нивоу $p = 0.0037$, и да је да се њиме описује 10.30% заједничког варијабилитета ($R^2 = 0.103$). Грешка процене модела износи 0.816 дела оцене.

Табела 1. Основни дескриптивни статистици димензија изометријске мишићне силе опружача ногу (N=183)

F _{10-100%}	N _{oge} F10%	N _{oge} F20%	N _{oge} F30%	N _{oge} F40%	N _{oge} F50%	N _{oge} F60%	N _{oge} F70%	N _{oge} F80%	N _{oge} F90%	N _{oge} F100%
X (daN)	39.85	79.08	118.32	157.59	196.47	236.05	275.34	314.52	353.73	392.36
SD (daN)	10.35	20.63	30.93	41.22	51.48	61.83	72.11	82.40	92.67	103.01
sX%	1.92	1.93	1.93	1.93	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
cV%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Min (daN)	19.91	39.82	59.73	79.64	98.30	118.21	138.12	158.03	177.94	196.61
Max (daN)	75.91	150.57	225.23	299.89	374.55	450.45	525.11	599.77	674.44	749.10
RFD _{10-100%}	N _{oge} RFD10	N _{oge} RFD20	N _{oge} RFD30	N _{oge} RFD40	N _{oge} RFD50	N _{oge} RFD60	N _{oge} RFD70	N _{oge} RFD80	N _{oge} RFD90	N _{oge} RFD100
X (daN/s)	1141.9	1081.8	1032.4	895.6	772.8	655.7	573.5	479.1	375.3	216.5
SD (daN/s)	740.8	813.9	821.7	707.5	542.9	337.8	279.8	223.4	175.0	89.2
sX%	4.80	5.56	5.88	5.84	5.19	3.81	3.61	3.45	3.45	3.05
cV%	0.65	0.75	0.80	0.79	0.70	0.52	0.49	0.47	0.47	0.41
Min (daN/s)	142.3	153.8	137.6	132.5	143.9	139.1	130.4	108.7	97.7	83.7
Max (daN/s)	3500.0	4008.6	4493.4	4640.2	4426.3	2163.7	1851.5	1313.6	1019.2	547.7
C _{10-90%}	N _{oge} C10%	N _{oge} C20%	N _{oge} C30%	N _{oge} C40%	N _{oge} C50%	N _{oge} C60%	N _{oge} C70%	N _{oge} C80%	N _{oge} C90%	
X	3.25	3.28	3.39	3.18	2.96	2.67	2.60	2.52	2.50	
SD	2.20	2.39	2.64	2.61	2.26	1.49	1.19	1.05	1.03	
sX%	5.00	5.39	5.76	6.06	5.65	4.14	3.39	3.09	3.04	
cV%	0.68	0.73	0.78	0.82	0.76	0.56	0.46	0.42	0.41	
Min	0.35	0.35	0.32	0.33	0.39	0.46	0.56	0.67	0.83	
Max	11.43	11.23	12.62	13.46	14.20	14.89	7.23	6.30	6.48	
tF _{10-100%}	N _{oge} tF10%	N _{oge} tF20%	N _{oge} tF30%	N _{oge} tF40%	N _{oge} tF50%	N _{oge} tF60%	N _{oge} tF70%	N _{oge} tF80%	N _{oge} tF90%	N _{oge} tF100%
X (ms)	53.50	118.79	182.82	262.44	347.37	452.94	588.84	788.26	1122.2	1998.2
SD (ms)	18.38	39.73	55.73	67.61	74.86	100.66	128.11	170.94	230.10	335.67
sX%	0.41	0.41	0.39	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.24	0.15
cV%	0.34	0.33	0.30	0.26	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.17
Min (ms)	9.27	20.21	28.35	38.08	49.20	62.11	166.68	255.62	357.73	869.25
Max (ms)	305.97	650.92	1130.2	1568.6	1799.2	2010.6	2165.3	2434.6	2789.7	3807.3

Табела 2. Резултати генералног регресионог модела са АНОВМ регресије

Regression Statistics					
r	0.321				
R ²	0.103				
Adj. R ²	0.072				
Std. Error of Estimate	0.816				
ANOVA of regression					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	14.450	7	2.064	3.114	0.0037
Residual	116.020	175	0.663		
Total	130.470	182			

На Табели 3 су приказани резултати парцијалне регресионе анализе са предикторима који на статистички значајном нивоу учествују у објашњењу критерија.

Табела 3. Резултати парцијалног утицаја предиктора издвојеног генералног регресионог модела на објашњење критерија

Константа (варијабле предиктори)	Нестандардизовани коэффициенти		стандардизовани коэффициенти	t	Sig.
	коэффициент B	Std. Error	Beta		
константа	8.032	0.483		16.632	0.000
N _{oge} F20%	-0.302	0.140	-7.359	-2.157	0.032
N _{oge} F30%	0.198	0.094	7.249	2.112	0.036
N _{oge} RFD60%	0.003	0.001	1.274	2.640	0.009
N _{oge} RFD70%	0.002	0.001	-0.767	-2.650	0.009
N _{oge} C50%	0.162	0.055	0.432	2.930	0.004
N _{oge} C60%	-0.564	0.179	-0.995	-3.115	0.002

На Табели 4 је приказана формула издвојеног модела са једначином предикције која има највећи проценат објашњења критерија (Hair, et al., 1998).

Табела 4. Једначином предикције са највећим процентом објашњења критерија (оцене)

$$\text{Оцена} = 8.03238 - 0.301976 * N_{oge}F20\% + 0.198425 * N_{oge}F30\% + 0.161689 * N_{oge}C50\% - 0.564403 * N_{oge}C60\% + 0.00319422 * N_{oge}RFD60\% - 0.00232235 * N_{oge}RFD70\%$$

У односу на целокупан систем предиктора издвојен је модел сачињен од 6 варијабли који најчаче описује критеријум (Табела 3). Од димензија које дефинишу постигнути ниво силе издвојене су варијабле N_{oge}F20% и N_{oge}F30% са нивоом значајности од p = 0.032 и p = 0.036, од димензија које дефинишу ниво интензитета испољене силе издвојене су варијабле N_{oge}RFD60% и N_{oge}RFD70% са нивоом значајности од p = 0.009, а од димензија које дефинишу брзину укључења мишића т.ј. интензитет ексцитације моторних јединица издвојене су варијабле N_{oge}C50%, N_{oge}C60% са нивоом значајности од p = 0.004 и p = 0.002, респективно.

ДИСКУСИЈА

У току кретања скијаш на скијама представља систем који константно тежи одржавању ситуације динамичке равнотеже у односу на тежиште скијаша, оријентацију и правац кретања по датој подлози (Илић, 1988).

Како се, у нашем случају, обука студената у скијању вршила на припремљеним стазама, т.ј. скијање се изводило на "чврстој" снежној подлози, контрола и вођење скија у кретању праволиниски, односно у заокретима лево или десно се изводила садејством инерционих сила земљине теже и димензија силе реализованих контракцијама мишића опружача ногу ослонцем преко скија на подлогу (Илић, 1988, стр. 14). Како се димензије силе реализоване контракцијом активних мишића ногу у континуитету подједнако испољавају на бар две зглобом спојене кости (полуге) и на периферним и централним припојима, резултанту сила представљао је вектор са смером кретања конкретног сегмента тела у правцу непокретног мишићног припоја. Другим речима, низ прелазних положаја тела скијаша, од којих је сачињено кретање тела за време скијања, омогућено је формирањем кинетичког ланца, отвореног са једне стране, сачињеног од сумарног садејства костију (као полуга), силе теже, различитих инерцијалних и спољних сила. Стабилност датог система у континууму кретања се регулише симултаном и сукцесивном (истовременим и узастопним) контролом испољавања димензија силе доњих екстремитета⁴ који регулишу механизми контроле испољавања нивоа и интензитета силе у функцији времена (Shadmehr et al., 1993).

У односу на почетнике и обуку у некој сложеној моторичкој активности, а нарочито у случају скијања, механизми регулација испољавања димензија мишићне силе се стављају у погон путем два основна управљачка система: вољном контролом, у случајевима извођења вољних кретних радњи (свесно, контролисано..) и невољно т.ј.

рефлексном радњом. У случају проклизавања и губљења равнотеже, спонтано (рефлексно) успостављање поремећеног равнотежног положаја започиње активацијом механизма моторичког програма одговорног за успостављања предходног, стабилног стања тела, активирањем механизмима наглог генерисања потребне силе са корективним реакцијама кинематичке адаптације зглобова система доњих екстремитета (Cham, Redfern, 2001). Утврђено је да се у случајевима спонтаног (рефлексног) успостављања поремећеног равнотежног положаја корективна моторна реакција дешава у временском интервалу од 190 до 350 мс (Cham, Redfern, 2001).

Резултати су показали да од димензија силе које се налазе под контролом механизма за регулацију нивоа испољене силе статистички значајну корелацију са успешношћу савладавања основне обуке скијања има ниво силе реализован на 20 и 30% од максималне ($N_{ogeF20\%}$ и $N_{ogeF30\%}$). Просечно реализована сила на поменутом нивоу износи од 79.08 daN до 118.32 daN. У односу на временски интервал она се реализује у просеку од 118.79 ± 39.73 мс до 182.82 ± 55.73 мс (Табела 1).

Од димензије силе којом се процењује механизам одговоран за брзину укључења мишића (моторних јединица) статистички значајну корелацију са успешношћу савладавања основне обуке скијања има ниво релизован на 50 и 60% од F_{max} ($N_{ogeC50\%}$ и $N_{ogeC60\%}$). Временски интервал поменутих нивоа дешава се од 347.37 ± 74.86 до 452.94 ± 100.66 мс (Табела 1).

Од димензије силе који се налазе под контролом механизма за регулацију нивоа испољавања интензитета силе у функцији времена статистички значајну корелацију са успешношћу савладавања основне обуке скијања има интензитет силе реализован на 60 и 70% од максималне ($N_{ogeRFD60\%}$ и $N_{ogeRFD70\%}$). Просечно реализација интензитета

⁴ првенствено опружача и ротатора доњих екстремитета

сила на поменутом нивоу износи од 655.7 daN/s до 573.5 daN/s. У односу на временски интервал она се просечно реализује од 452.94 ± 100.66 мс до 588.84 ± 128.11 мс (Табела 1).

У односу на посматрану појаву резултати су показали да су успешност савладавања обуке скијања и изометријски контрактилни потенцијал мишића опружача ногу, дефинисан преко датих димензијама силе, статистички значајно повезани у дефинисаном временском интервалу од 118.79 до 588.84 мс (Табела 1 - $N_{oge}tF20\%$ - $N_{oge}tF70\%$).

Почетак било које мишићне контракције инициран је одлуком о започињању покрета у централном нервном систему (CNS) било вољним (визуелна, звучна или тактилна драж) или невољним (рефлексним) стимулусом. Код вољних реакција укупно време реакције (TRT) се састоји од премоторног (PMT) и моторне (MT)⁵ компоненте и за мишић опружача колена оне у просеку износе 161.4 ± 33.3 мс, т.ј. 123.3 ± 31.6 мс и 38.3 ± 8.3 мс, респективно (Viitasalo, Komi, 1981; Winter, Brookes, 1991). У случају рефлексних реакција те вредности су значајно мање јер нема фазе обраде сигнала у моторној зони и износе 66.8 ± 9.9 мс, 21.5 ± 1.3 мс и 45.4 ± 9.0 мс за укупно рефлексно време (TRfT), латентно рефлексно време (LAT) и рефлексно моторно време (RfMT)⁶, респективно (Viitasalo, Komi, 1981).

У моторичким ситуацијама када се покрет реализује доњим екстремитетима, т.ј. ногама, чисто време обраде сигнала за процену реакције у ситуацији износи просечно око 40.95 ms (Мудрић, 2002). У случају усложњавања ситуације, са сваким повећањем броја избора за један време потребно за планирање моторичког решавања ситуације се линеарно повећава за од 38 до 43.9 ms (Мудрић, 2002).

⁵ на Енглеском - TRT, total reaction time; PMT - premotor time; MT - motor time.

⁶ на Енглеском - TRfT, total reflex time; LAT, reflex latency; RfMT, reflex motor time.

Теоретски посматрано, у случају изборне одлуке појединца за извођење заокрета на скијама од тренутка иницијалног импулса до тренутка доношења одлуке са једном изборном дражи мора да прође најмање 200 ms. Управо је то временски интервал за који активни мишићи екстремитета ногу морају достићи одговарајући ниво силе који ће бити минимално потребно већи од тежине система скијаш-опрема-инерција да би започела потребна или жељена промена правца кретања. Резултати указују да се статистичка значајност критерија и предиктора прво јавља код нивоа силе од 20 до 30% од F_{\max} и то у временском интервалу од 118.79 до 182.82 ms и при нивоу силе од 79.08 до 118.32 daN (Табела 1). Ако се зна да је просечна вредност телесне масе узорка 78.42 ± 7.29 кг (2.1. Узорак испитаника), односно да се, прерачунато у daN, њене најчешће вредности крећу у распону од 69.97 до 84.08 daN и ако се зна да је тежина опреме (скије и ципеле) око 7.85 daN, и да је као иницијални импулс промене положаја тела потребно да мишићи агонисти реализују силу од најмање 10% од телесне масе (Mero, Komi, 1990), тада се сабирањем поменутих вредности добија распон од 84.82 до 100.34 daN које мишићи ногу морају минимално достићи по нивоу силе да би се извршила неопходна припремна радња (моторичка антиципација са аспекта нивоа потребне силе) за увођење тела у заокрет.

На основу датих математичких прорачуна може се тврдити да се изведене вредности потребног нивоа силе неопходних припремних радњи за заокрет и добијених вредности статистичке значајности критерија и предиктора, са аспекта нивоа силе, слажу.

Резултати истраживања силе реакције подлоге и временских параметара заокрета на скијама за време слободне вожње слалома показали су да цео заокрет у једну страну траје око 1080 ms. Фаза уласка у заокрет траје око 500 ms, сама фаза заокрета око 250 до 300 ms, а фаза изласка из заокрета око 250 до 280 ms (Müller et al., 2000). Просечна сила реакције подлоге за време поменутог заокрета достиже максималне вредности које

износе око 170 до 180 daN, док се за време саме фазе заокрета сила мења за око 300 ms, од иницијалних око 100 daN до максималних око 175 daN за спољну ногу, односно за исто време од иницијалних око 25 daN до око максималних 100 daN за унутрашњу ногу (Müller et al., 2000). У току трајање саме фазе заокрета градијент прираста силе нараста нагло за још око 250 daN/s за спољну и још око 300 daN/s за унутрашњу ногу (Müller et al., 2000). Посматрајући сумарно, вредност градијента прираста силе се пре заокрета налази на константном нивоу од око 162 daN/s⁷, у току заокрета нагло прираста још за 250 до 300 daN/s, што сумарно од мишића захтева способности да реализује прираст силе од 412 до 462 daN/s, да би били способни да извршиле неопходан покрет заокрета и одрже стабилну позицију тела упркос актуелних дејстава центрифугалне, односно инерционе силе.

Међутим, добијени резултати зависности критерија и предиктора са аспекта градијента прираста силе показали су да се статистичка значајност на нивоу од $N_{ogeRFD60\%}$ и $N_{ogeRFD70\%}$ од F_{max} у временском интервалу од 452.94 до 588.84 ms и при интензитету раелизације силе од 573.5 до 655.7 daN/s (Табела 1). Те вредности су веће од 39.2 до 41.93% од извршених математичких прорачуна добијених тестирањем врхунских скијаша такмичара (Müller et al., 2000). Познато је да са повећањем нивоа спортског мајсторства долази и до повећања ефикасности извођења елемената технике и то механизмима енергетске (исти рад се изводи уз мању енергетску потрошњу) и механичке (исти рад се може реализовати са мањом мишићном силом) рационализације (Åstrand, Rodahl, 1986). У случају скијања скијаша са већим нивоом знања се у односу на слабије обучене скијаше разликују управо по ефикаснијој техници заокретања у свим фазама заокрета, т.ј. и у припреми за заокрет, самом извођењу заокрета, као и у фази излазка из заокрета (Müller et al., 1998).

⁷ прерачунато из Müller et al., 2000

Кинематички посматрано, фаза припреме за улазак у заокрет и сама фаза заокрета до фазе почетка излазка из заокрета, по изнетим подацима, трају око 750 до 800 ms (Müller et al., 2000). Сумирајући време потребно за доношење одлуке појединца за извођење заокрета које износи најмање 200 ms и време потребно да мишић постигне жељени оптимум интензитета прираста силе, које се креће од 452.94 до 588.84 ms, долазимо да временског интервала од око 652.94 до 788.84 ms, т.ј. управо до временског интервала потребног да се изврши улазак у заокрет, савлада критична фаза заокрета (када позиција скијаша са скијама постане колинеарна са правцем највећег нагиба падине - Илић, 1988, стр. 140) и започне излазак из фазе заокрета.

Могућа основа објашњења настале разлике од око 40% већег прираста интензитета развоја силе код заокрета у односу на наш узорак и искусне скијаше (Müller et al., 2000) може бити следећа. У датој фази обуке, наши студенти су научили основе скијања и са кинематичког аспекта, т.ј. у односу на временске параметре извођења технике заокрета дату моторичку радњу су били способни да реализују у адекватном временском интервалу као и искусни скијаша (Табела 1 и 3 - статистичка веза између успешности обуке и димензија силе у функцији временских параметара испољавања). Међутим, вероватно да је услед веома малог скијашког стажа и специфичног моторичког искуства, а као последица постојања реалне могућност пада и угрожавања физичког интегритета јединке, код студената, као природни механизам одбране од повреда, долазило до рефлексног укључења дезинхибиционих механизма на неуралном и мишићном нивоу уз синхронно (симултано) повећање интензитета укључења моторних јединица актуелних мишићних група (Shadmehr et al., 1993; Cham, Redfern, 2001). Поред потребне активације моторних јединица мишића извођача покрета услед вршења активности скијања и тежње сталног одржавања равнотеже у равнотежно нестабилном систему скијаш почетник-кретање на скијама, описани механизам спонтане рефлексне реакције је као последицу, имао појаву додатног развоја силе у функцији времена, што је сумарно условило преинтензиван развој силе у сврху рационалне употребе за циљану моторичку

радњу. Описана ситуација је могуће логично објашњења механичке нерационалности реализације одговарајућег моторног програма скијања код студената за дату фазу (почетну) учења.

Такође, утврђено је да се током вожње вредности угловне брзине у зглобу колена мењају веома великим интензитетом који се креће у распону од 15 до чак $300^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$ промене угловне брзине, и да се највећи интензитет промена дешава код слободне вожње, у односу на такмичарске услове слалома, велеслалома и спуста, респективно (Berg, Eiken, 1999). Контрола овако захтевног рада мишића ногу врши се преко механизма брзог укључења или искључења моторних јединица т.ј. дефинише га способност интензитета активације моторних јединица (Åstrand, Rodahl, 1986). У односу на тестирања димензија мишићне силе та карактеристика се може процењивати т.ј. мерити индексом брзине укључења мишића (односно моторних јединица) (Milošević et al., 1998; Milošević, et al., 2002). Резултати су показали да је статистичка значајност критерија и датог предиктора, брзине укључења моторних јединица, остварена код 50 до 60% од F_{max} у временском интервалу од 347.37 и 452.94 ms и при индексу од 2.67 до 2.96 (Табела 1). У односу на максимални интензитет (3.39 - Табела 1) статистичка веза је утврђена за интензитет укључења који се налази у распону од 78.76 до 87.32 % од максималног.

Већ је поменуто да сама фаза заокрета траје око 250 до 300 ms и да у том тренутку, услед нарушавања стабилне позиције скијаша увођењем скија у жељени правац кретања, мењања односа и позиције сегмената тела, моторички програми одговорни за постуралну стабилност корективно делују управљајући нивоом и интензитетом додатне силе активних мишића (мишића ногу) (Shadmehr et al., 1993) као и мишића трупа, за ту ситуацију, помоћних сегмената тела (Granata, Orishimo, 2001). На тај начин се врши фино подешавање и корекција нарушене равнотеже т.ј. стабилне позиције (Cham, Redfern, 2001).

Корекција пролагођавања потребног нивоа или интензитета силе се врши у оквиру програмске петље датог моторичког програма у временском интервалу приближног трајања од 120 ms (Shadmehr et al., 1993). Као што је већ поменуто, ако се зна да се у случајевима спонтаног (рефлексног) успостављања поремећеног равнотежног положаја корективна моторна реакција дешава у временском интервалу од 190 до 350 ms (Cham, Redfern, 2001), да временски интервал петље моторног програма прилагођавања нивоа или интензитета силе некој ситуацији траје око 120 ms (Shadmehr et al., 1993) и да чиста обрада визуелног сигнала за процену моторичке реакције (доношење одлуке за реакцију) доњих екстремитета износи просечно око 40.95 ms (Мудрић, 2002) збир датих времена сумарно се налази у распону од 350.95 до 510.95 ms. Ово време се поклапа са временским интервалом у коме је дефинисана статистичка значајност критерија и датог предиктора брзине укључења мишића.

ЗАКЉУЧАК

Резултати упућују на генерални закључак о постојању статистички значајне везе између квалитета савладавања/учења сложене моторичке активности, као што је скијање и димензија мишићне силе реализоване у изометријским условима напрезања, те према томе и механизмама од којих оне зависе, као што су механизми за регулацију нивоа испољене силе (на нивоу од 20 и 30% од F_{max}), градијента прираста т.ј. интензитета испољавања (развијања) силе (на нивоу од 60 и 70% од F_{max}) и брзину укључења мишића као мере за процену система за регулацију интензитета ексцитације моторних јединица (на нивоу од 50 и 60% од F_{max}).

На основу добијених резултата дефинисана је једначина предикције критерија (успешност обуке скијања) са грешком процене од ± 0.82 оцене. Добијена формула једначине предикције модела

има следећи облик: $Оцена = 8.03238 - 0.301976 * N_{oge}F20\% + 0.198425 * N_{oge}F30\% + 0.161689 * N_{oge}C50\% - 0.564403 * N_{oge}C60\% + 0.00319422 * N_{oge}RFD60\% - 0.00232235 * N_{oge}RFD70\%$.

Такође, резултати нас наводе на тврдњу да постоји јасно дефинисан хијерархиски след усвајања моторичког програма, коришћењем алгоритама преко кога се у првом кораку дефинише дати ниво силе потребне за припрему извођења жељеног моторичког програма, затим се у другом кораку укључују механизми који након обраде актуелних информације, спелих визуелним, тактилним и кинестетичким информационим каналима, прилагођавају активацију т.ј. ексцитираност мишића, механизмима додатног укључења или искључења појединих моторних јединица, да би у трећем кораку, као последица прилагођавања актуелним условима, дошло до корекције реализоване силе покрета механизмима који регулишу интензитет испољавања силе. Извођење т.ј. почетак, синхронизација и реализација описаног механизма, по нашим подацима и дати узорак, дешава се у временском интервалу од 588.84 ± 128.11 ms.

Овакви резултати дозвољавају теоретску подлогу за постављање следеће хипотезе: да ли је могуће методама за развој и усавршавање механизма за контролу испољавања нивоа и интензитета силе (Milošević et al., 1998) као и методама за усавршавање синхронизације и ексцитације мишића т.ј. моторних јединица (Milošević et al., 2002) утицати на квалитет савладавања нових сложених моторичких радњи/вештина?

Ова хипотеза треба бити испитана наредним истраживањима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Åstrand P-O., Rodahl, K. (1986).: Textbook of Work Physiology: Physiological bases of exercise (Third ed.), McGraw-Hill, Inc., Chapter 14: Applied Sports Physiology - Alpine Skiing, pp. 665-667.
2. Bailey, C., Bartsch, D., Kandel, E. (1996).: Toward a molecular definition of long-term memory storage, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93:13445-13452.
3. Berg, E., Eiken, O. (1999).: Muscle control in elite alpine skiing, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(7):1065-1067.
4. Viitasalo, J., Komi, P. (1981).: Interrelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man, *Acta Physiologica Scandinavica*, 111:97-103.
5. Granata, K., Orishimo, K. (2001).: Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability, *Journal of Biomechanics*, 34:1117-1123.
6. Izveštaji o izvedenoj obuci u zimskim uslovima sa studentima Policijske akademije za 1999, 2000 i 2002 godinu, Republika Srbija, Policijska akademija, Beograd.
7. Ilić, B. (1988).: Smučanje (prva knjiga), NIPRO Partizan, Beograd.
8. Mero, A., Komi, P. (1990).: Reaction time and electromyographic activity during sprint start, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61:73-80.
9. Milošević, M., Laparidis, C., Dopsaj, M. et al., (1997).: The analysis of changes of muscle involvement velocity characteristics of leg extensors by linear and nonlinear methods, *Exercise & Society: Journal of Sports Science (suppl.)*, 17:168, Komotini, Greece.
10. Milošević, M., Stefanović, Đ., Dopsaj, M., Blagojević, M. (1998): The change in leg extensor muscle involvement velocity at weightlifting from deepsquat, at different weights and maximal velocity, *Conference Book, Editor Hakkinen, K., International Conference on Weightlifting and Strength Training, Nov 10-12, 1988, Lahti, Finland*, pp. 269-270.
11. Milošević, M., Dopsaj, M., Blagojević, M., Mudrić, R. (2002): Changes in force and motor unit involvement velocity (MUIV) induced by plyometric training and the method of incomplete eccentric muscle response, *Abstract Book, 3rd International Conference on Strength Training, November 13-17, 2002, Budapest, Hungary*, pp. 38 (abstract).
12. Мудрић, Р. (2002).: Тренд промена временских параметара напада у каратеу, *Зборник радова наставника ВШУП-а*, 4:130-151, ВШУП, Београд.
13. Müller, E., Bartlett, R., Raschner, C. et al., (1998).: Comparisons of the ski turn techniques of experienced and intermediate skiers, *Journal of Sports Science*, 16(6):545-559.
14. Müller, E., Benko, U., Raschner, C., Schwameder, H. (2000).: Specific fitness training and testing in competitive sports, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1):216-220.
15. Ristanović, D. (1989).: *Savremena biofizika: 3. Matematičko modelovanje pojava u biološkim sistemima*, Naučna Knjiga, Beograd.
16. Sakai, K., Hikosaka, O., Takino, R., Miyauchi, S., Nielsen, M., Tamada, T. (2000).: What and when: Parallel and convergent processing in motor control, *The Journal of Neuroscience*, 20(7):2691-2700.
17. Shadmehr, R., Mussa-Ivaldi, F., Bizzi, E. (1993).: Postural force fields of the human arm and their role in generating multijoint movements, *The Journal of Neuroscience*, 13(1):45-62.
18. Shadmehr, R., Brashers-Krug, T. (1997).: Function stages in the formation of human long-term motor memory, *The Journal of Neuroscience*, 17(1):409-419.
19. Cham, R., Redfern, M. (2001).: Lower extremity corrective reactions to slip events, *Journal of Biomechanics*, 34:1439-1445.
20. Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W. (1998).: *Multivariate Data Analysis (Fifth Edition)*, Prentice-Hall. Inc., New Jersey, USA.
21. Winter, E., Brookes, F. (1991).: Electromechanical response times and muscle elasticity in men and women, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63:124-128.

THE RELATIONSHIP BETWEEN SUCCESS IN BASIC SKIING INSTRUCTION AND DIMENSIONS OF ISOMETRIC KNEE EXTENSOR MUSCLE FORCE IN STUDENTS AT POLICE ACADEMY

Abstract: The aim of the research was to define the relationship between success in teaching basic skiing skills to students of Police Academy and the dimensions of isometric knee extensor muscle force. The sample consisted of 183 students of Police Academy (Age = 20.10 ± 0.50 years, BH = 1.814 ± 0.005 cm, BM = 78.42 ± 7.29 kg) who had no previous experience in skiing. The mark that the students got at the final skiing test was used as the criterion variable, where the system of 29 predictor variables was represented by the characteristics of isometric knee extensor muscle force, which were used to assess the level of maximal isometric force at 10% from 10 to 100% of F_{\max} ($N_{\text{oge}}F10\% - N_{\text{oge}}F100\%$), absolute rate of force development (explosibility index) at 10% from 10 to 100% of F_{\max} ($N_{\text{oge}}RFD10\% - N_{\text{oge}}RFD100\%$), and muscle unit involvement velocity assessment index at every 10% of the force realised ($N_{\text{oge}}C10\% - N_{\text{oge}}C90\%$). The predictors gave a statistically significant description of the criterion with 10.30% describing common variance ($R^2=0.103$, $F_{\text{ratio}}=3.114$, $p_{\text{value}}=0.0037$). As for the individual variables, the criterion was significantly described by two variables that were used to assess the level of maximal force at 20 and 30% of F_{\max} ($N_{\text{oge}}F20\%$ and $N_{\text{oge}}F30\%$), muscle unit involvement velocity at 50 and 60% of F_{\max} ($N_{\text{oge}}C50\%$ and $N_{\text{oge}}C60\%$), and rate of force development at 60 and 70% of F_{\max} ($N_{\text{oge}}RFD60\%$ and $N_{\text{oge}}RFD70\%$). The results were used to define the equation of criterion prediction (success in skiing instruction) with the assessment error of ± 0.82 of the mark. The formula we obtained for the equation of model prediction has the following form: $\text{Mark} = 8.03238 - 0.301976 * N_{\text{oge}}F20\% + 0.198425 * N_{\text{oge}}F30\% + 0.161689 * N_{\text{oge}}C50\% - 0.564403 * N_{\text{oge}}C60\% + 0.00319422 * N_{\text{oge}}RFD60\% - 0.00232235 * N_{\text{oge}}RFD70\%$.

Key words: skiing, basic instruction, students of Police Academy, isometric muscle force, dimensions of muscle force, knee extensors