



## Општи подаци и протокол истраживања

### Назив Пројекта :

РАЗВОЈ НЕИНВАЗИВНИХ МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ АНАЕРОБНОГ ПРАГА

### Кључне речи :

anaerobic threshold (AT), lactate threshold (LT), heart rate (HR), maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max)

## Предмет, садржај и циљ истраживања

### Сажетак

Физиолошки феномен преусмеравања енергетског метаболизма са аеробних система за добијање енергије на анаеробно добијање енергије потребне за одвијање физичког рада се назива анаеробним прагом (1). У литератури се често као синоними за анаеробни праг користе термини попут: лактатног прага или тренутка накупљања лактата у крви.

Обзиром на чињеницу да је овај вид адаптације организма на повећано физичко оптерећење узрочно-последично повезан са променама појединих параметара (концентрација лактата у крви, максимална потрошња кисеоника, фреквенца пулса...), утврђивање вредности анаеробног или лактатног прага се базира на континуираном праћењу вредности ових параметара, чијом се анализом утврђује тренутак када одређени интензитет физичког оптерећења преусмерава продукцију енергије у организму са доминантно аеробних извора на доминантно анаеробне изворе (2,3).

Бројне методе које се пракси користе за одређивање вредности анаеробног прага се могу поделити на инвазивне методе, базиране на директном одређивању концентрације лактата у крви (4) и, све актуелније, неинвазивне методе за одређивање вредности анаеробног прага (5). Ипак, још увек постоје бројна неслагања која се односе на поузданост и репродуцибилност неинвазивних метода за одређивање анаеробног прага (6).

Основна идеја овог пројекта је да развијањем нових метода за одређивање вредности анаеробног прага коришћењем оригиналних модела обраде и анализе резултата добијених неинвазивним методама омогући њихову објективизацију. Истовремено, развој оригиналног приступа за одређивање анаеробног прага би омогућио применљивост нових метода на много ширу популацију од садашњих потенцијалних испитаника, као и драгоцену индивидуализацију процедуре.



### Циљ истраживања

1. Развијање нових метода за одређивање вредности анаеробног прага базираних на оригиналним моделима обраде и анализе резултата (промена концентрације лактата у крви, промена срчане фреквенце, промена потрошње кисеоника...) добијених стандардним процедурама на различитим тестовима оптерећења (Conconi тест, treadmill тестови, бицикл-ергометар тестови...).
2. Евалуација и валидација актуелних метода за одређивање вредности анаеробног прага добијених применом нових модела за анализу и интерпретацију резултата.
3. Дефинисање математичког модела за предвиђање вредности анаеробног прага при малим оптерећењима.
4. Развој софтвера и хардвера за аутоматско прецизно одређивање анаеробног прага.

### Актуелност истраживања

Неинвазивне методе за одређивање вредности анаеробног прага представљају релативно комфорнију опцију за већину испитаника у односу на инвазивне методе. То је један од основних разлога њихове актуелности и све веће заступљености у пракси. Далеко најпопуларнија неинвазивна метода за одређивање анаеробног прага је Конконијев тест (5), који је базиран на карактеристичном повећању срчане фреквенце током инкрементног повећања оптерећења. Наиме, Конконијев тест је базиран на претпостављеној специфичној корелацији између интензитета оптерећења и срчане фреквенце коју карактерише иницијално линеарно повећање срчане фреквенце у функцији инкрементног повећања оптерећења. По Конконију, линеарна зависност срчане фреквенце од инкрементног повећања оптерећења престаје у тренутку достизања анаеробног прага. У том тренутку долази до скретања криве вредности срчане фреквенце у десно (heart rate deflection point - HRDP). Кривина означава максимум оптерећења које се може одржати дужи временски период. Даље повећање оптерећења доводи до наглог повећања концентрације лактата у крви, будући да количина енергије добијена аеробним путем више није довољна за одвијање физичке активности истог или већег интензитета. На основу наведене законитости, Конкони је дизајнирао тестове за одређивање вредности анаеробног прага методом континуираног прогресивног оптерећења. Ови тестови се могу изводити на отвореном (open-field тестови, вожња бицикла) или у лабораторијским условима (тредмил, бициклергометар). Конкони је своје закључке потврђивао континуираним праћењем концентрације лактата у крви током тестирања (5).

Иако, је од увођења ове методе пре више од двадесет година оригинална Конконијева метода доживела значајне модификације, бројна неслагања која се односе проценат успешности, поузданост и репродукцибилност оваквог приступа одређивању анаеробног прага су још увек присутна (7). Сам аутор оригиналне методе је, сумирајући и систематизујући примедбе и неслагања која у научној јавности изазива његова метода, као могуће узроке различитих ставова навео:

- неодговарајућу методологију инкрементног повећања оптерећења
- неодговарајућу процедуру загревања пре извођења теста
- неодговарајућу методологију за идентификацију HRDP (8)



Прве две групе примедби могу окарактерисати као примедбе које се односе на протокол тестирања. Као такве, неслагања која из њих проистичу се могу умањити или анулирати дефинисањем јединствених протокола.

Ипак, још увек остаје као отворено питање начин идентификације анаеробног прага Конконијевим тестом. Наиме, иако се за идентификацију HRDP користе различите методе, попут методе визуелне идентификације или математичке методе ( $D_{max}$  метода), чини се да још увек у пракси не постоји оптимална математичка метода за адекватно утврђивање анаеробног прага неинвазивним методама у тестовима инкрементног повећања оптерећења. Поред боље прецизности и поузданости, нова метода би омогућила и дефинисање математичког модела за предвиђање вредности анаеробног прага већ при малим оптерећењима. Такав нови квалитет би учинио да се неинвазивне методе за одређивање анаеробног прага могу примењивати и код испитаника код којих су досадашњи тестови били контраиндиковани (попут хроничних болесника, деце...) Исто тако, нова метода би омогућила индивидуализацију одређивања анаеробног прага, што би отклонило дилеме о избору експерименталног протокола.

**Предмет и опис истраживања,  
задачи, методологија, очекивани резултати:**

Предмет и опис истраживања – задачи, методологија, очекивани резултати (500 речи): Предмет истраживања ће бити одређивање зоне анаеробног прага тестом оптерећења на тредмилу на основу вредности срчане фреквенце и максималне потрошње кисеоника (неинвазивне методе) и поређење са резултатима добијеним инвазивним методама (одређивање концентрације лактата у крви – лактатни праг).

Групе испитаника ће на тредмилу бити изложене сукцесивном повећању оптерећења уз континуирано праћење срчане фреквенце, максималне потрошње кисеоника и концентрације лактата у крви. Резултати ће бити обрађивани коришћењем одговарајућих математичких метода, што ће омогућити избор оптималне математичке функције (најбољи фит) која најбоље описује промене праћених параметара.

Одговарајућа обрада добијених резултата ће омогућити поузданије и прецизније одређивање анаеробног прага, уз могућност предвиђања очекиване вредности анаеробног прага при малим оптерећењима (без актуелног постизања анаеробног прага).

**Значај истраживања**

1. Могућност широке примене неинвазивних метода за одређивање анаеробног прага, које неће применљиве само код спортиста, већ и код категорија становништва код којих су ове методе до сада биле контраиндиковане (попут хроничних болесника).
2. Могућност континуираног праћења промене анаеробног прага у току вежбања или лечења, као и праћење ефеката тренажног процеса, односно ефеката примењене теарапије.
3. Аутоматска хардверско-софтверска индивидуализација протокола методе



### Временски оквир

Истраживање ће бити реализовано у периоду од наредне три године.

### Литература

1. Wilmore, J.H. and Costil, D.L. Physiology of sport and exercise. (3rd ed.), Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.
2. Beachle, T.R. and Earle, R.W. Essentials of strength training and conditioning. (2nd ed.), Champaign, IL: Human Kinetics, 2000.
3. McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. Essentials of exercise physiology. (2nd ed.), Philadelphia, PA. Lippincott Williams&Wilkins, 2000.
4. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., Hollmann, W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold Int. J. Sports Med. 5: 117–30, 1985
5. Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., Codeca, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J. Appl. Physiol. 52: 862-873. 1982.
6. Vachon, J.A., Basset Jr, D.R., Clarke, S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. J. Appl. Physiol. 87: 452-459. 1999.
7. Dumke, C.L., Brock, D.W., Helms, B.H., Haff, G.G. Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. J. Strength. Cond. Res. 20(3): 601-607, 2006.
8. Grazi, G., Casioni, I., Mazzoni, G., Uliari, S., Conconi, F. Protocol of the Conconi test and determination of the heart rate deflection point. Physiol. Res. 54: 473-475, 2005.

### Руководилац пројекта:

проф. др Гвозден Росић

### Главни истраживач:

проф. др Гвозден Росић