

В. 230: 02-1645/20

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА  
БЕОГРАД

Примљено: 20. 2. 2021			
Орг. јед.	Бр. а	Примљено	Бројност
	02-78/21-3		

## КОМИСИЈА ЗА ПРЕГЛЕД И ОЦЕНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА

**Предмет:** Извештај комисије за преглед и оцену докторске дисертације Филипа Којића, студента докторских академских студија

На 5. седници Наставно-научног већа Факултета спорта и физичког васпитања одржаној 27. јануара 2021, електронским путем, у складу са чл. 40. Правилника о докторским студијама (02-бр. 893/20-3 од 17. јуна 2020. и чланом 41-43. Статута Универзитета у Београду – Факултета спорта и физичког васпитања (02-бр. 896/20-2) од 16. јула 2020, на предлог Већа докторских академских студија, донета је Одлука о формирању Комисије за преглед и оцену докторске дисертације студента докторских академских студија **Филипа Којића**, под називом: „Утицај две различите варијанте темпа и ритма извођења вежби са оптерећењем на морфолошке и контрактилне адаптације мишића“.

Комисија је формирана у саставу:

1. Др Игор Ранисављевић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања,
2. Др Сања Мандарић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет спорта и физичког васпитања, члан,
3. Др Дејана Поповић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Фармацеутски факултет, члан.

Након прегледа достављеног материјала Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

## ИЗВЕШТАЈ

### Биографски подаци

Филип Којић рођен је 12. априла 1988. у Београду. После завршене гимназије, уписује Медицински факултет у Београду. Након завршетка прве године Медицинског факултета, школске 2008/09. уписује се на академске студије Универзитета у Београду -

Факултета спорта и физичког васпитања. Основне академске студије на Факултету спорта и физичког васпитања је завршио просечном оценом 7,59 одбранивши завршни рад 8. октобра 2014. године на тему: „Формирање знања и вештина код предшколске деце кроз интегрисане физичко-здравствене активности“ оценом 10.

Мастер академске студије уписао је школске 2014/15. године на Факултету спорта и физичког васпитања, Универзитета у Нишу, и завршио просечном оценом 9,00. Мастер радна тема: „Развој брзине и снаге код деце млађег школског узраста зависно од морфолошких карактеристика“, одбранио је 16. децембра 2015. оценом 10. Докторске академске студије уписао је 2016/17. на Универзитету у Београду – Факултету спорта и физичког васпитања, студијски програм *Експерименталне методе истраживања хумане локомоције*.

У периоду од 2017. до 2018. био је запослен на Вишој школи струковних студија за образовање васпитача у Кикинди, као асистент на предмету Методика физичког васпитања. Од 15. фебруара 2018. запослен је на Учитељском факултету Универзитета у Београду, као наставник вештина на предмету Физичко и здравствено васпитање. Као спортски директор, у временском периоду од три године (2017-2019), ангажован је у Каравану „Дух младости“ на пројекту подржаном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, који је реализован у 33 општине и градова Србије. У оквиру пројекта био је организатор и реализатор спортских манифестација које промовишу здраве стилове живота, спорт, активизам и волонтирање. Током студија, радио је као тренер у школици „Покрет за окрет“ и бавио се персоналним фитнесом.

### Научно истраживачки рад

Досадашња научно–истраживачка активност Филипа Којића се поред учешћа на домаћим научним конференцијама, огледа у објављивању радова у домаћим и иностраним часописима:

1. **Којић, F.**, Ranisavljev, I., Ćosić, D., Popović, D., Stojiljković, S., & Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and contractile properties of elbow flexor: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, 38(4), 587-594.
2. Džinović, D., & **Којић, F.** (2020). Preschool children's engagement in structured physical activity. Educational space. Selected theoretical and practical approaches. Nowy Sacz: State

- University of Applied Sciences and Belgrade: Teacher Education Faculty. РАД У ШТАМПИ
3. Džinović, D. R., Martinović, D. D., & **Kojić, F.** (2018). Modern technologies in physical education for improving the motor skills of children. *Inovacije u nastavi-časopis za savremenu nastavu*, 31(3), 88-95.
  4. Džinović, D., **Kojić, F.**, & Pelemiš, V. (2018). Evaluation of preschool children's movement coordination. In Radovanovic I. & Zaclona, Z. (Ed.). *Evaluation in Contemporary Education "Theory and Practice"*. (pp. 134–147). Nowy Sacz: State Higher Vocational School, Belgrade: Faculty of Teacher Education. ISBN: 978-86-7849-249-5, COBISS:RS-ID: 270688012
  5. **Kojic, F.** (2016). Mobile games as the factors of motoric skill's development in children aged from 3 to 4 years. *Educacia Plus*, 16(2), 87-97.
  6. Mandić, D., Pelemiš, V., Džinović, D., Madić, D., & **Kojić, F.** (2019). Quantitative and Qualitative Characteristics of Motor Skills of Preschool Children. *Croatian Journal of Education: Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje*, 21(Sp. Ed. 1), 79-99.
  7. Obradovic, M., Nesic, G., Popovic, A., Bozic, P., Savic, Z., **Kojic, F.**, & Djuric, S. (2020). Physical activity and eating habits of students of the University of Belgrade: An epidemiological study. *Vojnosanitetski pregled*, (00), 56-56.
  8. Pelemiš, V., Bajrić, O., Džinović, D., & **Kojić, F.** (2018). Group differences in morphological characteristics of preschool children from Belgrade. *International Scientific Journal of Kinesiology*, 11(1), 124-130.
  9. Šekeljčić, G., Stamatović, M., Dzinović, D., & **Kojić, F.** (2013). Influence of anthropometric dimensions on the prediction of VO<sub>2</sub> max by step-test. *Journal Plus Education*, 9(2), 90-96.
  10. **Кojiћ, Ф.** (2017). Формирање знања и вештина код предшколске деце кроз интегрисане физичко-здравствене активности, ПРВИ део. *Методичка пракса, часопис за наставу и учење*, 13(1) 5-16. УДК: 372.36. ISSN 0354-9801.
  11. **Кojiћ, Ф.** (2017). Формирање знања и вештина код предшколске деце кроз интегрисане физичко-здравствене активности, ДРУГИ део. *Методичка пракса, часопис за наставу и учење*, 13(2), 285-300. УДК: 371.36. ISSN 0354-9801.
  12. **Кojiћ, Ф.** & Докић, Ј. (2018). Формирање знања и вештина код предшколске деце кроз интегрисане физичко-здравствене активности, ТРЕЋИ део, Методичка пракса, часопис за наставу и учење, 1/2018, Вол. 13, стр. 165-180. YU ISSN 0354-9801 UDK 37.

## Анализа докторске дисертације

Докторска дисертација је написана латиничним писмом на 57 страна, формата А4. Садржи 13 слика, 6 табела и 6 прилога. Написана је и уређена у складу са Правилником о докторским студијама Факултета спорта и физичког васпитања, као и са Упутством о формирању репозиторијума докторских дисертација Универзитета у Београду. Дисертација је урађена на основу реализованог пројекта у оквиру елабората теме докторске дисертације и садржи следеће делове: захвалницу, резиме на српском и на енглеском језику, садржај и преглед скраћеница. Након тога следе поглавља: 1. Увод, 2. Преглед досадашњих истраживања, 3. Проблем, предмет, циљ, и задаци истраживања, 4. Хипотезе истраживања, 5. Методе истраживања, 6. Резултати истраживања, 7. Дискусија 8. Закључак, 9. Литература, Биографија аутора и Прилози.

### Увод

Кандидат је Увод (стр. 1-9) поделио на засебна поглавља везана за скелетни мишић и адаптације узроковане тренингом са оптерећењем. У првом поглављу (стр. 1-4) кандидат се осврће на опште карактеристике скелетних мишића: грађу, функцију, типове архитектуре и типове мишићних влакана. Јасно објашњава механизам мишићне контракције, као и врсте контракција, где истиче да је у ексцентричној фази сила којој мишић може да се супротстави већа за 20-60% у односу на концентричну (ACSM, 2009). Издваја и сателитске ћелије, као посебне мишићне ћелије, које у случају оштећења мишићног влакна имају способност да се умножавају и фузионишу са постојећом мишићном ћелијом (Nikolić, 2003; Almeida, Fernandes, Ribeiro Junior, Keith Okamoto, & Vainzof, 2016). У даљем тексту указује се на пластичност мишићног ткива и његову способност да се адаптира тренажном стимулусу.

У следећем поглављу (стр. 4-5), кандидат говори о варијаблима тренинга са оптерећењем, где издваја следеће варијабле: оптерећење, обим, фреквенца, пауза, редослед вежби, врста контракција, амплитуда покрета, темпо и ритам, време под тензијом (Stojiljković et al., 2012; Howe, Read, & Waldron 2017; ACSM, 2009). Истиче да се њиховим манипулисањем може изазвати значајно различит мишићни одговор и указује да су варијабле темпо, ритам и време под тензијом у досадашњој литератури често занемариване. Темпо дефинише као број понављања у минути (Mandarić, 2003) или

као трајање једног понављања у секундама (Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2015; Davies, Kuang, Orr, Halaki & Hackett, 2017; Wilk, Tufano & Zajac, 2020), док ритам одређује као однос трајања сваке фазе у секундама (ексцентрична / изометријска / концентрична / изометријска). Даље, истиче да су темпо, ритам и време под тензијом међусобно зависни, и да спорији темпо и/или ритам директно повећава/ју време под тензијом (Schoenfeld et al., 2015, Wilk et al., 2020).

У поглављу Морфолошке адаптације скелетног мишића (стр. 5-8), кандидат говори о променама у величини и архитектури мишића под утицајем тренинга са оптерећењем. Истиче да је раст мишића превасходно резултат хипертрофије и концизно објашњава механизме који до њега доводе. Издваја механичку тензију, метаболички стрес и мишићно општење као примарне факторе за започињање хипертрофичног одговора (Schoenfeld, 2010; Hedayatpour & Falla, 2015; Wackerhage, Schoenfeld, Hamilton, Lehti, & Hulmi, 2019). Такође, указује да постоје два типа мишићне хипертрофије – саркоплазматична и контрактилна, где истиче да саркоплазматична не доводи до побољшања механичких перформанси мишића, док контрактилну узрокује додавање саркомера у низу или паралелно (Ema, Akagi, Wakahara, & Kawakami, 2016; Franchi, Reeves, & Narici, 2017; Schoenfeld, 2020). Даље, објашњава да ове промене у расту мишића утичу на саму мишићну архитектуру. На основу досадашњих истраживања, кандидат износи општи закључак везан за утицај варијабли тренинга са оптерећењем на промене у величини и архитектури мишића.

У наредном поглављу (стр. 8-9) кандидат износи информације везане за вољне и невољне контрактилне карактеристике мишића. Са аспекта вољних, издваја силу (јачину) као основно механичко својство мишића. Такође, прави дистинкцију за појам мишићне јачине – у механичком својству или као моторичкој способности. Даље, истиче да се мишићна јачина може проценити изометријским, изоинерцијалним и изокинетичким тестовима, где наглашава тест једног максималног понављања (1PM) као често заступљеног у изоинерцијалним условима. Позивајући се на претходна истраживања (Moritani & de Vries, 1979; Enoka, 1988), говори о неуралним адаптацијама као примарним у иницијалном развоју јачине, али да даљи развој јачине у одређеној мери зависи и од морфолошких фактора (величина, архитектура). На основу досадашњих истраживања, кандидат износи општи закључак везан за утицај варијабли тренинга са

оптерећењем на развој јачине. Кандидат пажњу посвећује и невољним мишићним карактеристикама, где истиче тензиомиографију (ТМГ) као ефикасну методу за процену контрактилних својстава мишића (Macgregor, Hunter, Orizio, Fairweather, & Ditroilo, 2018; García-García, Cuba-Dorado, Álvarez-Yates, Carballo-López, & Iglesias-Caamaño, 2019). Издваја радијално померање (Dm) и време контракције (Tc) као поуздане ТМГ параметре, који се доводе у везу са мишићном крутошћу (Macgregor et al., 2018; Hunter et al., 2012), композицијом (Dahmane, Djordjević, Šimunić, & Valenčić, 2005; Šimunić et al., 2011) и замором (Rey, Lago-Peñas, & Lago-Ballesteros, 2012; Macgregor, Ditroilo, Smith, Fairweather, & Hunter, 2016).

#### Досадашња истраживања

Ово поглавље (стр. 11-15) је подељено на два дела. Први део (стр. 11-13) је обухватио истраживања која су испитивала утицај темпа и ритма тренинга са оптерећењем на величину и јачину скелетних мишића. У овом делу указује се да је већина досадашњих студија била усмерена на праћење индиректних, односно акутних показатеља мишићне хипертрофије. Тако се закључује, да извођење брзих ексцентричних контракција доводи до појаве мишићног оштећења (Schoenfeld et al., 2012; Hedayatpour & Falla, 2015), док с друге стране спорије контракције доводе до повећане концентрације лактата и анаболичких хормона, за које се претпоставља да су индикатори метаболичког стреса (Calixto et al., 2014; Wilk et al., 2018; Sheikholeslami-Vatani, Ahmadi, Chehri, & Tadibi, 2018). У даљем тексту, кандидат истиче да је у већини досадашњих студија, које су пратиле хроничне адаптације мишића, трајање ексцентричне и концентричне фазе било изједначено или је манипулисано само концентричном фазом. У таквој ситуацији показало се да репетиције које трају између 0,5 и 8 секунди изазивају углавном исти ефекат на раст мишића и развој јачине (Schoenfeld et al., 2015; Davies, Kuang, Orr, Halaki & Hackett, 2017). Ипак у литератури постоји недовољна истраженост о ефектима манипулисања трајања ексцентричне фазе. С тим у вези, кандидат наводи студију Переире и сарадника (Pereira et al., 2016), у којој се испитивао утицај трајања ексцентричне фазе на попречни пресек и јачину флескора у зглобу лакта. Две групе испитаника су задату вежбу изводили до отказа и крајњи резултати су открили супериорност продуженог трајања ексцентричне фазе, у ритму 4/0/1/0 у односу на краће (1/0/1/0). С друге стране, у ситуацији када су групе, које су

се разликовале у темпу и ритму тренинга (2/0/2/0 и 4/0/2/0) биле изједначене по укупном времену под тензијом (Shibata et al., 2018) или обиму тренинга (Mike et al., 2016), ефекат на хипертрофију и 1PM мишића квадрицепса је био исти. Кандидат истиче да је у досадашњој литератури мали број студија које су испитивале утицај темпа тренинга са оптерећењем, манипулацијом трајања ексцентричне фазе. С обзиром да је у ексцентричној фази, сила којој мишић може да се супротстави већа за неких 20-60% у односу на концентричну (ACSM, 2009; Carvalho et al., 2015), постављена је логична претпоставка да се повећањем оптерећења или споријим извођењем у ексцентричној фази, може изазвати значајно већи мишићни раст и развој јачине. Оваква претпоставка се даље темељи на сазнањима да време под тензијом значајно утиче на синтезу протеина (Burd et al., 2012; Gumucio et al., 2015), као и да спорије извођење у ексцентричној фази доводи до појава индикатора метаболичког стреса (Calixto et al., 2014; Wilk et al., 2018), који је један од главних механизма у настанку мишићне хипертрофије (Schoenfeld, 2010). Ипак, малобројне студије које су се бавиле датом проблематиком показале су контрадикторне резултате. Ове разлике у резултатима, кандидат објашњава различитим експерименталним дизајном, и издваја мишићни отказ као најпотентнији стимулус за хипертрофију (Helms et al., 2014; Ozaki, Loenneke, Buckner, & Abe, 2016; Schoenfeld & Grgic, 2019), те сугерише да би извођење понављања до момента када више није могуће подићи терет представљао највалиднији критеријум. Међутим, недостатак оваквог приступа је чињеница да ће код бржег темпа (и ритма) последњих пар понављања бити нешто спорије, стога кандидат предлаже да се понављања изводе до момента када више није могуће извршити контракцију (отказ) или задати темпо извођења; чиме ће и брзина (трајање понављања) бити строжије контролисана. Даље, кандидат наглашава проблем интермускуларне хипертрофије (Antonio, 2000; Wakahara, Fukutani, Kawakami, & Yanai, 2013; Ema et al., 2016; Kubo, Ikebukuro, & Yata, 2019), као и могућност да темпо тренинга са оптерећењем може изазвати различите морфо-функционалне адаптације, у зависности од архитектуре и композиције самог мишића (Hackett, Davies, Orr, Kuang, & Halaki, 2018). Стога, као главни недостатак досадашњих истраживања истиче да нису била усмерена на само једну мишићну групу, те да ниједна студија није заједно обухватила мишиће који се разликују у архитектуру и композицији (нпр. мишиће горњих и доњих екстремитета).

Други део (стр. 13-15) је усмерен на радове у којима су испитиване промене у ТМГ параметрима узроковане тренингом са оптерећењем. Сходно томе, истиче се да су истраживања оваквог типа углавном, акутног карактера. Показало се да се под утицајем тренинга са оптерећењем параметар  $Dm$  смањује, што индукује повећану мишићну крутост (Garcia-Manso et al., 2012; Paula-Simola et al., 2015; Zubac & Šimunič, 2017), као и да је ова појава посебно интензивирана након тренинга са споријим ексцентричним контракцијама (Paula-Simola et al., 2015). Даље се наводи да се исти параметар ( $Dm$ ) показао као корисно средство у детекцији мишићне атрофије (Pišot et al., 2009). Кандидат истиче да је само једна студија пратила хроничне промене у параметру  $Dm$  изазване тренингом са оптерећењем, и то путем механомиографије (Than, Tosovic, Seidl, & Brown, 2016). У наведеном истраживању се показало да је тренингом изазвано смањење вредности параметра  $Dm$  показатеља хипертрофије за мишиће флексоре у зглобу лакта. Као главни недостатак досадашњих студија, кандидат истиче одсуство лонгитудиналних истраживања која би обухватила ТМГ дијагностику. Сматра, да би поред промена у величини и јачини већег броја мишића, укључивање ТМГ дијагностике пружио свеобухватне информације о ефектима примене споријег и бржег темпа (и ритма) тренинга са оптерећењем.

#### Проблем, предмет и циљ истраживања

*Проблем истраживања* је формиран на основу прегледа литературе, анализе резултата и недостатака досадашњих истраживања а представљен је кроз два аспекта. Први аспект се односи на промене у величини и јачини мишића у зависности од темпа и ритма извођења тренинга са оптерећењем, односно времена под тензијом. Други аспект се односи на промене у контрактилним карактеристикама мишића ( $Dm$  и  $Tc$ ), процењеним тензиомиографијом, и њиховом повезаношћу са морфолошким променама.

*Предмет истраживања* обухвата морфолошке и контрактилне адаптације скелетног мишића у зависности од темпа и ритма извођења тренинга са оптерећењем.

#### *Циљеви истраживања:*

(1) Испитати утицај темпа и ритма тренинга са оптерећењем манипулацијом трајања



ексцентричне фазе, на тренажне варијабле - време под тензијом (ТУТ) и обим тренинга (број серија x број понављања);

(2) Испитати утицај темпа и ритма тренинга са оптерећењем, манипулацијом трајања ексцентричне фазе, на величину и јачину флексора у зглобу лакта (*m. biceps brachii*);

(3) Испитати утицај темпа и ритма тренинга са оптерећењем, манипулацијом трајања ексцентричне фазе, на величину и јачину опружача у зглобу колена (*m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis* и *m. vastus intermedius*);

(4) Испитати утицај темпа тренинга са оптерећењем, манипулацијом трајања ексцентричне фазе, на невољне контрактилне карактеристике *m. biceps brachii*-а, мерене путем тензиомиографије;

(5) Испитати утицај темпа тренинга са оптерећењем, манипулацијом трајања ексцентричне фазе, на невољне контрактилне карактеристике *m. rectus femoris* и *m. vastus lateralis*, мерене путем тензиомиографије;

(6) Испитати повезаност између промена у величини мишића и тензиомиографских параметара.

#### Хипотезе истраживања:

(1) Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, проузроковаће значајно веће време под тензијом (ТУТ), у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе;

(2) Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања величине и јачине мишића флексора у зглобу лакта (*m. biceps brachii*);

(2.1) Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно веће повећање величине и јачине тестираног мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе;

(3) Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања величине и јачине опружача у зглобу колена (мишића квадрицепса);

(3.1) Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно веће повећање величине и јачине тестираних мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем

концентричне и ексцентричне фазе.

(4) Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања крутости, односно смањених вредности параметра  $D_m$ , за *m. biceps brachii*;

(4.1) Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно већу крутост тестираног мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе.

(5) Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања крутости, односно смањених вредности параметра  $D_m$ , за *m. rectus femoris* и *m. vastus lateralis*;

(5.1) Спорији темпо тренинга у ритму, где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно већу крутост тестираних мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе;

(6) Претпоставља се да ће постојати значајна повезаност између промена у величини мишића и параметру  $D_m$  тестираних мишића.

#### Метод

У поглављу Метод (стр. 18-24), кандидат је истакао да је студија била лонгитудиналног карактера, у којој су испитаници ( $n = 20$ , 11 мушкараца и 9 жена) били распоређени у 2 групе, које су се разликовале у темпу и ритму извођења тренинга са оптерећењем: ФЕГ – група која је изводила брзе ексцентричне контракције (1s ексцентрична / 0s изометријска / 1s концентрична / 0s изометријска фаза) и СЕГ – група која је изводила споре ексцентричне контракције (4s ексцентрична / 0s изометријска / 1s концентрична / 0s изометријска фаза). Тренажна интервенција је спровођена 2 пута недељно, у трајању од 7 недеља. Процена величине, јачине и контрактилних својстава мишића је утврђена у иницијалном и финалном мерењу (претест-посттест), док су обим тренинга и време под тензијом израчунати за сваког испитаника у току прве недеље третмана.

Након узорка, дизајна и протокола експеримента, кандидат је детаљно описао сваки појединачан тест и мерни инструмент. Процена јачине мишића флексора у зглобу лакта и екстензора у зглобу колена је установљена на основу теста једног максималног понављања (1РМ), и то за вежбе Бицепс прегиб на Скотовој клупи и Паралелни чучањ. Даље се истиче да је цео 1РМ поступак тестирања спроведен према стандардној

процедури (Beachle & Earl, 2008). За процену величине мишића коришћена је ултразвучна дијагностика, помоћу апарата Siemens Antares (Siemens, Erlangen, Germany), користећи дијагностичку методу 2Д елипсе, са линеарном сондом 7,5 MHz. Ултразвучном методом процењена је дебљина флексора у зглобу лакта – м. бицепс брахи (ББ), као и попречни-пресек (ПП) екстензора у зглобу колена - м. ректус феморис (РФ), м. вастус латералис (ВЛ), м. вастус медиалис (ВМ) и м. вастус интермедиус (ВИ), према стандардизованој процедури (Zhang, Ng, Lee & Fu, 2014; Perkisas et al., 2017). Контрактилне карактеристике мишића су процењене методом тензиомиографије (ТМГ-ВМС, Ljubljana, Slovenia). Тестирање је обухватило мишиће: бицепс брахи (ББ), ректус феморис (РФ)<sup>\*</sup> и вастус латералис (ВЛ), доминантне руке/ноге. Сва мерења су реализована у складу са препорукама произвођача и у складу са претходним истраживањима (Pišot et al., 2008, Garica-Manso et al., 2012; Hunter et al., 2012; Zubac & Šimunič, 2016).

Кандидат је детаљно описао тренажну интервенцију, коју су представљале вежбе бицепс прегиб на Скотовој клупи (Scott Bench-PA06, TechnoGym) и вежба паралелни чучањ са шипком. Оптерећење и број серија је био идентичан за обе групе, док су сва понављања извођена до момента када није могуће правилно извршити контракцију (отказ) или задати темпо. Трајање пауза је износило 2 минута.

Назначене су све статистичке методе које су примењиване за проверу хипотеза, а кандидат је навео којим софтверским пакетом/програмом (IBM SPSS Statistics, version 20, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) се служио за обраду података и статистичку анализу.

### Резултати

Резултати истраживања (стр. 24-30), приказани су графички и табеларно. За обе вежбе (бицепс прегиб и паралелни чучањ) спорији темпо извођења код СЕГ резултирао је значајно већим временом под тензијом ( $p < 0,01$ ) у односу на бржи темпо код ФЕГ. Са друге стране, број понављања (тима и обим тренинга) је био значајно већи код ФЕГ ( $p < 0,05$ ).

Када су се упоредиле разлике између мушкараца и жена у променама у величини, јачини и ТМГ параметрима тестираних мишића, статистичка анализа није открила значајне разлике између полова ( $BE=0,06-0,30$ ;  $p > 0,05$ ).

Обе експерименталне групе су значајно повећале дебљину ББ, без разлика између њих ( $F[1,17]=0,05$ ,  $p=0,825$ ,  $BE=0,17$ ). Такође, код обе групе је уочено повећање 1PM-а, с тим што је оно било значајно веће у корист СЕГ ( $F[1,17]=8,60$ ,  $p<0,01$ ,  $BE=0,71$ ). Смањење ТМГ параметра Dm је било евидентно код обе групе, без разлика између њих ( $F[1,17] = 0,01$ ,  $p=0,912$ ,  $BE=0,10$ ), док су вредности параметра Tc остале непромењене ( $p>0,05$ ). Даље, уочена је значајна негативна повезаност између апсолутних промена ( $\Delta$  претест-посттест) у дебљини ББ-а и параметру Dm ( $r=-0,763$ ,  $Adj.R^2=0,560$ ,  $p<0,01$ ).

ФЕГ и СЕГ су значајно повећале димензије сва четири мишића квадрицепса, с тим што је за ВЛ повећање било значајно веће у корист СЕГ ( $F [1,14] = 6,77$ ,  $p<0,05$ ). Такође, иако су обе групе значајно повећале 1PM чучња, ово повећање је значајно било веће код СЕГ ( $F [1,17]=5,31$ ,  $p<0,05$ ,  $BE=0,64$ ). Редуковање вредности параметра Dm за мишић РФ је било евидентно код обе експерименталне групе, без разлика између њих ( $F[1,17]=0,10$ ,  $p=0,758$ ,  $BE=0,09$ ), док су вредности Dm-а за мишић ВЛ остале непромењене. Код СЕГ, тренажна интервенција је довела до повећања параметра Tc за тестиране мишиће квадрицепса, док су код ФЕГ ове вредности остале непромењене, с тога је и уочена значајна разлика између група за мишиће РФ ( $F[1,17]=8,82$ ,  $p<0,01$ ,  $BE=0,82$ ) и ВЛ ( $F[1,17]=4,90$ ,  $p<0,05$ ,  $BE=0,64$ ). На крају, Пирсонов коефицијент корелације није указао на значајну повезаност између апсолутних промена ( $\Delta$  претест-посттест) у попречном пресеку и параметру Dm за мишиће РФ ( $p=0,371$ ) и ВЛ ( $p=0,850$ ).

### Дискусија

У дискусији (стр. 30-35) резултати истраживања су проматрани одвојено у односу на постављене циљеве. Добијени налази су објашњени и анализирани у складу са резултатима претходних истраживања. Коришћена је релевантна актуелна литература, на коју се кандидат у великој мери позивао и у уводном делу.

Први део (стр. 30-31) је усмерен на опште информације до којих се дошло истраживањем и тичу се фреквенције тренинга, броја серија, као и разликама у хипертрофичном одговору између мишића горњих и доњих екстремитета. Из тог аспекта, закључује се да су резултати добијени овим истраживањем сагласни са претходним студијама (Cureton, Collins, Hill & Elhannon, 1988; Abe, DeHoyos, Pollock & Grazaella,

2000; ACSM, 2009; Schoenfeld et al., 2017; Shibata et al., 2018; Damas et al., 2019). Такође, истиче се да нема разлике између полова у променама величине и јачине тестираних мишића, што је такође сагласно са претходним студијама (Cureton et al., 1988; Roberts, Nuckols & Krieger, 2020). Ново сазнање, добијено овим истраживањем, је да нису уочене разлике између мушкараца и жена и када су се посматрале ТМГ адаптације.

Следећи део дискусије (стр. 31) се односи на промене у варијаблама време под тензијом и обим тренинга у зависности од темпа и ритма извођења. Иако у одређеним студијама (Sakamoto & Sinclair, 2006; Shibata et al., 2018) није било значајних разлика у обиму тренинга и времена под тензијом између бржег и споријег темпа, кандидат закључује да је разлика од 3 секунде између два темпа овог истраживања (2 и 5 секунди), довољна да изазове значајне алтернације у наведеним тренажним варијаблама.

Ово је прва студија која је у свом експерименталном дизајну обухватила мишиће горњих и доњих екстремитета и пратила промене у величини, јачини и контрактилним својствима у зависности од темпа и ритма тренинга са оптерећењем. Друга хипотеза је била делимично потврђена, с обзиром да је хипертрофија ББ-а била идентична код обе групе, с тим што је повећање јачине било веће код групе са споријим ексцентричним контракцијама. Кандидат ову појаву објашњава на 2 начина - саркоплазматичном хипертрофијом код ФЕГ и већим неуралним учешћем (израженом међумишићном координацијом) код СЕГ. Оба објашњења су заснована на претходним истраживањима (Tax, van der Gon Denier, Gielen & Klyne, 1990; Kulig et al., 2001; Haunn et al., 2019; Schoenfeld et al., 2019) и имају јако рационално упориште (стр. 31-33).

Оно што се истиче као посебна снага овог истраживања, јесте што су мерене димензије сва четири мишића квадрицепса. Као што је то био случај са другом, и трећа хипотеза је делимично потврђена, с обзиром да се спорије извођење, у ритму 4/0/1/0 показало као супериорно само за хипертрофију мишића ВЛ-а и повећање ИРМ-а чучња. Кандидат наглашава да ови резултати указују да манипулација темпа и ритма тренинга са оптерећењем може довести до интермускуларне хипертрофије квадрицепса, и истиче да спора мишићна влакна, која већином чине мишић ВЛ (Lexell, Henriksson-Larsen, Winblad & Sjostrom, 1983), могу бити посебно осетљива на стимулус споријег ексцентричног темпа тренинга (Gilles et al., 2006; Hackett et al., 2018). Ово даље поткрепљује опсервацијом да се параметар  $T_c$ , чије се веће вредности везују за проценат спорих

мишићних влакана (Šimunič & Zubac, 2011; Dahmane et al., 2005), значајно повећао само код СЕГ. Даље, ослањајући се на претходну литературу (Pincivero, Gandhi, Timmons, & Coelho, 2006), кандидат наводи да је израженије повећање димензија ВЛ главни разлог за веће повећање 1RM-а код СЕГ. Кандидат такође истиче, да иако је спорији темпо и ритам, у односу на бржи, узроковао већи развој јачине за обе вежбе (бицепс прегиб и паралелни чучањ), ове разлике су биле израженије за мишиће горњих екстремитета. Ово даље индукује да тренинг са дужим трајањем ексцентричне фазе има већи ефекат на развој јачине флектора у злобу лакта у односу на екстензоре у злобу колена (стр. 33-34).

Са аспекта тензиомиографије (стр. 34-35), кандидат закључује да се под утицајем тренинга са оптерећењем, параметар Dm смањује у хроничним смислу, без обзира на темпо и ритам извођења. Даље, ове промене у параметру Dm су показатељ хипертрофије за мишиће руку (бицепс брахи), што је сагласно са претходним истраживањима (Pišot et al., 2008; Than et al., 2016). Ипак, с обзиром да ова ситуација није уочена за мишиће квадрицепса, кандидат претпоставља да су промене у параметру Dm првенствено везане за промене у мишићној архитектури.

У последњем пасусу (стр. 35) кандидат указује на недостатке студије: 1) величина мишића је процењена само на једној регији, те постоји могућност да раст мишића није био униформан у односу на дужину мишића, 2) попречни пресек мишића РФ и ВЛ је мерен у дисталном делу, док су контрактилна својства процењена у средишњој регији мишића, 3) приликом тестирања јачине (1RM тест), темпо и ритам извођења теста нису контролисани.

### Закључак

У овом поглављу (стр. 36-39), кандидат на основу добијених резултата указује на следећа сазнања:

- Фреквенција тренинга од два пута недељно и број серија 6–8 на недељном нивоу, доводе до значајног развоја јачине и раста мишића горњих и доњих екстремитета;
- Промене у јачини, величини и контрактилним својствима мишића су идентичне код мушкараца и жена;
- Извођење понављања до момента када долази до знатног успоравања концентричне фазе је довољно за значајан мишићни раст и развој јачине;
- Трајање ексцентричне фазе у великој мери одређује тренажне варијабле ТУТ и обим

тренинга;

- Оба тренажна протокола имају идентичан ефекат на раст мишића горњих и доњих екстремитета, осим за вастус латералис, где је спорији темпо, у ритму 4/0/1/0, супериоран у односу на бржи темпо и ритам 1/0/1/0;
- Паралелни чучањ са оптерећењем је ефикасно средство за хипертрофичан одговор сва четири мишића квадрицепса;
- Спорији темпо, у ритму 4/0/1/0 је супериоран у односу на бржи темпо у ритму 1/0/1/0, када се гледа развој јачине флексора у зглобу лакта и екстензора у зглобу колена.
- Оба тренажна протокола доводе до идентичног повећања мишићне крутости, док умерено спор темпо тренинга (4/0/1/0) доводи до повећања времена контракције код мишића ногу;
- Промене у мишићној крутости су показатељи хипертрофије за мишиће горњих екстремитета (бицепс брахи).

У складу са постављеним хипотезама, кандидат наводи следеће закључке:

- Хипотеза 1 - Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, проузроковаће значајно веће време под тензијом (ТУТ), у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе. Кандидат закључује да је хипотеза 1 потврђена.
- Хипотеза 2 - Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања величине и јачине флексора у зглобу лакта (м. бицепс брахи). Кандидат закључује да је хипотеза 2 потврђена.
- Хипотеза 2.1 - Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе, узроковаће значајно веће повећање величине и јачине тестираног мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе. Кандидат закључује да је хипотеза 2.1 делимично потврђена.
- Хипотеза 3 - Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања величине и јачине опружача у зглобу колена (мишића квадрицепса). Кандидат закључује да је хипотеза 3 потврђена.
- Хипотеза 3.1 - Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно веће повећање

величине и јачине тестираних мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе. Кандидат закључује да је хипотеза 3.1 делимично потврђена.

- Хипотеза 4 - Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања крутости, односно смањених вредности параметра  $Dm$ , за м. бицепс брахи. Кандидат закључује да је хипотеза 4 потврђена.
- Хипотеза 4.1 - Спорији темпо тренинга, у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно већу крутост тестираног мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе. Кандидат закључује да је хипотеза 4.1 одбачена.
- Хипотеза 5 - Практиковање тренинга са оптерећењем довешће до значајног повећања крутости, односно смањених вредности параметра  $Dm$ , за м. ректус феморис и м. вастус латералис. Кандидат закључује да је хипотеза 5 делимично потврђена.
- Хипотеза 5.1 - Спорији темпо тренинга у ритму где је продужено трајање ексцентричне фазе у односу на концентричну, узроковаће значајно већу крутост тестираних мишића, у односу на бржи темпо тренинга са једнаким трајањем концентричне и ексцентричне фазе. Кандидат закључује да је хипотеза 5.1 одбачена.
- Хипотеза 6 - Претпоставља се да ће постојати значајна повезаност између промена у величини мишића и параметру  $Dm$  тестираних мишића. Кандидат закључује да је хипотеза 6 делимично потврђена.

#### Значај истраживања

У практичном смислу, кандидат закључује да презентовани резултати промовишу умерено спор ексцентрични темпо за развој јачине мишића флексора у злобу лакта и екстензора у зглобу колена, код оба пола. Стога, у практичном смислу кандидат предлаже да продужено трајање ексцентричне фазе (4 секунде) буде имплементирано у тренинг са оптерећењем, када је циљ развој јачине. С друге стране, трајање репетиција у опсегу 2–5 секунди, без обзира на различито трајање ексцентричне фазе, има идентичан ефекат на раст мишића код нетренираних испитаника, осим за вастус латералис, где је спорији темпо, у ритму 4/0/1/0 супериоран у односу на бржи темпо, у ритму 1/0/1/0. Предлог је да почетници, репетиције не изводе до правог мишићног отказа, већ до момента када долази



до знатног успоравања кретања у концентричној фази, барем у првим недељама тренирања. У дужем временском периоду, вероватно би оба начина тренинга (1/0/1/0 и 4/0/1/0) давала добре резултате у првих неколико месеци, а затим би дошло до стагнације у хипертрофији. Користећи резултате овог истраживања, могла би се спречити појава стагнације тако што би се периодично, у интервалима од по неколико месеци, смењивао тренинг где се изводе релативно брза понављања (1/0/1/0), са тренингом где је ексцентрична контракција умерено спора (4/0/1/0). ТМГ инструмент је употребљиво и корисно средство за праћење ефективности тренинга са оптерећењем и параметар Dm се може користити за детекцију промена у величини мишића горњих екстремитета. Посматрајући мишиће горњих и доњих екстремитета, кандидат закључује да њихов морфолошки и контрактилни одговор није идентичан, с тога би наведене мишићне групе требало посматрати одвојено, односно тренажни ефекат који се испољи на флексоре у зглобу лакта не би требало генерализовати на екстензоре у зглобу колена и обрнуто“.

#### Литература

У овом поглављу (стр. 39-50) наведено је 149 библиографских јединица, у коме преовладавају страни научни радови. Библиографске јединице су коректно наведене у тексту и списку литературе.

#### Прилози

Ово поглавље (стр. 51-57) садржи податке предвиђене Правилником о докторским студијама Факултета спорта и физичког васпитања и Упутством о формирању репозиторијума докторских дисертација:

- (1) Копија изјаве о ауторству;
- (2) Копија изјаве о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада;
- (3) Копија изјаве о коришћењу;
- (4) Копија насловне стране објављеног рада (Којић, F., Ranisavljev, I., Ćosić, D., Popović, D. Stojiljković, S. & Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and contractile properties of elbow flexor: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, 38(4), 587-594, <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.99323>
- (5) Копија одобрења Етичке комисије Универзитета у Београду - Факултета спорта и

физичког васпитања;

- (6) Копија формулара за сагласност испитаника за учешће у истраживању.

Дана 22. децембра 2020. године извршена је провера оригиналности поднете докторске дисертације од стране Универзитетске библиотеке Светозар Марковић, коришћењем програма iThenticate, којом је утврђен ниво индекса сличности од 7%. Даљом анализом сличности текста дисертације у односу на дате изворе, коју је извршио именовани ментор др Станимир Стојиљковић, редовни професор, са сигурношћу је утврђено да највећи број поклапања представља део стандардних формулација и фраза, те да је текст и садржај поднете докторске дисертације у потпуности оригинално научно дело.

### **Закључак**

Проблеми представљени у овом раду и реализовано истраживање, пружили су одговоре на нека важна питања из аспекта ефеката тренинга са оптерећењем на мишићне адаптације. Кандидат је јасним дефинисањем проблема и постављањем хипотеза, дефинисао питања на које је требало дати одговоре овим истраживањем. Реализовано истраживање пружило је веома корисне информације у вези са применом и ефектима различитих варијанти темпа и ритма у тренингу са оптерећењем на структуралне адаптације мишића горњих и доњих екстремитета. Резултати су пружили квалитетне практичне смернице у вези примене продужене ексцентричне контракције у тренингу са оптерећењем, када је циљ развој јачине као и о ефектима оваквог тренинга на мишићну хипертрофију. Може се рећи да је ово истраживање допринело потпунијем сагледавању проблематике ефеката тренинга са оптерећењем, када се мења трајање различитих фаза мишићне контракције.

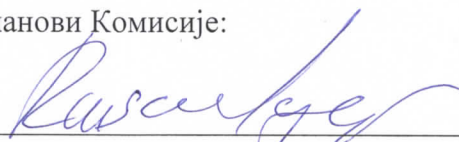
## Мишљење и предлог Комисије

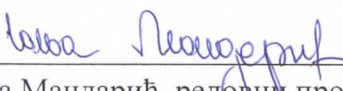
Докторска дисертација Филипа Којића под насловом: „УТИЦАЈ ДВЕ РАЗЛИЧИТЕ ВАРИЈАНТЕ ТЕМПА И РИТМА ИЗВОЂЕЊА ВЕЖБИ СА ОПТЕРЕЂЕЊЕМ НА МОРФОЛОШКЕ И КОНТРАКТИЛНЕ АДАПТАЦИЈЕ МИШИЋА“ је урађена на основу детаљне анализе проблема и анализе библиографског материјала везаног за проблематику компоненти оптерећења у тренингу снаге и мишићних адаптација. Истраживање је спроведено у складу са усвојеним пројектом и представља оригиналан научни рад. Налази дисертације су пружили веома корисне информације о коришћењу различитих варијанти темпа и ритма тренинга са оптерећењем и њиховим ефектима на мишићне адаптације.

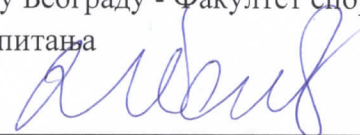
Сходно изнетом, предлажемо да Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Факултета спорта и физичког васпитања прихвати Извештај Комисије и утврди предлог одлуке о позитивно оцењеној докторској дисертацији студента Филипа Којића, под насловом: „УТИЦАЈ ДВЕ РАЗЛИЧИТЕ ВАРИЈАНТЕ ТЕМПА И РИТМА ИЗВОЂЕЊА ВЕЖБИ СА ОПТЕРЕЂЕЊЕМ НА МОРФОЛОШКЕ И КОНТРАКТИЛНЕ АДАПТАЦИЈЕ МИШИЋА“, те да ту одлуку упути у даљу процедуру Већу научних области друштвено-хуманистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 22. фебруар 2021. године.

Чланови Комисије:

  
др Игор Ранисављевић, ванредни професор,  
Универзитет у Београду - Факултет спорта и  
физичког васпитања

  
др Сања Мандарић, редовни професор,  
Универзитет у Београду - Факултет спорта и  
физичког васпитања

  
др Дејана Поповић, ванредни професор,  
Универзитет у Београду - Фармацеутски факултет