Драган М. Мирков, Александар Недељковић

796.012.11.3.012.66.52
Изворни научни чланак / Original scientific paper
Примљено / Received 18/04/2003

Осетљивост и поузданост процене мишићне јачине и брзине развоја силе при тестирању ефеката тренинга јачине

SENSITIVITY AND RELIABILITY OF ESTIMATION OF MUSCULAR STRENGTH AND SPEED OF POWER DEVELOPMENT AT TESTING THE EFFECTS OF STRENGTH TRAINING

☞Део истраживања из ширег Пројекта МИНИСТАРСТВА ЗА НАУКУ, ТЕХНОЛОГИЈУ И РАЗВОЈ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ БРОЈ 1758: Институт за медицинска истраживања (руководилац пројекта: проф. др Слободан Јарић) "Процена мишићне функције на основу моторичких тестова".

Физичка култура, Београд, 56 (2002) 1-4, стр. 34-42, таб. 3, граф. 1, лит. 17

РЕЛАЦИЈА СИЛА - ВРЕМЕ / ТРЕНИНГ / ПОУЗДАНОСТ / ВАЛИДНОСТ / ЛАКАТ / ПОКРЕТ

Предмет овог истраживања је испитивање осетљивости изометријског теста јачине (F_{max}) и појединих тестова за процену брзине развоја силе (тестови БРС), на промене изазване тренингом јачине. Након фамилијаризације са експерименталним захтевима, 8 испитаника (експериментална група) пре и после интензивног шестонедељног тренинга јачине, имало је задатак да на што бржи начин развије максималне изометријске силе флексора и екстензора у зглобу лакта. Преосталих 13 испитаника такође је тестирано пре и после периода од шест недеља, али без тренинга између два теста. Поред максималне силе (F_{max}), три различита критеријума за процену БРС изведена су из забележене временске функције сигнала силе: временски интервал од тренутка када је достигнут ниво једнак 30% F_{max} до тренутка када је достигнут ниво од 70% F_{max} ($T_{30\text{-}70\%}$), максимум првог извода сигнала силе у времену (RFD), као и максимум првог извода сигнала силе у времену релативизован максималном силом (RFD/ F_{max}). Поређењем резултата пре и посттеста у експерименталној групи за флексоре, као последица тренинга, уочено је значајно побољшање F_{max} и RFD-а, док је на преостале величине ефекат тренинга био незнатан. Такође, ниједан од резултата у посттетсту (екстензори), након поновљеног мерења, није се разликовао од оних добијених у претесту. Повезаност F_{max} са RFD и $T_{30\text{-}70\%}$ и RFD/ F_{max} била је статистички значајна. Када су се упоредили одговарајући резултати добијени на флексорима са одговарајућим резултатима добијеним на екстензорима, уочено је да су средње вредности F_{max} и RFD веће код флексора, док се RFD/ F_{max} и $T_{30\text{-}70\%}$, нису значајно разликовали. Поузданост поновљеног мерења (пре – посттест) мерена "интраклас" корелационим факторима, била је већа код флексора него код екстензора. Поузданост већине тестова код флексора оцењена је као добра (ICC коефицијети у интервалу од 0.6 до 0.8). Добијени резултати сугеришу да је, поред F_{max} и RFD осетљив на промене изазване примењеном врстом тренинга, док RFD/ F_{max}, односно $T_{30\text{-}70\%}$ то нису. Иако је између пре и посттеста протекло шест недеља, поузданост F_{max} и RFD остала је задовољавајућа.

Fizička kultura, Beograd, 56 (2002) 1-4, p. 34-42, tab. 3, graph. 1, ref. 17

RELATION POWER-TIME / TRAINING /RELIABILITY / VALIDITY / ELBOW / MOVEMENT

The subject of this research is examination of sensitivity of isometric power test (F_{max}) and certain tests for evaluation of the speed of power development (tests BRS), at the changes caused by strength training. Upon familiarization with the experimental prerequisites, 8 testees (experimental group) before and after the intensive six week strength training, had a task to develop as fast as possible the maximal isometric powers of flexors and extensors in the elbow joint. The remaining 13 examinees were also tested prior to and after the period of six weeks, but without training between two tests. Apart form maximal power (F_{max}) three different criteria for evaluation of BRS were conducted from the noted time function of power signal: time interval from the moment when the achieved level was equal to 30% F_{max} to the moment when the level of 70% F_{max} ($T_{30\text{-}70\%}$) was achieved, the maximum of the first source of the power signal in time (RDF) as well as the maximum of the power source in time relativized by the maximal power (RDF/ F_{max}). Comparing the results prior to and after the test in the experimental group for flexors, as a consequence of training, the significant improvement of F_{max} and RFD was noted while there was a negligent effect on the remaining constants. Also, none of the results in post testing (extensors), upon the repeated measurement, did not differ from those obtained in pre-testing. The connection of F_{max} with RFD and $T_{30\text{-}70\%}$ with RFD/ F_{max} was statistically significant. When it was compared to the results obtained at the extensors, it was noted that the middle value F_{max} and RFD are greater at flexors while RFD/ F_{max} and $T_{30\text{-}70\%}$ were not significantly different. The reliability of the repeated measurement (pre/post-test) measured by "intraclass" correlation factors, was greater at flexors than at extensors. The reliability of most of the tests at flexors was estimated as good (ICC coefficients in the interval from 0.6 to 0.8). The obtained results suggest that besides F_{max} even RFD is sensitive to changes provoked by the applied type of training, while RDF/F i.e. $T_{30\text{-}70\%}$ are not. Although between pre and post test 6 weeks passed, the reliability of F_{max} and RFD remained satisfactory.

1. УВОД

Изометријска процена мишићне функције је широко примењиван и врло популаран модалитет тестирања спортиста. Популарност ове методе почива на чињеници да је у питању једноставна, јефтина и релативно поуздана метода процене мишићне јачине /16/. У овим тестовима испитаници делују мишићном силом против непокретног ослонца који је серијски везан на мерну сонду (претварач), тензиометар, платформу силе или неки други сличан уређај чији претварач мери примењену силу. При томе је изометријска мишићна јачина дефинисана као интензитет силе, односно момент силе који се развија током максималне изометријске контракције у временском интервалу о чијој се величини не води рачуна /4/. Са забележеног сигнала временске промене силе, поред максималне силе (F_{max}), могу се пронаћи и величине помоћу којих се врши процена брзина развоја силе (тестови БРС). Најчешћи тест за процену брзине развоја силе своди се на тражење прираштаја силе који се рачуна као максимум првог извода временске функције силе /6,16,14/, или као нагиб криве у датом временском тренутку у односу на почетак развоја силе /1/. Узимајући имплицитно у обзир и могуће ефекте димензија мишића, поједини аутори приказују RFD по јединици постигнуте мишићне јачине /13,1/. Поред RFD-а, у бројним публикацијама предлажу се алтернативни тестови БРС. На пример, поједини аутори процењују БРС временом потребним да се достигне одређени ниво силе. Најчешће примењивани критеријум је величина интервала између два одговарајућа постигнута нивоа сила, при чему се нивои одређују релативно у односу на постигнуту максималну силу /3,5,14,17/.

Досадашња истраживања ове области углавном су се бавила проблемима који се односе на методологију, ефикасност примене, поузданост и тзв. спољашњу валидност /2,7,16/. Поред тога, били су проучавани разни чиниоци који утичу на крајњи резултат примењених тестова јачине. Неки од тих фактора су били у вези са карактеристикама тестираних испитаника (на пример: разлике у полу, годинама, физичкој активности или телесном саставу), док су остали претежно зависили од различитих методолошких аспеката, као што су фамилијаризација са протоколом, тип контракције, почетни положај, стабилност, корекција гравитације итд. /7/.

Без обзира на релативно велики број радова, још увек не постоји општа сагласност о неким важним питањима: У којој мери су различити тестови БРС осетљиви на промене изазване тренингом? Да ли ефекти зависе од врсте тренинга? Да ли су различити тестови БРС међусобно повезани и каква је њихова веза са F_{max}? Да ли су и колико тестови БРС поуздани? На који начин су тестови мишићне јачине и у којој мери повезани са одговарајућим особинама покрета?

Претходни експеримент је понудио одговоре на нека од питања која се односе на поузданост, валидност и повезаност тестова БРС са F_{max} /9/. У покушају да се истражи утицај одређеног тренажног процеса на разне тестове БРС, осмишљен је експеримент у коме је испитаницима (експериментална група) пре и после интензивног шестонедељног тренинга (флексори у зглобу лакта) тестирана брзина развоја силе мишића флексора и екстензора у зглобу лакта. Поред максималне изометријске силе (F_{max}) примењена су и три различита теста БРС. Поређењем добијених резултата пре и после тренажног циклуса, као и њиховим међусобним поређењем, испитаће се који се тестови БРС мењају са F_{max}, а који не. Такође, на основу "интраклас" корелационог коефицијента испитаће се поузданост поновљених мерења у обе групе, са циљем да се утврди да ли поред фамилијаризације и неки други фактори (временски интервал између тестова) утичу на добијене резултате.

2. МЕТОДЕ

2.1 Експериментални узорак

У експерименту је учествовао 21 испитаник мушког пола, старости 19-36 година, средња вредност (СД) 21 (±3) године. Испитаници су методом случајног избора били подељени у две групе, контролну (13) и експерименталну (8). Експериментални задатак за све испитанике био је развој максималне силе на најбржи могући начин.

Испитаници су тестирани у пре и посттесту. Између тестова протекло је шест недеља током којих су испитаници из експерименталне групе (три пута недељно) имали тренинг јачине (флексори). Иако испитаници нису били активни спортисти, већина је у тренутку извођења експеримента била физички активна. Сви испитаници су дали изјаву да немају неуролошке поремећаје и скорије повреде локомоторног апарата. Такође, свим учесницима детаљно је објашњена сврха и процедура истраживања, након чега су они дали писмену сагласност о добровољном учешћу у истраживању. Пред почетак експеримента испитаници су у циљу фамилијаризације са експерименталним захтевима, у три дана, на идентичан начин, увежбавали извођење експерименталног задатка.

2.2 Протокол и инструкције

Испитаник је удобно седео у зубарској столици у приближно средњем физиолошком положају. Десни надлакат му је био у положају абдукције од 90^0, тако да су уздужне осе надлакта и подлакта лежале у хоризонталној равни. Подлакат и шака испитаника су били фиксирани за круту полугу осовине (чија се оса ротације поклапала са осом ротације у зглобу лакта). Момент инерције полуге у односу на осу ротације у зглобу лакта био је 0,22 кгм^2. Полуга је била фиксирана (угао у зглобу лакта 90^0) тако што је за њен леви крај (покрет екстензије), односно десни крај (покрет флексије), била причвршћена сонда динамометра, помоћу које је регистрована постигнута сила.

Експериментални задатак био је да се на најбржи могући начин постигну максималне изометријске силе флексора, односно екстензора у зглобу лакта (у хоризонталној равни). Током мерења (пре и посттест), испитаници су за сваку мишићну групу извели по три покушаја. Један пробни и два за потребе експеримента. За даљу анализу биран је покушај у коме је била добијена већа F_{max}. Редослед тестирања различитих мишићних група био је случајан. Између сваког покушаја уследила би пауза од 2 мин.

Процедура тестирања била је следећа. Сваки од испитаника најпре би био замољен да заузме одговарајући почетни положај, након чега би уследиле инструкције:

- благо затегни траку динамометра (да би се подесио нулти ниво или почетни ниво силе).
- на задату команду ("ВУЦИ"), најјаче и најбрже повуци траку и држи док не чујеш следећу команду ("ДОБРО ЈЕ").

Затим би уследила енергична команда ("ВУЦИ"), да би након четири секунде повлачења испитаник добио сигнал да може да опусти мускулатуру, односно да може да престане са повлачењем траке.

2.3 Тренинг јачине

Тренинг јачине флексора у зглобу лакта трајао је шест недеља, три пута недељно, са обавезним даном паузе између тренинга. Вежбе су извођене на тзв. Скотовој клупи. Пре почетка сваког тренинга, испитаници су се обавезно загревали (5 мин), са посебним акцентом на загревање актуелних мишићних група, односно мишића руку и раменог појаса. Пре почетка вежбања са радним оптерећењем, испитаници су у циљу што потпунијег загревања обавезно изводили по једну серију са тзв. "приступним оптерећењем" (оптерећењем које износи 50% од максималног), 12-15 понављања. Вежбање је подељено на три циклуса у трајању од по две недеље: у првом циклусу био је примењен метод поновљених напрезања, у другом боди-билдинг метод, и у последњем метод максималних напрезања. Између појединачних серија током тренинга обавезно је било статичко истезање циљних мишићних група.

2.4 Аквизиција и обрада експерименталних резултата

Јачине мишића мерене су изометријским динамометром (Спремо и Барач, Загреб), који се састојао из мерног претварача (мерне сонде) и појачивача са дисплејем. Добијени сигнали су дигитално конвертовани, софтверски филтрирани, а затим складиштени у меморију РС компјутера. Снимљени сигнал представљао је временску функцију изометријске силе. Одатле су се рачунали:

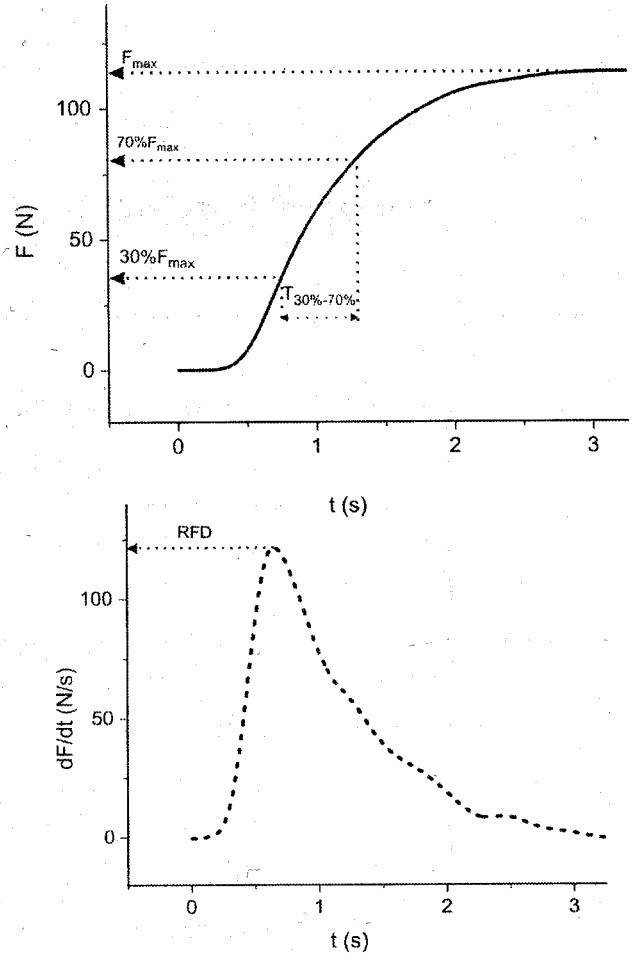
1) максимална изометријска сила (F_{max}), као интервал од почетка деловања, до максимално достигнуте вредности. За почетак деловања силом одабиран је

тренутак у коме је прираштај силе достизао 3% F_{max}.

2) Коефицијент експлозивности (RFD), као максимум првог извода временске функције силе.
3) Релативни коефицијент експлозивности (RFD/ F_{max}), као количник RFD-а и F_{max}.
4) Временски интервал ($T_{30\%-70\%}$), од тренутка постизања 30% F_{max} до тренутка достизања 70% F_{max}.

2.5 Статистичка анализа

Средње вредности и стандардне девијације рачунате су за све поменуте варијабле. Поузданост поновљених мерења одређивана је на основу "интраклас" корелационог коефицијента (ICC), који је рачунат за резултате пре и посттеста (тест јачине и тестови БРС), са интервалом поузданости од 95%. Разлике средњих вредности теста јачине и БРС у пре и посттесту, провераване су двофакторском анализом варијанси са поновљеним мерењем. Фактори су били "група" (контролна – експериментална), "мишићна група" (флексори-екстензори), са "тестом" као поновљеним мерењем (пре-пост). Међусобна повезаност тестова (F_{max} и четири теста за процену брзине развоја силе), одређивана је на основу Пирсоновог коефицијента корелације.



Слика 1. Горњи график (пуна линија) представља временску функцију изометријске силе. Доњи график (испрекидана линија) представља први извод временске функције силе из кога се процењује RFD. Такође су приказане методе одређивања максималне силе (F_{max}) и времена између 30% и 70% F_{max}($T_{30-70\%}$).

3. РЕЗУЛТАТИ

Сви испитаници су, и у пре и у посттесту, били тестирани по два пута. Том приликом је забележена крива силе у функцији времена (слика 1, горњи график), са које се за сваког испитаника рачунало F_{max} и временски интервал између 30% и 70% F_{max}. Из те криве изведена је крива временске зависности првог извода силе (слика 1, доњи график), са које је рачунат RFD. Ова вредност је релативизована у односу на максималну вредност постигнутог интензитета силе (RFD/F_{max}) чиме је добијен трећи тест БРС. У оба случаја (пре и посттест) за даљу анализу биран је онај покушај у коме је постигнута већа максимална сила.

У табели 1 приказане су средње вредности и стандардне девијације за F_{max}, $T_{30\%-70\%}$, RFD и RFD/ F_{max}, добијене у пре и посттесту, за обе мишићне групе (флексори и екстензори). Да би се испитала поузданост тзв. поновљеног мерења (пре-посттест), за сваку величину у обе групе, израчунати су "интраклас" коефицијенти корелације (ICC) (табела 1).

Табела 1. Максимална сила и три теста за процену БРС оба испитивана мишића у пре и посттесту

		КОНТРОЛНА ГРУПА			
		F_{max} (N)	$T_{30\%-70\%}$ (s)	RFD (N/s)	RFD/F_{max} (1/s)
екстензори	пре	113±18	0.62±0.13	127±25	1.14±0.19
	пост	113±19	0.65±0.18	131±23	1.17±0.22
	ICC	0.409	0.299	0.525	0.631
	Интервал поузданости	-0.184-0.783	-0.302-0.730	-0.036-0.835	0.123-0.877
флексори	пре	152±33	0.61±0.10	165±47	1.08±0.16
	пост	155±19	0.64±0.12	172±39	1.11±0.23
	ICC	0.802	0.128	0.697	0.373
	Интервал поузданости	0.450-0.938	-0.455-0.634	0.237-0.902	-0.224-0.766
		ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ГРУПА			
		F_{max} (N)	$T_{30\%-70\%}$ (s)	RFD (N/s)	RFD/F_{max} (1/s)
екстензори	пре	111±20	0.66±0.15	116±34	1.03±0.18
	пост	122±32	0.60±0.07	131±45	1.05±0.17
	ICC	0.522	0.474	0.629	0.394
	Интервал поузданости	-0.289-0.897	0.450-0.943	-0.136-0.924	-0.430-0.860
флексори	пре	147±23	0.59±0.07	183±54	1.23±0.28
	пост	170±37	0.58±0.06	227±74	1.32±0.31
	ICC	0.786	0.022	0.899	0.934
	Интервал поузданости	0.183-0.959	-0.694-0.715	0.530-0.982	0.670-0.988

Приказани подаци: средње вредности ± СД. ICC = интраклас корелациони коефицијенти са одговарајућим интервалима поузданости

У свим случајевима, осим код $T_{30\%-70\%}$, добијени ICC коефицијенти били су већи код флексора него код екстензора. За све тестове флексора осим за $T_{30\%-70\%}$, добијене вредности ICC коефицијената биле су у интервалу од 0.6 до 0.8, док су за тестове екстензора били у интервалу од 0.4 до 0.6. ICC коефицијент за F_{max} и код контролне и код експерименталне групе (флексори) био је око 0.8, док је ICC коефицијент за RFD (флексори) био око 0.7 (контролна), односно 0.9 (експериментална група). Да би се испитале разлике добијених средњих вредности у пре и посттесту урађена је двофакторска анализа варијанси са понављањем (где су фактори били: група "контролна" – "експериментална" и врста мишићне групе "екстензор" – "флексор", са посттестом као поновљеним мерењем). Резултати добијени за F_{max} и RFD били су идентични. На разлике F_{max} и RFD значајно је утицао ефекат мишићне групе (веће средње вредности код флексора него код екстензора, F_{max}: F= 30.74; p<0.01, RFD: F=22.67; p<0.01), теста (веће средње вредности у посттесту, F_{max}: F=8.66; p<0.05, RFD: F=13.03; p<0.01) и интеракције "група-тест" (F_{max}: F=5.67; p<0.01, RFD: F=6.62; p<0.01). Коначно, да би се испитала повезаност различитих тестова посебно за флексоре, посебно за екстензоре, израчунати су одговарајући коефицијенти корелације. Коефицијенти корелација приказани су у табели 2. Добијени резултати били су врло постојани. У сва четири случаја (флексори, екстензори, у пре и у посттесту) добијена је статистички значајна повезаност F_{max} и RFD, односно $T_{30\%-70\%}$ и RFD/ F_{max}.

Табела 2. Матрица корелација свих рачунатих тестова у претесту (горња) и посттесту (доња табела) за флексоре (десно) и екстензоре (лево)

	екстензија				флексија			
претест	F_{max}	$T_{30\%-70\%}$	RFD	RFD/ F_{max}	F_{max}	$T_{30\%-70\%}$	RFD	RFD/ F_{max}
F_{max}	1	-0.128	0.660**	-0.039	1	-0.108	0.752**	0.183
$T_{30\%-70\%}$		1	-0.428	-0.468*		1	-0.480	-0.581**
RFD			1	0.717**			1	0.781**
RFD/F_{max}				1				1

	екстензија				флексија			
посттест	Φ_{max}	$T_{30\%-70\%}$	RFD	RFD/ F_{max}	F_{max}	$T_{30\%-70\%}$	RFD	RFD/ F_{max}
F_{max}	1	0.166	0.683**	-0.184	1	-0.083	0.708**	0.159
$T_{30\%-70\%}$		1	-0.360	-0.623**		1	-0.381	-0.424
RFD			1	0.582**			1	0.804**
RFD/F_{max}				1				1

Једна звездица (*) представља статистички значајну корелацију на нивоу поверења p<0.05, две звездице (**) представљају статистички значајну корелацију на нивоу поверења p<0.01.

Да би се испитала поузданост тзв. поновљеног мерења (пре-посттест), за сваку величину израчунати су интраклас коефицијенти корелације (ICC), без обзира на групу (табела 3), као и за сваку групу понаособ (табела 1). У свим случајевима осим код $T_{30\%-70\%}$, добијени ICC коефицијенти били су већи код флексора него код екстензора. За све тестове флексора осим за $T_{30\%-70\%}$, добијене вредности ICC коефицијената биле су у интервалу од 0,7 до 0,8, док су за тестове екстензора били у интервалу од 0,4 до 0,6.

Слични резултати добијени су и по групама, при чему је ICC коефицијент за F_{max} и код контролне и код експерименталне групе (флексори) био око 0.8, ICC коефицијенти за RFD (флексори) био је око 0.7 (контролна), односно 0.9 (експериментална група).

Табела 3. Коефицијенти корелација за поновљена мерења за екстензоре и флексоре (ICC)

		F_{max}	$T_{30\%-70\%}$	RFD	RFD/ F_{max}
екстензори	r	0.473	0.638	0.584	0.598
	ICC	0.441	0.616	0.558	0.591
	Интервал поузданости	-0.002-0.739	0.238-0.832	0.154-0.803	0.202-0.820
флексори	r	0.738	0.142	0.796	0.742
	ICC	0.726	0.119	0.768	0.709
	Интервал поузданости	0.418-0.885	-0.341-0.534	0.493-0.904	0.389-0.877

Приказани подаци: ICC = интраклас корелациони коефицијенти са одговарајућим интервалима поузданости.

4. ДИСКУСИЈА

Добијени резултати, могу да се поделе у две групе. Прва група односи се на осетљивост појединих тестова на промене изазване тренингом, као и на повезаност примењених тестова. Друга група резултата указује на поузданост поновљених мерења појединих тестова.

4.1 Осетљивост појединих тестова на промене изазване тренингом

Када се упореде резултати пре и посттеста, код експерименталне групе средње вредности F_{max} и RFD-а код флексора су биле статистички значајно веће од средњих вредности у претесту, док се код контролне групе резултати посттеста нису разликовали од оних добијених у претесту. Поред тога, ни један други резултат посттеста се ни код контролне ни код експерименталне групе није значајно разликовао од оних добијених у претесту. Такође, поновљена мерења код екстензора ни за један тест нису се разликовала од оних у претесту. Одатле се може извести закључак да је поред F_{max} и RFD био осетљив на промене изазване тренингом, док преостала два теста (RFD/ F_{max} и $T_{30\%-70\%}$) то нису.

Резултати добијени испитивањем повезаности појединих тестова говоре у прилог овој тврдњи. На основу вредности одговарајућих Пирсонових коефицијената корелација, добијена је значајна повезаност F_{max} и RFD са једне, и RFD/ F_{max} и $T_{30\%-70\%}$ са друге стране. Добијени резултати су у сагласности са налазима добијеним у претходном експерименту /9/, који добијене разлике објашњава утицајем димензија мишића. Како је основни циљ примењеног тренинга био повећање јачине мишића, то се као последица тренинга очекивало подизање "платоа" функције силе у времену (веће F_{max}), што би изазивало и "вештачко" повећање стрмине растућег дела криве, односно већег максимума првог извода временске функције силе. Како је једна од претпоставки за "јачање" мишића, односно развијање веће мишићне силе, повећање физиолошког пресека активног мишића (димензија мишића), понуђено објашњење има смисла. Са друге стране, како се тренингом није утицало на "брзинске карактеристике" постизања максималне силе, време достизања платоа (индиректно $T_{30\%-70\%}$) и релативна вредност максимума првог извода у односу на максималну вредност постигнуте силе, није требала да се значајније промени. У овом истраживању нисмо у могућности да пружимо директне доказе о повезаности промене димензија мишића и повећања динамичких перформанси са добијеним резултатима тестова. То остаје задатак за нека наредна истраживања. Без обзира, добијени резултати доводе у сумњу неке

опште претпоставке по којима F_{max} и тестови БРС одсликавају различите функционалне особине тестираних мишића, због њиховог различитог значаја за извођење различитих покрета /11,12,15/. Такође се оспоравају резултати у којима су се промене мишићне јачине изазване тренингом различито одражавале на F_{max} и тестове процене БРС /8,6,17,5/.

4.2 Поузданост поновљених мерења појединих тестова

Када се упореде "интраклас" коефицијенти за тестове код флексора и екстензора (без обзира на групу), у три (F_{max}, RFD и RFD/ F_{max}) од четири случаја добијени ICC били су већи код флексора него код екстензора. Већина добијених ICC коефицијената код флексора налазили су се у интервалу од 0.6 до 0.8. Овај интервал сматра се показатељем добре поузданости тестова /14/. Одговарајући коефицијенти код екстензора нису задовољавали поменуте критеријуме. Код екстензора се у интервалу од 0.6 до 0.8 налазио једино ICC коефицијент за $T_{30\%-70\%}$. Коефицијенти осталих величина били су мањи од 0.6 (мала поузданост). За разлику од претходног експеримента /9/, када су добијене неочекивано високе поузданости за већину параметара обе мишићне групе, добијени резултати осим када су у питању F_{max} и RFD, указују на знатно нижу поузданост преосталих тестова. Добијена разлика може се објаснити на следећи начин: У претходном истраживању упоређивани су резултати три узастопна мерења која су забележена након неколико минута паузе. Пре тога испитаници су у више наврата увежбавали развијање максималних сила на најбржи могући начин. Интензивна фамилијаризација и кратко време између мерења резултовало је високом поузданошћу за обе мишићне групе. У овој студији је између два мерења протекло шест недеља. У пре и посттесту је из два покушаја, за даљу анализу биран онај у коме је забележен већи F_{max}. Након шест недеља испитаници су одмах тестирани без поновљене фамилијаризације. Када је у питању експериментална група, додатни отежавајући фактор представља чињеница да су се испитаници различито адаптирали на тренинг, што је додатно допринело смањењу поузданости појединих тестова. Изнете претпоставке донекле објашњавају и разлике у поузданости F_{max} и тестова БРС, односно слабију поузданост тестова БРС, добијене неким ранијим истраживањима /14,2/, али наводе на закључак да би у будућим истраживањима утицај фамилијаризације, временског интервала између два мерења, или пак методологије одабира резултата, требало даље испитати.

5. ЗАКЉУЧЦИ

Резултати добијени у овом истраживању указују на то да су неки тестови осетљиви на одабрани тренинг јачине, док неки то нису. Са тренингом се поред F_{max} мењао и RFD, док у преостала два теста БРС (RFD/ F_{max} и $T_{30\%-70\%}$) нису забележене значајније промене. Добијени резултати су у сагласности са претпоставкама изнетим у претходном истраживању да тестове за процену БРС треба поделити на оне који су зависни од мишићне јачине и тиме индиректно од димензија мишића, и на оне који су независни од јачине мишића, односно његових димензија. Тестови који су зависни од мишићне јачине су RFD или уопштено, интензитет силе остварен у одговарајућем тренутку деловања, док се RFD/ F_{max} и $T_{30\%-70\%}$ или уопштено интервал између два релативна нивоа силе могу сматрати тестовима који су независни од мишићне јачине. Због тога сматрамо да у процени ефеката различитих типова тренинга треба укључити различите тестове БРС. Тамо где је тренажни задатак јачање одговарајућих мишићних група, очекује се да на ефекат тренинга буде осетљивији RFD. Са друге стране, тамо где је тренажни задатак повећање брзинских способности (тренинг снаге) ту се очекује да на ефекат тренинга буду осетљивији релативни тестови БРС. За последњу претпоставку немамо директних доказа, па се од будућих истраживања очекује темељније изучавање ове проблематике.

Поузданост поновљених мерења, била је генерално слабија него у случају када је рачуната из неколико узастопних мерења којима је претходила интензивна фамилијаризација, па сматрамо да ова два чиниоца представљају факторе који значајно утичу на поузданост тестова јачине и БРС.

ЛИТЕРАТУРА

/1/ Aagaard, P., Simonsen. EB., Andersen, JL., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P., (2002): INCREASED RATE OF FORCE DEVELO--PMENT AND NEURAL DRIVE OF HUMAN SKELETAL MUSCLE FOLLOWING RESISTANCE TRAINING. J. Appl. Physiol., 93: 1318-26

/2/ Abernethy, P., Wilson, G., Logan, P, (1995): STRENGTH AND POWER ASSESSMENT. ISSUES, CONTROVERSIES AND CHALLENGES. Sports Med, 19: 401-417

/3/ Bobbert, MF., van Zandwijk, JP (1999): DYNAMICS OF FORCE AND MUSCLE STIMULATION IN HUMAN VERTICAL JUMPING. Med Sci Sports Exrerc, 31: 303-310

/4/ Enoka, RM., (1994): NEUROMECHANICAL BASIS OF KINESIOLOGY. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics

/5/ Gorostiaga, EM., Izquierdo, M., Iturralde, P., Ruesta, M., Ibanez, J., (1999): EFFECTS OF HEAVY RESISTANCE TRAINING ON MAXIMAL AND EXPLOSIVE FORCE PRODUCTION, ENDURANCE AND SERUM HORMONES IN ADOLESCENT HANDBALL PLAYERS. Eur J Appl Physiol, 80: 485-493

/6/ Haff, GG., Stone, M., OBryant, HS., Harman, E., Dinan, C., Johnson, R., Han, KH., (1997): FORCE-TIME DEPENDENT CHARACTERISTICS OF DYNAMIC AND ISOMETRIC MUSCLE ACTIONS. J Strength Conditioning Res, 11: 269-272

/7/ Keating, JL., Matyas, TA.. (1996): THE INFLUENCE OF SUBJECT AND TEST DESIGN ON DYNAMOMETRIC MEASUREMENTS OF EXTREMITY MUSCLES. Phys Ther, 76 : 866-89

/8/ Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., Jaric, S., (2001): EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON JUMPING PERFORMANCE IN JUNIOR BASKETBALL PLAYERS. J Sport Med Phys Fitness, 41 :159-164.

/9/ Mirkov, D., Nedeljkovic, S., Milanovic, S., Jaric, S., (2002): MUSCLE STRENGTH TESTING: EVALUATION OF TESTS OF EXPLOSIVE FORCE PRODUCTION. Submitted European Journal of Applied Physiology

/10/ Murphy, AJ., Wilson, GJ., (1996): POOR CORRELATIONS BETWEEN ISOMETRIC TESTS AND DYNAMIC PERFORMANCE: RELATIONSHIP TO MUSCLE ACTIVATION. Eur J Appl Physiol, 73: 353-357

/11/ Paasuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Sirkel, S., Sander, P., (2000): AGE-RELATED DIFFERENCES IN TWITCH PROPERTIES OF PLANTARFLEXOR MUSCLES IN WOMEN. Acta Physiol Scand, 170: 51-57

/12/ Pryor, JF., Wilson, GJ., Murphy, AJ., (1994): THE EFFECTIVENESS OF ECCENTRIC, CONCENTRIC AND ISOMETRIC RATE OF FORCE DEVELOPMENT TESTS. J Hum Mov Stud ,27: 153-172

/13/ Sahaly, R., Vandewalle, H., Driss, T., Monod, H., (2001): MAXIMAL VOLUNTARY FORCE AND RATE OF FORCE DEVELOPMENT IN HUMANS – IMPORTANCE OF INSTRUCTIONS. Eur J Appl Physiol, 85: 345-350

/14/ Slievert, GG., Wenger, HA., (1994): RELIABILITY OF MEASURING ISOMETRIC AND ISOKINETIC PEAK TORQUE, RATE OF TORQUE DEVELOPMENT, INTEGRATED ELECTROMYOGRAPHY, AND TIBIAL NERVE CONDUCTION VELOCITY. Arch Phys Med Rehab, 75: 1315-1321

/15/ Ugarkovic, D., Matavulj, D., Kukolj, M., Jaric, S., (2002): STANDARD ANTHROPOMETRIC, BODY COMPOSITION, AND STRENGTH VARIABLES AS PREDICTORS OF JUMPING PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ATHLETES. J Strength Conditioning Res, 16: 227-230

/16/ Wilson, GJ., Murphy, AJ., (1996): THE USE OF ISOMETRIC TESTS OF MUSCULAR FUNCTION IN ATHLETIC ASSESSMENT. Sports Med, 22: 19-37

/17/ Zhou, S., McKenna, MJ., Lawson, DL., Morrison, WE., Fairweather, I., (1996) EFFECTS OF FATIGUE AND SPRINT TRAINING ON ELECTROMECHANICSL DELAY OF KNEE EXTENSOR MUSCLES. Eur J Appl Physiol, 72: 410-416

Мр Драган М. Мирков, асистент
Медицински факултет,
11000 Београд, Вишеградска 26/II,
Србија и Црна Гора, 011 3615 775

Александар Недељковић, асистент приправник
Факултет спорта и физичког васпитања,
11030 Београд, Благоја Паровића 156,
Србија и Црна Гора, 011 555 000