

Лазар Тоскић¹, Миливој Допсај^{2,3}, Драган Тоскић¹, Милан Марковић²

¹Факултет за спорт и физичко васпитање, Универзитет у Приштини
– Косовска Митровица, Лепосавић, Србија

²Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Београду, Београд, Србија

³Institute of sport, tourism and service, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

УТИЦАЈ МЕХАНИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МИШИЋА НА ИСПОЉАВАЊЕ СИЛЕ МИШИЋА ОПРУЖАЧА И ПРЕГИБАЧА ЗГЛОБА КОЛЕНА

INFLUENCE OF MUSCLE MECHANICAL PROPERTIES ON FORCE MANIFESTATION IN KNEE JOINT EXTENSOR AND FLEXOR MUSCLES

Сажетак

Циљ истраживања је да се испита утицај механичких карактеристика мишића мерених методом тензиомиографије на испољавање мишићне силе мерене методом изокинетичке динамометрије код мишића опружача и прегибача зглоба колена. Узорак испитаника је чинило 32 испитаника (17 мушкараца и 15 жена) који су били студенти Факултета спорта и физичког васпитања и Криминалистичко-полицијске академије. Мерења максималног вертикалног померања мишића су извршена на мишићима ректус феморис, вастус латералис, вастус медиалис, бицепс феморис и семитендинозус десне и леве ноге. Максимални момент силе је мерен на мишићима опружачима и прегибачима зглоба колена десне и леве ноге у концентричном режиму рада при брзини од 60 °/s. За утврђивање утицаја система предикторских варијабли на мишићну силу примењена је вишеструка линеарна регресиона анализа. Резултати истраживања су показали да не постоји значајан утицај параметара максималног вертикалног померања мишића на параметре максималног момента силе ($Adj.R^2 = 0.103$, $p = 0.462$, у просеку). Може се закључити да мишићна крутост мишића опружача и прегибача зглоба колена нема значајан утицај на испољавање мишићне силе припадајућих мишићних група, као и да параметар тензиомиографије максимално вертикално померање мишића има слабе предиктивне вредности, односно да се не може користити за процену мишићне силе.

Кључне речи: ТЕНЗИОМИОГРАФИЈА / ИЗОКИНЕТИЧКА ДИНАМОМЕТРИЈА / МИШИЋНА КРУТОСТ / МОМЕНТ СИЛЕ

Abstract

The aim of the study is to investigate the influence of the muscle mechanical characteristics measured by the method of tensiomyography on the manifestation of the muscle force measured by the isokinetic dynamometry method in the knee joint extensor and flexor muscles. The sample consisted of 32 individuals (17 men and 15 women) who were students of the Faculty of sports and physical education and the Criminalist-police academy. Measurements of maximal displacement were performed on the muscles rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, biceps femoris and semitendinosus of right and left leg. Maximal peak torque was measured on the knee joint extensor and flexor muscles of the right and left leg in concentric mode at a speed of 60 °/s. Multiple linear regression analysis was applied to determine the influence of the system of predictor variables on muscle force. The results of the study showed that there was no significant influence of the maximal displacement parameters on the peak torque parameters (Adj. $R^2 = 0.103$, $p = 0.462$, on average). It can be concluded that the muscular stiffness of the knee joint extensor and flexor muscles has no significant influence on the muscle force manifestation of the respective muscle groups and that the tensiomyography parameter maximal displacement has low predictive values, that is, it cannot be used in muscle force evaluation.

Key words: TENSIOMYOGRAPHY / ISOKINETIC DYNAMOMETRY / MUSCLE STIFFNESS / PEAK TORQUE

1. УВОД

Мишићи представљају најзаступљеније ткиво у људском телу, имају кључну улогу у кретању, самим тим су изузетан предмет интересовања стручњака из области спорта и спортских наука. Нарочити предмет интересовања представљају постуралне групе мишића, попут мишића опружача и прегибача зглоба колена, које имају важну улогу у свакодневним кретним активностима, али и спорту.

Мишићна сила (јачина) је једна од основних контрактилних карактеристика мишића, подразумева способност мишића да делује против великих спољашњих оптерећења при малим брзинама скраћења мишића и има значајну улогу у кретању (Јарић, 1997; 2002). Фактори који утичу на испољавање мишићне силе су бројни. Мишићна јачина зависи од структуре и архитектуре мишића, дужине полуге на којој мишић делује, режима рада, спољашњег оптерећења, старости, замора и других фактора (Епока, 1988; Коти, 1986; McGinnis, 2013). Неки од фактора који свакако утичу на испољавање мишићне силе јесу механичке карактеристике мишића, попут мишићне крутости и еластичности, мишићне масе и других (Епока, 1988; Коти, 1986; Јарић, 1997; McGinnis, 2013).

Постоје бројне методе за процену контрактилних и механичких карактеристика мишића. Изокинетичка динамометрија и тензиомиографија (ТМГ) су неке од метода које се користе у процени поменутих карактеристика мишића. Изокинетичка динамометрија је једна од најчешће коришћених метода за процену мишићне јачине и снаге и базира се на процени контрактилних карактеристика мишића при

константим угаоним брзинама (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995; Baltzopoulos & Brodie, 1989). Ова метода је због своје безбедности често примењивана у процесу физикалне терапије и рехабилитације (Кнежевић, 2013). Тензиомиографија је релативно нова, неинванзивна метода, која се користи за процену контрактилних и механичких карактеристика мишића и базира се на процени мишићних контракција у изометријским условима на основу промена у положају трбуха мишића изазваних електричним импулсом (Macgregoret al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2010; Valenčić & Knez, 1997). Показало се да је ТМГ параметар максимално вертикално померање мишића (maximal displacement – Dm) у вези са мишићним тонусом, мишићном крутошћу, мишићном масом и замором (Dahmane et al., 2001; Križaj, Šimunič, & Žagar, 2008; Pišot et al., 2008; Rey, Lago-Peñas, & Lago-Ballesteros, 2012).

До сада готово да није било истраживања која су се бавила утицајем механичких карактеристика мишића, мерених релативно новом методом ТМГ-а на испољавање мишићне силе. У складу са тим, циљ овог истраживања је да се испита утицај механичких карактеристика мишића, мерених методом ТМГ-а на испољавање мишићне силе, мерене методом изокинетичке динамометрије код мишића опружача и прегибача зглоба колена. У складу са досадашњим сазнањима из ове области, очекује се одређени значајан утицај механичких карактеристика мишића на испољавање мишићне силе. Резултати овог истраживања могу допринети сазнањима из области физиологије мишићних контракција, односно фактора од којих зависи испољавање мишићне силе, као и развоју спортске дијагностике, односно предиктивним вредностима ТМГ-а.

2. МЕТОД

1.1 Узорак испитаника

Узорак испитаника је чинило 32 испитаника: 17 мушкараца – Узраст = 24.7 ± 3.6 година, ТВ = 181.3 ± 6.4 cm, ТМ = 81.5 ± 7.9 kg; и 15 жена – Узраст = 22.1 ± 2.3 година, ТВ = 168.8 ± 5.2 cm, ТМ = 62.1 ± 6.1 kg. Испитаници су били студенти Факултета спорта и физичког васпитања и Криминалистичко-полицијске академије. Сви испитаници су били здрави, одморни, упознати са циљем истраживања и добровољно су пристали на учешће у истраживању. Сва тестирања су обављена у складу са правилима Етичког комитета Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду.

1.2 Узорак варијабли

Узорак је чинило 10 варијабли за процену механичких карактеристика мишића и 4 варијабле за процену мишићне силе. За процену механичких карактеристика мишића примењен је параметар максимално вертикално померање мишића – Дм (mm) код мишића ректус феморис (РФ), вастус латералис (ВЛ), вастус медиалис (ВМ), бицепс феморис (БФ) и семитендинозус (СТ) десне – доминантне (Д) и леве – недоминантне (Л) ноге. Мишићна сила је процењивана параметром максимални

момент силе – ПТ (N/m) мереног при брзини од 60 °/s код мишића опружача (О) и прегибача (П) зглоба колена, такође десне и леве ноге.

1.3 Процедура тестирања

Тестирања на испитаницима су извршена методом рандомизованог унакрсног мерења, где су случајним узорком код једне групе испитаника прво извршена мерења на ТМГ-у, а након паузе од пола сата мерења на изокинетичком динамометру, док су код других испитаника мерења извршена обрнутим редоследом.

Мерења механичких карактеристика мишића су извршена методом тензиомиографије (TMG-VMC Ltd, Ljubljana). Мерење је извршено на пет мишића опружача и прегибача зглоба колена десне и леве ноге: ректус феморис (РФ), вастус латералис (ВЛ), вастус медиалис (ВМ), бицепс феморис (БФ) и семитендинозус (СТ). Испитаници су лежали у релаксираном положају на леђима, када су мерени мишићи РФ, ВЛ и ВМ, док су у позицији лежања на стомаку били, када су мерени мишићи БФ и СТ, док је угао између потколенице и натколенице био око 120° (Слика 1) (Rey et al., 2012; Tous-Fajardo, 2010). Пре мерења је дефинисана тачка за постављање сензора која је маркирана, а затим су на средишњи део мишића постављене две самолепљиве електроде које емитују електрични импулс, и то у позицији проксимално и дистално, на размаку од око 55 до 60 mm од маркиране тачке (Toskić et al., 2019) (Слика 1).

Између електрода је постављан сензор (GK40, Panoptik, Ljubljana, Slovenia) који детектује промене у трбуху мишића изазваних електричним стимулансом, док је електрични импулс оствариван помоћу електростимулатора TMG-100 (TMG-VMC d.o.o., Ljubljana, Slovenia). Почетни импулс је био дефинисан на интензитету од 25 mA који се пропорционално повећавао за 10 mA, па све до максимума, односно до тренутка када је нестала било каква реакција мишића на повећање електростимулације (Toskić et al., 2016). Пауза између импулса је била око 5 s, како би мишић био у стању да се релаксира.



Слика 1 Начин постављања ТМГ електрода и сензора

Мишићна сила је испитивана помоћу изокинетичког динамометра (KinCom, Kinetic Communicator; Chattech Corp., Chattanooga, TN, USA). Мерења су извршена на опружачима и прегибачима зглоба колена десне и леве ноге у изокинетичком концентричном режиму рада при брзини од 60 °/s. Испитаници су пре мерења упознати са начином извођења задатка и од њих је пре мерења захтевано да се загреју стандардизованом процедуром у трајању од око 10 минута (вожња бицикл ергометра, истезање мишића ногу) (Кнежевић et al., 2014; Toskić et al., 2019). Током тестирања испитаници су седели у столицама, били су фиксирани око рамена, струка и активне ноге (Слика 2) и из тог положаја вршили су максималну екстензију у зглобу колена, из положаја флектираног колена у углу од 90°, и затим назад флексију до почетне позиције (амплитуда покрета је била око 80°) (Toskić et al., 2019). Сваки испитаник је радио 5 понављања у две серије, при обе брзине, док је пауза између серија трајала од 1 до 3 минута у зависности од брзине при којима је вршено тестирање (Parcell et al., 2002). Приликом извођења задатка испитаницима је давана вербална подршка (McNair et al., 1996).



Слика 2 Мерења на изокинетичком динамометру

Сва тестирања и мерења су извршена у истим условима. Испитаници су мерени у јутарњим часовима, били су одморни, здрави, нису упражњавали физичке активности најмање 24 сата пре мерења и сва мерења су извршена од стране истих искусних мерилаца. Тестирања и мерења су спроведена у Методичко-истраживачкој лабораторији Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду.

1.4 Статистичка обрада података

Од статистичких процедура у раду је примењена метода дескриптивне статистике (просечна вредност – Mean, стандардна девијација – SD, коефицијент варијације –сV %). Након тога се израчунао ниво слагања, тј. сличности добијених резултата испитиваних варијабли, и то применом Пирсоновог коефицијента корелације. Степен објашњене заједничке варијансе резултата система варијабли се одредио помоћу вишеструке (мултипле) линеарне регресионе анализе. Ниво статистичке значајности је израчунат за 95% вероватноће и вредности $p < 0.05$ (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1998), док је сва статистичка процедура обављена у програму SPSS20 (IBM).

2. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На табелама 1 и 2 су приказани дескриптивни показатељи мерених параметара механичких карактеристика мишића и мишићне силе, односно мишићне крутости мерене методом ТМГ-а и максималног момента силе мишића мереног методом изокинетичке динамометрије. Може се, пре свега, закључити да су испитаници доста хомогенији у погледу испољавања мишићне силе (сV = 14.7 %), него у погледу мишићне крутости (сV = 33.1 %). Такође, може се закључити, када су у питању параметри силе, да су мушкарци испољили веће вредности од жена (за 69.2 %), мишићи опружачи од мишића прегибача (за 54.8 %), као и мишићи десне (доминантне ноге) од мишића леве (недоминантне ноге) (за 1.2 %). Када су у питању параметри ТМГ-а, може се закључити да су код мушкараца уочене нешто веће вредности мишићне крутости у односу на жене (за 7.4 %), код мишића прегибача у односу на мишиће опружаче (за 1.08 %), као и мишића десне (доминантне) ноге у односу на леву (недоминантну ногу) (за 0.8 %). Са аспекта појединачних мишића, највеће вредности Дм су забележене код мишића ВМ (5.9mm), док су најмање забележене код мишића ВЛ (4.9 mm).

Табела 1 Дескриптивни показатељи максималног момента силе (N/m)

		Десна нога		Лева нога	
		Опружачи	Прегибачи	Опружачи	Прегибачи
Мушарци	Mean	182.1	120.7	177.2	112.3
	SD	27.1	19	29	14.3
	сV%	14.9	15.8	16.3	12.8
Жене	Mean	107.1	69	106.1	67.8
	SD	18.3	10.1	16.7	7.1
	сV%	17.1	14.6	15.8	10.5

Табела 2 Дескриптивни показатељи максималног вертикалног померања мишића (mm)

			РФ	ВМ	ВЛ	БФ	СТ
Мушкарци	Десна нога	Mean	6.12	6.18	5.47	5.56	5.56
		SD	2.05	1.91	2.02	1.99	1.99
		cV%	33.55	30.9	36.9	35.8	35.8
	Лева нога	Mean	6.55	5.79	5.70	5.38	5.38
		SD	1.58	1.52	1.83	2.16	2.16
		cV%	24.15	26.3	32.1	40.1	40.1
Жене	Десна нога	Mean	5.33	5.75	4.48	5.74	5.74
		SD	2.02	1.91	1.99	1.64	1.64
		cV%	37.94	33.3	44.5	28.5	28.5
	Лева нога	Mean	5.11	5.83	4.23	5.74	5.74
		SD	2.02	1.44	1.39	1.64	1.64
		cV%	39.6	24.8	32.8	28.5	28.5

Табела 3 Повезаност између максималног вертикалног померања мишића и мишићне силе

			РФ	ВМ	ВЛ	БФ	СТ	
Мушкарци	Десна нога	ПТО	r	-0.032	0.011	-0.132	-0.432	-0.301
			p	0.901	0.964	0.611	0.082	0.240
		ПТП	r	-0.030	0.082	-0.193	-0.331	-0.249
			p	0.908	0.753	0.456	0.194	0.334
	Лева нога	ПТО	r	-0.369	-0.110	0.106	-0.505*	-0.245
			p	0.144	0.673	0.682	0.038	0.342
		ПТП	r	-0.429	-0.141	-0.087	-0.371	-0.234
			p	0.085	0.588	0.737	0.141	0.364
Жене	Десна нога	ПТО	r	-0.188	0.242	-0.113	-0.478	0.276
			p	0.471	0.349	0.665	0.052	0.283
		ПТП	r	-0.230	0.064	-0.140	-0.358	0.450
			p	0.375	0.806	0.593	0.159	0.070
	Лева нога	ПТО	r	0.073	0.139	0.041	-0.365	0.098
			p	0.780	0.595	0.876	0.150	0.709
		ПТП	r	0.181	0.419	0.136	-0.281	0.403
			p	0.487	0.094	0.602	0.274	0.109

ПТО – максимални момент силе мишића опружача зглоба колена, ПТП – максимални момент силе мишића прегибача зглоба колена

У табели 3 су приказани резултати корелационе анализе, односно повезаности између мерених параметара ТМГ-а и изокинетичке динамометрије. Може се закључити да не постоји значајна повезаност између параметара Дм, односно крутости мишића и параметра ПТ, као и максималног момента силе мишића опружача и прегибача зглоба колена ($r = 0.226$, $p = 0.443$, у просеку). Једина статистички значајна повезаност постоји између параметра ПТ мишића опружача зглоба колена и параметра Дм мишића БФ леве ноге код мушкараца ($r = -0.505$, $p = 0.038$). Ови резултати су у складу са претходним истраживањима из ове области, а која указују на релативно ниску повезаност између параметара ТМГ-а и изокинетичке динамометрије (Toskić et al., 2015; 2019; Toskić & Stanković, 2018). Иако није добијена статистички значајна повезаност између параметара Дм и ПТ, може се увидети да је та повезаност у највећем броју случајева негативна, што указује на чињеницу да појединци са ниским вредностима Дм испољавају високе вредности ПТ, односно да са порастом крутости мишића до одређене мере расте и мишићна сила.

Табела 4 приказује резултате регресионе анализе, односно утицаја система предикторских варијабли ТМГ-а на параметре максималног момента силе. Анализа је спроведена тако да се утврди утицај параметара Дм свих мишића опружача/прегибача зглоба колена десне/леве ноге на момент силе припадајућих мишићних група. Може се закључити да ни у једном моделу није добијен статистички значајан утицај параметара Дм на параметре ПТ ($Adj.R^2 = 0.103$, $p = 0.462$, у просеку).

Иако нису добијени статистички значајни модели, може се закључити да је код мушкараца ($Adj.R^2 = 0.059$, $p = 0.505$, у просеку) добијен нешто већи утицај мишићне крутости на мишићну силу него код жена ($Adj.R^2 = 0.019$, $p = 0.397$, у просеку), код мишића опружача ($Adj.R^2 = 0.119$, $p = 0.462$, у просеку) у односу на мишиће прегибаче ($Adj.R^2 = 0.087$, $p = 0.463$, у просеку), као и мишића леве (недоминантне) ноге ($Adj.R^2 = 0.127$, $p = 0.443$, у просеку) у односу на мишиће десне (доминантне) ноге ($Adj.R^2 = 0.110$, $p = 0.674$, у просеку).

Добијени резултати указују на чињеницу да мишићна крутост мишића опружача и прегибача зглоба колена десне и леве ноге нема значајан утицај на испољавање мишићне силе припадајућих мишићних група код умерено утренираних особа. Може се утврдити да су за испољавање максималне силе мишића код ове групе испитаника у великој мери заслужни неки други фактори, попут структуре и архитектуре мишића, неуромускуларних фактора и других. Такође, може се закључити да ТМГ параметар Дм има слабе предиктивне вредности, односно да се не може користити за процену мишићне силе. С обзиром да се показало да механичке карактеристике мишића имају значајан утицај на испољавање мишићне силе (Енока, 1988; Komi, 1988), као и да постоји одређени утицај мишићне крутости мерене методом ТМГ-а на испољавање мишићне силе мерене методом изокинетичке динамометрије (Toskić et al., 2019), ови резултати су донекле неочекивани и могу се приписати релативно малом узорку испитаника на коме је вршено истраживање.

Табела 4 Регресиона анализа утицаја максималног вертикалног померања мишића на максимални момент силе

		Model	R	R ²	Adj. R ²	Sig.
Мушкарци	Десна нога	Опругачи	-0.199	-0.039	-0.182	0.909
		Прегибачи	0.464	0.215	0.034	0.352
	Лева нога	Опругачи	-0.346	-0.120	-0.006	0.410
		Прегибачи	0.372	0.139	0.016	0.352
Жене	Десна нога	Опругачи	-0.411	-0.169	-0.023	0.477
		Прегибачи	-0.150	-0.022	-0.203	0.959
	Лева нога	Опругачи	0.599	0.359	0.268	0.052
		Прегибачи	0.460	0.211	0.098	0.190

3. ЗАКЉУЧАК

У овом раду испитиван је утицај механичких карактеристика мишића, односно мишићне крутости на испољавање мишићне силе. Добијени резултати су показали да не постоји статистички значајан утицај система предикторских варијабли ТМГ-а на параметре мишићне силе.

На основу резултата добијених у истраживању може се закључити да мишићна крутост мишића опругача и прегибача зглоба колена нема значајан утицај на испољавање мишићне силе припадајућих мишићних група код умерено утренираних особа. Такође, може се закључити да ТМГ параметар Дм има слабе предиктивне вредности, односно да се не може користити за процену мишићне силе.

Главно ограничење студије јесте величина узорка испитаника на коме је вршено истраживање, те су неопходна даља истраживања са већим узорком, како би се добила ширија слика о предиктивним вредностима ТМГ параметра Дм повезаности и утицају механичких карактеристика мишића, односно мишићне крутости на испољавање мишићне силе код умерено утренираних мушкараца и жена.

Напомена

Ово истраживање је урађено као део пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, бр. III47015: Ефекти примењене физичке активности на локомоторни, метаболички, психо-социјални и васпитни статус популације Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Abernethy, P., Wilson, G., & Logan, P. (1995). Strength and power assessment. *Sports Medicine*, 19(6), 401-417.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry. *Sports Medicine*, 8(2), 101-116.
- Dahmane, R., Valenčič, V., Knez, N., & Eržen, I. (2001). Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 39(1), 51-55.
- Enoka, R. M. (1988). Muscle strength and its development. *Sports medicine*, 6(3), 146-168.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1998). *Multivariate data analysis*. New Jersey, USA: Prentice-Hall. Inc.
- Jarić, S. (1997). *Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta*. Beograd: Fakultet fizičke kulture.
- Jarić, S. (2002). Muscle strength testing. *Sports Medicine*, 32(10), 615-631.
- Komi, P. V. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International Journal of Sports Medicine*, 7(S 1), S10-S15.
- Кнежевић, О.М. (2013). Евалуација теста за процену неуромишићне функције прегибача и опружача у зглобу колена након повреде предњег укрштеног лигамента. *Годишњак факултета спорта и физичког васпитања*, (19), 5-26.
- Križaj, D., Šimunič, B., & Žagar, T. (2008). Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(4), 645-651.
- Macgregor, L. J., Hunter, A. M., Orizio, C., Fairweather, M. M., & Ditroilo, M. (2018). Assessment of Skeletal Muscle Contractile Properties by Radial Displacement: The Case for Tensiomyography. *Sports Medicine*, 48(7), 1607-1620.
- McGinnis, P. M. (2013). *Biomechanics of sport and exercise*. Champaign IL: Human Kinetics.
- McNair, P.J., Depledge, J., Brett Kelly, M., & Stanley, S.N. (1996). Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. *British Journal of Sports Medicine*, 30(3), 243-245.
- Parcell, A. C., Sawyer, R. D., Tricoli, V. A., & Chivere, T. D. (2002). Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1018-1022.
- Pišot, R., Narici, M. V., Šimunič, B., De Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., & Mekjavić, I. B. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2), 409-414.
- Rey, E., Lago-Peñas, C., & Lago-Ballesteros, J. (2012). Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6), 866-872.
- Toskić, L., & Stanković, V. (2018). Relations between muscle torque and muscle stiffness of the knee flexor and extensor muscles measured by the methods of isokinetic dynamometry and tensiomyography (TMG). In F. Derwent (Eds.), *Abstract book of FIEP 13th european & 29th world congress* (pp. 55). Istanbul, Turkey: Marmara University.

Toskić, L., Dopsaj, M., Koropanovski, N., & Jeknić, V. (2015). Relations between neuromuscular contractile properties of leg muscles measured with isokinetic and TMG methods: Pilot study. In S. Pantelić (Eds.), *Book of proceedings of XVIII International scientific conference FIS communication in physical education, sport and recreation* (pp. 35-45). Niš: Faculty of sport and physical education.

Toskić, L., Dopsaj, M., Koropanovski, N., & Jeknić, V. (2016). The neuromechanical functional contractile properties of the thigh muscles measured using tensiomyography in male athletes and non-athletes. *Physical Culture*, 70(1), 34-45.

Toskić, L., Dopsaj, M., Stanković, V., & Marković, M. (2018). Concurrent and predictive validity of isokinetic dynamometry and tensiomyography in differently trained women and men. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(1), 31-39.

Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Usach, R., Doutres, D. M., & Maffiuletti, N. A. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20 (4), 761-766.