

## 1. Одлука Изборног већа

Одлуком Изборног већа Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу, број 01-4645/3-3, од 01. 07. 2011. године, именовани су чланови комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата др Владимира Илића, под називом:

**„Промене метаболичких и кардиореспираторних варијабли током ходања и трчања на транзитној брзини студената Факултета спорта и физичког васпитања у Београду“**

Чланови комисије су:

1. **Проф. др Владимир Јаковљевић**, председник, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија,
2. **Проф. др Драган Радовановић**, члан, ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу за ужу научну област Физиологија,
3. **Доц. др Сања Мaziћ**, члан, доцент Медицинског факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Физиологија.

## 2. Извештај комисије о подобности теме

### 2.1. Кратка биографија кандидата

Асс. др мед. Владимир Илић, рођен 11.08.1981. године у Шапцу, где је завршио основну и средњу медицинску школу-смер фармацевтски техничар као одличан ђак и носилац Вукове дипломе. Медицински факултет у Београду уписао школске 2000/01, а дипломирао 2006/07 са просечном оценом 8,20 и стекао звање доктора медицине. У току студија, као студент демонстратор, учествовао у реализацији наставе на предмету Хистологија са ембриологијом. Стручни испит за доктора медицине положио 21.04.2008. године.

У школској 2007/08 уписао је специјалистичке академске студије из научне области ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФИЗИОЛОГИЈА СА ПАТОЛОШКОМ ФИЗИОЛОГИЈОМ, на Медицинском факултету у Београду. Просечна оцена у току студија 9,00. Наредне школске године уписује другу годину докторских академских студија из научне области КЛИНИЧКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФИЗИОЛОГИЈА СА СПОРТСКОМ МЕДИЦИНОМ, на Медицинском факултету у Крагујевцу. Од 1.4.2011. године започиње специјализацију на Медицинском факултету у Београду из области МЕДИЦИНА СПОРТА.

Др Владимир Илић запослен је на Факултету спорта и физичког васпитања, Универзитета у Београду на месту асистента на предметима Физиологија физичке активности, Физиологија са биохемијом спорта и Моторна контрола.

## 2.2. Наслов, предмет и хипотеза докторске дисертације

**Наслов:** „Промене метаболичких и кардиореспираторних варијабли током ходања и трчања на транзитној брзини студената Факултета спорта и физичког васпитања у Београду“

**Предмет:** Испитивање потрошња енергије на различитим нивоима физичког оптерећења.

**Хипотеза:** Потрошња енергије, као и оксидација угљених хидрата у току ходања на брзинама изнад индивидуалне транзитне брзине (*енг.* walk to run preferred transition speed - PTS) је већа у односу на трчање, док је оксидација масти као горива опада при брзинама хода изнад PTS.

## 2.3. Подобност кандидата

Кандидату је објављен један рад у целини за штампу у часопису са рецензијом, у коме је први аутор, чиме је испунио услов за пријаву докторске тезе:

**Илић В; Мазих С (2009).** Кардиоваскуларни поремећаји као узрок изненадне срчане смрти код спортиста, Физичка култура, Београд, 62, (1-2), 3-15. **M52=1.5**

## 2.4. Преглед стања у подручју истраживања

Ходање и трчање су два основна облика хумане локомоције са потпуно различитим физиолошким и биокинематичким захтевима. Ходање се реализује при мањим брзинама ( $< 2 \text{ m/s}$ ) и карактерише се цикличним мењањем периода једноножног и двоножног ослоња, при чему је једно стопало увек у контакту са подлогом. Трчање је основни облик кретања при већим брзинама ( $> 2 \text{ m/s}$ ), где поред фазе ослањања имамо и фазу лета. Такође, разлика између ходања и трчања састоји се у разликама дужине појединих фаза у циклусу кретања, амплитуди и брзини кретања у зглобовима, карактеру рада мишића и у величини физичког оптерећења организма.

Многобројна су истраживања у којима је испитивана улога антропометријских, кинетичких, механичких, кинематичких и енергетских фактора на конверзију облика кретања. Хипотеза о енергетској потрошњи је најцитиранија, обзиром да се спонтана конверзија ходања у трчање одвија у циљу смањивања енергетске потрошње тј. при брзини на којој ходање постаје неекономично у односу на трчање. Овај прелаз тригерован је локомоторним центром у мезенцефалону и базиран је на смањењу инерције масе тела на рачун повећане фреквенције корака. Брзина на којој особа више није у могућности да оствари непрекидно ослањање ноге о подлогу назива се жељена транзитна брзина (*енг.* walk to run preferred transition speed - PTS). PTS није добро дефинисана и креће се у распону од 1.8 до 2.5 m/s. То би се делимично могло приписати различитим методолошким приступима у детерминисању PTS, као и индивидуалним карактеристикама испитаника. Тако, слабо утрениране особе и особе које имају краће доње екстремитете почињу да трче на мањим брзинама од утренираних и појединаца са дужим екстремитетима, а жене имају већу PTS од мушкараца.

Претходне студије показале су да енергетска потрошња у току ходања (изражена у mL O<sub>2</sub>/kg/km) на брзинама испод и изнад PTS има изглед латиничног слова У (U), са минимумом на 1.4 m/s за већину популације, тзв. пожељна брзина ходања (*енг.* preferred walking speed - PWS). Насупрот томе, енергетски утрошак у току трчање остаје релативно константан кроз овај низ брзина. У прилог овим тврдњама иде ЕМГ анализа, где је

показано да стално повећање броја акционих потенцијала од стране  $\alpha$ -мотонеурона у току ходања доводи до транзиције у трчање, где је нагиб промена минималан. Под контролом виших мозданих центара могуће је ходање при већим и трчање на мањим брзинама од PTS. Међутим, енергетска потрошња при брзинама хода изнад 2-2.5 m/s постаје већа у односу на трчање. Један од разлога могао би бити тај што ходање изнад ове брзине захтева повећан мишићни рад, док се током трчања ефикасније користи еластична енергија тетива. Овај повећани утрошак енергије удружен је са повећањем срчане фреквенце, утрошка кисеоника, респираторног квоцијента, минутног волумена плућа, субјективног осећаја исцрпљености и концентracије лактата у плазми.

## 2.5. Значај и циљ истраживања

### *Значај студије*

Узимајући у обзир недоумице које постоје у литератури око енергетске потрошње на различитим нивоима физичког оптерећења, овако дизајнирана студија има велики значај у разумевању овог проблема, поготову са аспекта фаворизовања PTS и њеног утицаја на енергетску потрошњу.

### *Циљ студије*

- утврдити динамику избора енергетских ресурса (угљених хидрата и масти) приликом ходања и трчања на брзинама испод и изнад PTS;
- утврдити зависност између оксидације угљених хидрата и ходања и трчања на PTS као и на брзинама испод и изнад PTS;
- утврдити зависност између оксидације масти и ходања и трчања на PTS као и на брзинама испод и изнад PTS;
- утврдити вредност енергетски оптималне транзитне брзине;
- утврдити одговор кардиоваскуларног и респираторног система приликом конверзије кретања;
- утврдити утицај субјективног осећаја замора (РПЕ) на конверзију кретања;
- утврдити однос између оксидације угљених хидрата и РПЕ;
- утврдити промене концентracија лактата и гликозе у крви приликом конверзију кретања.

## 2.6. Веза истраживања са досадашњим истраживањима

Иако постоји велики број студија које се баве укупном енергетском потрошњом, мали је број оних у којима је прецизно одређивана оксидација хранљивих материја приликом различитих облика кретања при PTS. Због еволуционе импликације у вези потреба да се бране врло ограничени угљенохидратни депои људског тела, масти су основни извор енергије у току већине дневних активности ниског интензитета. Тако, при спорим брзинама ходања између 1.4 и 1.8 m/s енергија се примарно добија оксидацијом масних киселина из крви, а како се брзина повећава долази до пораста оксидације угљених хидрата. Укупна оксидација угљених хидрата на брзинама око PTS (2 m/s) је скоро 3 пута већа него на PWS (1.4 m/s). Овакав тренд наставља се и на брзинама изнад PWS при чему оксидација масти постепено опада. За разлику од ходања, приликом повећања брзине трчања постоји сразмеран и благ пораст оксидације обе хранљиве материје.

## 2.7. Методе истраживања

### *Врста студије*

Клиничко нетерапијско истраживање на здравим добровољцима са укрштеним („cross-over“) дизајном.

### *Испитаници*

Студија ће бити изведена на популацији мушкараца старости између 19 и 24 година који су физички активни најмање један сат дневно. Сви испитаници су здрави и немају неуролошке, ортопедске, кардиоваскуларне и метаболичке поремећаје, нити користе медикаменте који могу утицати на искоришћавање хранљивих материја. Анкетним упитником утврдиће се недељна физичка активност појединца, као и врста спорта којим се баве. Како би се утицај антропометријских карактеристика свео на минимум у студију ће бити укључени испитаници са приближно истом телесном висином, дужином доњих екстремитета и телесном масом. Такође, појединци са максималним утрошком кисеоника мањим од 40 mL O<sub>2</sub>/kg/min, индексом телесне масе (body mass index - BMI) већим од 25 kg/m<sup>2</sup> и односом струк-кукови (waist-to-hip ratio) већим од 0.95 биће искључени из студије. У студији ће учествовати студенти Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду који се самостално пријаве за учешће и задовољавају критеријуме за укључивање у студију.

Сви испитаници биће детаљно информисани о природи, циљевима и могућим ризицима студије, након чега ће потписати писмену сагласност. Експериментални протокол је одобрен од стране Етичког комитета за истраживања, Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду.

### *Материјал и методе*

Студија ће се састојати од 4 одвојене сесије тестирања, које ће се извести у лабораторији у периоду између 7<sup>00</sup> и 11<sup>00</sup> часова ујутру. Временски размак између два одвојена тестирања неће бити краћи од 24 часа. Испитаници неће конзумирати никакву храну 10 до 12 сати пре самих тестирања и мораће да се уздржавају од било каквог облика напорних вежби, као и никотина и кофеина у периоду од најмање 24 сата. “Ноћни пост” је изабран зато што акутна исхрана може утицати на избор хранљивих материја, а Кнапик (*Кнапик*) и сарадници су такође показали да не постоји значајан пад вредности гликогена у мишићима чак и после 3 дана гладовања.

Иницијална фаза тестирања (тест 1) обухватаће: а) клинички преглед, б) мерење антропометријских и ц) морфолошких карактеристика испитаника. Током следеће фазе (тест 2) након фамилијаризације са покретном траком, приступиће се одређивању PTS (модификовани протокол по Хрељцу) (13), као и д) одређивање максималног утрошка кисеоника испитаника (VO<sub>2</sub>max). У наредне две фазе теста, испитаници ће ходати (тест 3) и трчати (тест 4) на пет унапред детерминисаних брзина PTS -1 km/h; PTS - 0.5 km/h; PTS; PTS +0.5 km/h и PTS +1 km/h. Између свих фаза теста правиће се пауза у периоду од најмање 2 дана, али не више од 4 дана.

### *Тест 1*

По доласку у лабораторију, мериће се стојећа телесна висина (антропометар по Мартину), дужина ноге (од подлоге до trochanter major), дужина надколенице (од epicondylus lateralis до trochanter major) и телена тежина. На основу вредности телесне

тежине и висине ће се израчунати BMI као тежина у килограмима подељена по висини у метрима на квадрат ( $\text{kg/m}^2$ ). Обими струка и кукова мереће се на референтним тачкама испитаника у стојећем положају, а однос струк-кукови биће израчунат је као обим струка подељен са обимом кукова. Телесни састав испитаника (количина масног и мишићног ткива) добиће се уз помоћ мултифреквентне биоелектричне импедансе (InBody 720, Biospace, Korea).

### Тест 2

Након иницијалних мерења, сваки испитаник ће ходати и трчати на тредмилу (Treadmill T200, Cosmed, Italy) најмање 15 минута како би се фамилијаризовали са траком. Након тога, приступиће се мерењу индивидуалне PTS коришћењем инкрементног протокола по Хрељцу. Почетна брзина тредмила биће подешена на око 5 km/h тј. она на којој ће испитаници без великог напора ходати, техником хода коју изаберу као најприроднију. Потом ће се брзина повећавати за 0.2 km/h на сваких 15 секунди. Брзина на којој испитаник не буде могао да одржи константан контакт са подлогом у периоду од 15 секунди и буде трчао већи део фазе биће дефинисана као PTS. Мерење ће бити обављено у дупликату, при чему ће се средња вредност користити у даљем истраживању.

Како би се утврдила максимална аеробна моћ испитаника ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) урадиће се максимални, вишестепени тест оптерећења на тредмилу. Тест започиње мировањем на тредмилу у трајању од два минута уз праћење свих вентилационих и метаболичких параметара. Протокол се наставља ходањем при брзини тредмила од 4 km/h и константним нагибом од 3%. Брзина тредмила ће се континуирано повећавати за 1 km/h сваког минута (испитаник почиње трчати при брзини од 7 km/h) и наставити прогресивним повећањем оптерећења до отказа уколико нема контраиндикација или ограничавајућих фактора. Током теста, мониторинг функције срца обављаће се помоћу 12-каналног ЕКГ-а, а срчана фреквенца ће се континуирано пратити телеметријски (Accurex 2, Polar Electro, Finland). Континуирано мерење утрошка кисеоника ( $\text{VO}_2$ ) и количине елиминисаног угљендиоксида ( $\text{VCO}_2$ ) вршиће се помоћу "breath-to-breath" гасног анализатора (Quark CPET, Cosmed, Italy). Гасни анализатор ће се калибрисати пре сваког теста стандардном смешом гасовима познате концентрације  $\text{O}_2=16.75\%$ ,  $\text{CO}_2=5.45\%$ , остатак азотом. Као критеријуми за достизање  $\text{VO}_2\text{max}$  и прекид теста потрбно је испунити 2 од следећих критеријума: респираторни квоцијент ( $\text{RQ}$ )>1.1; достигнута максимална срчана фреквенца за дато годиште (220-број година $\pm$ 10 откуцаја/мин) или достигнут плато утрошка кисеоника при даљем повећању интензитета рада.

### Тест 3 и 4

Мерење срчане фреквенце,  $\text{VO}_2$  и  $\text{VCO}_2$ , као и процена субјективног осећаја замора помоћу Боргове скале 6-20 вршиће се континуирано на свим брзинама за време оба облика кретања. Свака фаза трајаће 7 минута, при чему ће се за анализу узимати само вредности у последња 3 минута, тј. када се достигне стабилно стање. Брзина на којој вредност  $\text{VO}_2$  буде идентична у току ходања и трчања биће забележена као енергетски оптимална транзитна брзина (*енг.* energetically optimal transition speed - EOTS). Методом индиректне калориметрије израчунаваће се процентуални удео оксидисаних хранљивих материја (угљених хидрата -УХ и масти - М) помоћу количине утрошеног кисеоника  $\text{VO}_2$  и количине елиминисаног угљендиоксида  $\text{VCO}_2$  у току последња 3 минута сваке фазе коришћењем следећих формула:

$$VO_2 = (V_i * FiO_2) - (V_e * FeO_2)$$

$$VCO_2 = (V_e * FeCO_2) - (V_i * FiCO_2)$$

При чему  $V_i$  представља запремину удахнутог ваздуха,  $V_e$  запремину издахнутог ваздуха,  $FiO_2$  фракцију кисеоника у удахнутом ваздуху,  $FiCO_2$  фракцију  $CO_2$  у удахнутом ваздуху,  $FeO_2$  фракцију кисеоника у издахнутом ваздуху и  $FeCO_2$  фракцију  $CO_2$  у издахнутом ваздуху.

RQ се израчунава као количник  $VCO_2$  и  $VO_2$ . У циљу добијања реалних вредности процентуалног удела M и UХ биће изузете све вредности RQ веће од 1.

$$\%M = [(1-RQ)/0.29]*100$$

$$\%UХ = [(RQ-0.71)/0.29]*100$$

Количина оксидисаних M и UХ одређује се помоћу непротеинске RQ вредности, при чему су вредности гасних волумена изражене у mL/min:

$$M(\text{mg}/\text{min}) = -1.7012VCO_2 + 1.6946VO_2$$

$$UХ(\text{mg}/\text{min}) = 4.585VCO_2 - 3.2255VO_2$$

Енергетска потрошња (ЕП) изражена у килокалоријама у минути, за сваку фазу, израчунаваће се по као просечна вредност  $VO_2$  (L/min) помножена са 4.82 (калоријски еквивалент  $O_2$ ):

$$EP(\text{kcal}/\text{min}) = VO_2(\text{L}/\text{min}) * 4.82$$

$$EP(\text{kcal}/\text{h}) = VO_2(\text{L}/\text{min}) * 4.82 * 60$$

$$EP(\text{kJ}/\text{min}) = VO_2(\text{L}/\text{min}) * 4.82 * 4.189$$

Како би се искључио релативно велики удео неконтрактилних ткива (ЦНС и ГиТ) у укупној енергетској потрошњи, ЕП остварена у току теста 3 и 4 биће умањена за износ ЕП у току мировања).

#### *Узорковање крви*

Пет минута пре почетка тестирања узмеће се узорак крви из јагодице домалог прста, а затим ће се крв узимати у току последњег минута сваке фазе теста. У свим узорцима крви одређиваће се концентрација гликозе и лактата.

## **2.8. Очекивани резултати докторске дисертације**

Очекује се да ће резултати ове студије дати допринос енергетској хипотези у одређивању метаболичких и кардиореспираторних фактора који утичу на транзицију из ходања у трчање тиме што ће се утврдити: 1) динамика промене енергетске потрошње угљених хидрата током ходања и трчања на PTS као и на брзинама испод и изнад PTS, 2) динамика промене енергетске потрошње масти током ходања и трчања на PTS као и на брзинама испод и изнад PTS, 3) брзина ходања односно трчања у којима је максимална и минимална потрошња угљених хидрата и масти (односно брзине које су најефикасније и најнеефикасније по енергетску потрошњу).

Апликација резултата истраживања у спортско-медицинској и тренажној пракси у циљу промене телесне композиције, лечења гојазности, рехабилитацији и сл. омогућиће примену различитих облика ходања и трчања у зони максималне ефикасности, као и оптимално дозирање оптерећења.

## **2.9. Оквирни садржај дисертације**

Утврђивање динамике енергетских ресурса (угљених хидрата и масти) приликом ходања и трчања на различитим брзинама, уз утврђивање зависности између оксидације угљених хидрата и масти ходања на различитим брзинама и на тај начин одређивање оптималне транзитне брзине, са праћењем одговора кардиоваскуларног и респираторног система приликом конверзије кретања. Такође, у оквиру истраживања ће се утврдити утицај субјективног осећаја замора на конверзију кретања, његова корелација са оксидацијом угљених хидрата, праћењем концентрација лактата и гликозе у крви приликом конверзије кретања.

## **2.10. Предлог ментора**

За ментора се предлаже **Проф. др Владимир Љ. Јаковљевић**, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија.

## **2.11. Научна област дисертације**

Медицина. Ужа област: Физиологија физичког оптерећења.

## **2.12. Научна област чланова комисије**

- 1. Проф. др Владимир Јаковљевић**, председник, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија,
- 2. Проф. др Драган Радовановић**, члан, ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу за ужу научну област Физиологија,
- 3. Доц. Др Сања Мазих**, члан, доцент Медицинског факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Физиологија.

## **Закључак и предлог комисије**

1. На основу досадашњег научно истраживачког рада и публикованих радова, кандидат др Владимир Илића испуњава све услове за одобрење теме и израду докторске дисертације.
2. Предложена тема је научно оправдана, дизајн истраживања је прецизно постављен и дефинисан, методологија је јасна. Ради се о оригиналном научном делу које има за циљ развој новог приступа изучавању енергетске потрошње на различитим ниовима физичког оптерећења.
3. Комисија сматра да ће предложена докторска теза др Владимира Илића бити од великог научног и практичног значаја, да се прецизно одреди динамика утилизације органског супстрата у току физичког оптерећења, што би имало велики спортско-медицински значај, како за припрему активних врхунских спортиста, тако и за дозирање физичког оптерећења особама које се рекреативно баве спортом.
4. Комисија предлаже Изборном већу Медицинског факултета у Крагујевцу да прихвати пријаву теме докторске дисертације кандидата др Владимира Илића под следећим називом **„Промене метаболичких и кардиореспираторних варијабли током ходања и трчања на транзитној брзини студената Факултета спорта и физичког васпитања у Београду“** и одобри њену израду.

**Проф. др Владимир Јаковљевић**, председник, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија.

---

**Проф. др Драган Радовановић**, члан, ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу за ужу научну област Физиологија.

---

**Доц. др Сања Мaziћ**, члан, доцент Медицинског факултета Универзитета у Београду за ужу научну област Физиологија.

---

У Крагујевцу, 14. 07. 2011.