

# DVIRATININKŲ ŠIRDIES SUSITRAUKIMŲ DAŽNIO PRIKLAUSOMYBĖ NUO GALIOS SUKANT VELOERGOMETRĄ SKIRTINGU TEMPU

Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

**Arvydas Stasiulis.** Profesorius biomedicinos mokslų daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros vedėjas. Mokslinių tyrimų kryptis — sportininkų aerobinio pajėgumo tyrimas.

## SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — palyginti dviratininkų širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) priklausomybę nuo galios sukant veloergometrą skirtingu tempu.

15 didelio meistriškumo dviratininkų vyrų (amžius — 23,0 (1,41) m., ūgis — 1,77 (0,04) m, svoris — 66,3 (7,1) kg) „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru tris kartus atsitiktine tvarka atliko kas minutę didinamą krūvį. Pedalų sukimo tempas — 60, 80 arba 100 apsukų per minutę. ŠSD registruotas viso krūvio ir atsigavimo metu naudojant telemetrinį ŠSD matuoklį Polar S810i (Polar, Suomija). Buvo analizuojama vidutinių ŠSD reikšmių per paskutines 10 kiekvieno krūvio sekundžių priklausomybę nuo darbo galios, surandamas ŠSD nuokrypio taškas (ŠSD<sub>NT</sub>) bei jį atitinkančios ŠSD ir darbo galios reikšmės.

Nustatyta, kad ŠSD<sub>NT</sub> mažėjo atliekant didinamo krūvio testą didesniu tempu, tuo tarpu ŠSD reikšmės pasiekus šią galią buvo labai panašios ir nuo pedalų sukimo tempo nepriklausė. Didžiausias didinamo krūvio metu pasiektas galingumas nesiskyrė, o maksimalus ŠSD buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. ŠSD procentinis dydis (% nuo maksimalaus) pasiekus ŠSD<sub>NT</sub> taip pat buvo panašus ir siekė apie 86% maksimalaus. ŠSD dirbant submaksimaliu galingumu visada buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. Kaip rodo tiesinės regresijos koeficientai, ŠSD prieaugio tempai didėjant krūviui tiesinėje ŠSD ir galios priklausomumo dalyje nesiskyrė sukant pedalus skirtingu tempu.

Taigi pedalų sukimo tempas neturi poveikio dviratininkų ŠSD reikšmėms ties ŠSD<sub>NT</sub> atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru, tačiau didėjant pedalų sukimo tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties ŠSD<sub>NT</sub> sumažėja. Tai gali būti susiję su miokardo funkcijos reguliavimo pokyčiais pasiekus pakankamai didelį susitraukimų dažnį.

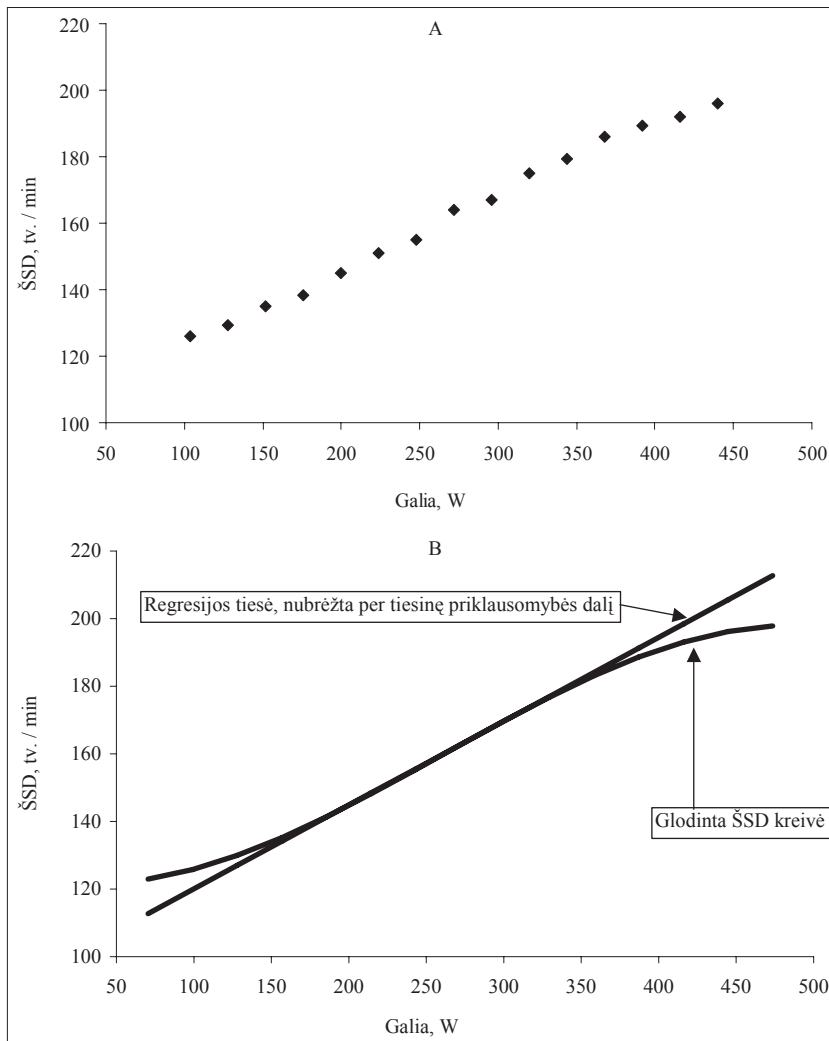
**Raktažodžiai:** širdies susitraukimų dažnis, širdies susitraukimų dažnio nuokrypio taškas, pedalų sukimo tempas, didinamo krūvio testas.

## ĮVADAS

Širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) yra vienas informatyviausių rodiklių nustatant fizinio krūvio poveikį sportininko organizmui ir reakciją į judesių dažnumą bei galią. Dviratininkų tyrimo rezultatai dėl skirtingų protokolų gauso dažnai būna nepatikimi (Faria et al., 2005). Stokojama specialių tyrimų, analizuojančių dviratininkų rezultatų ir neadekvataus širdies darbo ryšį. Reikė-

tų atlikti ir tokių tyrimų, kuriais būtų išsiaiškinta, ar širdies darbas, o gal O<sub>2</sub> suvartojimas apriboja dviratininkų rezultatus, esant tokiam intensyviam darbui, kokį atlieka profesionalūs dviratininkai (Faria et al., 2005).

Širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) priklausomybė nuo fizinio krūvio galios nėra visiškai tiesinė. ŠSD prieaugis nuosekliai didinamo krū-



1 pav. Vieno tiriamojo ŠSD kaita pakopomis didinamo krūvio metu (A), ŠSD ir galios priklausomumo analizės nustatant ŠSD nuokrypio tašką pavyzdys (B)

vio pabaigoje paprastai sulėtėja (Wahlund et al., 1948; Brooke et al., 1968; Conconi et al., 1982; Hofmann et al., 1994). Krūvis, virš kurio ŠSD priklausomybė nuo galios pasikeičia, vadinamas ŠSD nuokrypio tašku ( $\dot{S}SD_{NT}$ ) (Bodner, Rhodes, 2000). Jis paprastai pasireiškia ŠSD padidėjus iki 88–94% nuo maksimalaus ((Bodner, Rhodes, 2000).  $\dot{S}SD_{NT}$  būdingas daugeliui asmenų, atliekančių nuosekliai didinamą fizinį krūvį, tarp jų ir dviratininkams (Lucia et al., 1999, 2002).

Nustatyta, kad deguonies suvartojimo, širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinį rodiklių reikšmės veloergometriniu krūvio metu priklauso nuo pedalų sukimo tempo (Moore et al., 2008). Vieni autoriai nustatė, kad sukant veloergometrą greitesniu tempu, bet ta pačia galia, ŠSD būna didesnis (Moore et al., 2008), kiti nepastebėjo reikšmingo pedalų sukimo tempo poveikio ŠSD atliekant skirtingo (Chavarren, Calbet, 1999) ar 30 min pastovaus intensyvumo krūvį (Lepers et al., 2001). Taigi duomenys apie pedalų sukimo tempo poveikį ŠSD yra prieštaringi. Nėra tyrimų, kurių metu būtų nagrinėta, kaip pedalų sukimo tempas veikia galią

ir ŠSD ties  $\dot{S}SD_{NT}$  atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru.

Šio tyrimo tikslas — palyginti dviratininkų ŠSD priklausomybę nuo galios sukant veloergometro pedalus skirtingu tempu.

## TYRIMO METODIKA

**Tiriamieji.** 15 didelio meistriškumo dviratininkų vyrų sutiko būti tiriami. Jų vidutinis amžius — 23,0 (1,41) m., ūgis — 1,77 (0,04) m, svoris — 66,3 (7,1) kg. Kad pratybos būtų lengvesnės, testavimo išvakarėse tiriamųjų buvo prašoma testavimo dieną visiškai nesimankštinti ir nevalgyti mažiausiai dvi valandas prieš tyrimus. Atskiri testavimai vyko panašiu paros metu, o tarp jų buvo ne mažesnė kaip dviejų dienų pertrauka.

**Nenutrūkstamo pakopomis didinamo krūvio testas.** Kiekvienas tiriamasis „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru tris kartus atsitiktine tvarka atliko kas minutę didinamą krūvį. Pedalų sukimo tempas — 60, 80 arba 100 apsučių per minutę. Po vienos minutės darbo, esant nuliniam

Lentelė. ŠSD ir galios rodikliai (kvadratiniai nuokrypiai) veloergometrinio nuosekliai didinamo krūvio metu, sukant pedalus skirtingu tempu

Rodiklis	Sukimo tempas		
	60 aps. / min	80 aps. / min	100 aps. / min
ŠSD nuokrypio taškas, W	260,9 ± 49,2	255,3 ± 32,1	248,7 ± 28,9*
Santykinis ŠSD nuokrypio taškas, W / kg	3,92 ± 0,55	3,85 ± 0,31	3,76 ± 0,30*
ŠSD pasiekus nuokrypio tašką, tv. / min	168,1 ± 8,2	168,7 ± 7,1	166,9 ± 10,3
ŠSD pasiekus nuokrypio tašką, % nuo maks.	87,3 ± 2,7	85,6 ± 2,0	86,4 ± 2,9
Didžiausias pasiektas galingumas, W	388,7 ± 38,0	384,9 ± 32,0	388,0 ± 35,5
Didžiausias pasiektas galingumas, W / kg	5,90 ± 0,63	5,84 ± 0,58	5,88 ± 0,54
Maksimalus ŠSD, tv. / min	193,4 ± 5,9	197,0 ± 6,7	197,4 ± 7,5*
ŠSD 1 min po krūvio, k. / min	160,1 ± 9,4	174,8 ± 10,2*	163,2 ± 9,0* #
ŠSD 1 min po krūvio, % nuo maks.	82,8 ± 22,8	88,7 ± 4,0*	82,9 ± 22,8* #
ŠSD 5 min po krūvio, tv. / min	111,0 ± 9,6	110,9 ± 11,2	110,8 ± 9,8
ŠSD 5 min po darbo, % nuo maks.	57,3 ± 3,8	56,3 ± 5,6	56,1 ± 4,2
a	89,7 ± 20,7	90,1 ± 15,8	96,7 ± 18,7* #
b	0,300 ± 0,049	0,310 ± 0,061	0,290 ± 0,046
ŠSD, kai krūvis 150 W	134,5 ± 15,6	136,6 ± 10,5	140,7 ± 14,3*
ŠSD, kai krūvis 200 W	149,5 ± 14,3	152,1 ± 10,1	155,3 ± 13,2*
ŠSD, kai krūvis 250 W	164,4 ± 13,4	167,6 ± 10,5	169,9 ± 12,6*

**Pastaba.** \* —  $p < 0,05$ , lyginant su 60 aps. / min; # —  $p < 0,05$ , lyginant su 80 aps. / min; a ir b atitinkamai — ŠSD priklausomybės nuo galios tiesinę dalį aproksimuojančios tiesinės regresijos lygties laisvasis narys ir regresijos koeficientas.

smagračio pasipriešinimui, buvo nustatomas pradinis 90, 104 ar 100 W krūvis, kuris toliau kas minutę buvo didinamas 30, 24 ar 30 W (atitinkamai minant pedalus 60, 80 arba 100 aps. / min tempu). Testas buvo tęsiamas tol, kol tiriamieji nebepajėgdavo tęsti krūvio reikiamu tempu.

**ŠSD registravimas ir analizė.** ŠSD buvo registruojamas viso krūvio ir atsigavimo metu naudojant telemetrinį ŠSD matuoklį *Polar S810i* (*Polar*, Suomija). Vėliau užregistruoti duomenys buvo perkeltami į kompiuterio programą „Polar performance“ ir „Microsoft Excel“. Analizuota vidutinių ŠSD reikšmių per paskutines 10 kiekvieno krūvio sekundžių priklausomybė nuo darbo galios. Tuo tikslu ŠSD reikšmės buvo pavaizduojamos grafiškai kaip darbo galios funkcija, duomenys glodinami taikant 3 eilės daugialaipinę funkciją, per tiesinę priklausomybės dalį brėžiama tiesė (pritaikius tiesinę funkciją) ir surandamas ŠSD<sub>NT</sub> bei jį atitinkančios ŠSD, darbo galios reikšmės (1 pav.). Pagal tiesinės regresijos lygtį buvo apskaičiuojamos ŠSD reikšmės kintant darbo galiai nuo 100 iki 225 W, norint palyginti ŠSD reikšmes, kai galia ta pati, bet skirtingas pedalo sukimo tempas.

**Matematinė statistika.** Buvo apskaičiuojami duomenų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Rodiklių reikšmės sukant pedalus skirtingu tempu palygintos Studento  $t$  kriterijų taikant priklausomoms imtims. Pasirinktas statistinio reikšmingumo lygmuo —  $p < 0,05$ .

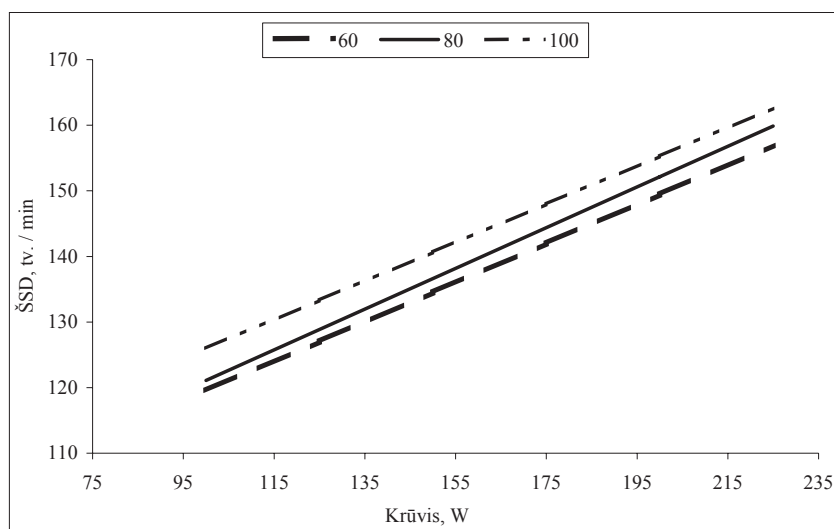
## REZULTATAI

Kaip rodo lentelės duomenys, ŠSD<sub>NT</sub> mažėjo atliekant didinamo krūvio testą didesniu tempu, tuo tarpu ŠSD reikšmės pasiekus šią galią buvo labai panašios ir nuo pedalo sukimo tempo nepriklausė. Didžiausias didinamo krūvio metu pasiektas galingumas nesiskyrė, o maksimalus ŠSD buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. ŠSD procentinis dydis (% nuo maksimalaus) pasiekus ŠSD<sub>NT</sub> taip pat buvo panašus ir siekė apie 86% maksimalaus. ŠSD dirbant submaksimaliu galingumu visada buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu (2 pav.). Kaip rodo tiesinės regresijos koeficientai, ŠSD prieaugio tempai didėjant krūviui tiesinėje ŠSD ir galios priklausomumo dalyje, nesiskyrė sukant pedalus skirtingu dažnumu (žr. lent.).

## REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu nustatyta, kad atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru pedalo sukimo tempas neturi poveikio ŠSD reikšmėms ties ŠSD<sub>NT</sub>, tačiau didėjant tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties ŠSD<sub>NT</sub> sumažėja.

Tyrimo duomenys patvirtino, kad ŠSD<sub>NT</sub> atliekant nuosekliai didinamą fizinį krūvį būdingas ir dviratininkams (Lucia et al., 1999, 2002).



2 pav. Vidutinės ŠSD reikšmės esant submaksimaliam darbo intensyvumui ir jų priklausomumas nuo pedalų sukimo dažnio pakopomis didinamo krūvio metu

J. L. Moore su bendraautoriais (2008) pastebėjo, kad sukant pedalus greitesniu tempu ŠSD padidėja esant submaksimaliam darbo galingumui (Moore et al., 2008). Tiesa, kiti autoriai nepastebėjo reikšmingo pedalų sukimo tempo poveikio ŠSD atliekant skirtingo (Chavarren, Calbet, 1999) ar 30 min pastovaus intensyvumo krūvį (Lepers et al., 2001). Manoma, kad esant didesniai pedalų sukimo tempui dėl padidėjusio deguonies poreikio padidėja ir minutės kraujo tūris, kurį savo ruožtu padidina išaugęs sistolinis kraujo tūris dėl padidėjusio veninio kraujo pritekėjimo, t. y. geresnio griaučių raumenų siurblio funkcionavimo sukant pedalus didesniu tempu (Gotshall et al., 1996). Visgi tikėtina, kad minutės kraujo tūris labiau arba tiek pat padidėja ir dėl ŠSD prieaugio. Tai parodė dviratininkų, dirbančių submaksimalia galia, kraujotakos tyrimo duomenys (Moore et al., 2008). Įdomu tai, kad  $\dot{V}O_{2NT}$  nesikeičia nepaisant ŠSD ir galios santykio pokyčio, t. y.  $\dot{V}O_{2NT}$  pasireiškia esant panašiam absoliučiam ir santykiniam ŠSD. Galima manyti, kad šio nuokrypio taško poreiškis priklauso nuo didinamo krūvio metu pasiekto ŠSD, kuris daugelio asmenų siekia 88–94% maksimalaus (Bodner, Rhodes, 2000). F. Conconi ir kt. (Conconi et al., 1982, 1996) iškėlė prielaidą, kad suaktyvėjus anaerobinei ATP

resinthezei palengvėja oksihemoglobino disociacija, dėl to kraujotakos veiksmingumas padidėja, ir tai sumažina didesnio ŠSD poreikį. Deja, cituojami autoriai savo prielaidą grindė tuo, kad  $\dot{V}O_{2NT}$  dažnai sutampa su anaerobiniu slenksčiu, nors tai dar neįrodo šių fenomenų priežastinio ryšio. Neseniai atliktas tyrimas parodė, kad  $\dot{V}O_{2NT}$  labiau susijęs su hiperkalemija, būdinga pasiekus tokį darbo intensyvumą (Lucia et al., 2002). Yra duomenų, kad  $\dot{V}O_{2NT}$  gali būti susijęs su miokardo funkcija pasiekus pakankamai didelį krūvio intensyvumą ir labai padidėjus ŠSD (Pokan et al., 1993, 1999; Hofman et al., 1994; Foster et al., 1999). Manome, kad gauti duomenys labiausiai atitinka šią hipotezę, nes ŠSD dydis, o ne krūvio intensyvumas yra svarbesnis  $\dot{V}O_{2NT}$  poreiškiui.

## IŠVADA

Pedalų sukimo tempas neturi poveikio dviratininkų ŠSD reikšmėms ties  $\dot{V}O_{2NT}$  atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru, tačiau didėjant tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties  $\dot{V}O_{2NT}$  sumažėja.

## LITERATŪRA

- Bodner, M. E., Rhodes, E. C., (2000) A review of the concept of the heart rate deflection point *Sports Medicine*, 30, 31–46.
- Brooke, J. D., Hamley, E. J., Thomson, H. (1968). The relationship of heart rate to physical work. *Journal of Physiology (London)*, 167, 61–63.
- Chavarren, J., Calbet, J. (1999). Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 555–563.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G. et al. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 152, 869–873.
- Conconi, F., Grazi, G., Casoni, I. et al. (1996). The Conconi test: Methodology after 12 years of application. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 509–519.
- Faria E. W., Daryl, D. L., Faria, I. E. (2005). The science of cycling: Physiology and training. Part 1. *Sports Medicine*, 35 (4), 286–312.

- Foster, C., Spatz, P., Georgakopoulos, N. (1999) Left ventricular function in relation to the heart rate performance curve. *Clinical Exercise Physiology*, 1, 29—32.
- Hofmann, P., Pokan, R., Preidler, K. et al. (1994). Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 232—237.
- Lepers, R., Millet, G. Y., Maffiuletti, N. A., Hausswirth, C., Brisswalter, J. (2001). Effect of pedalling rates on physiological response during endurance cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 85 (3—4), 392—395.
- Lucía, A., Carvajal, A., Boraita, A. et al. (1999). Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 387—392.
- Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A. et al. (2002). Lactic acidosis, potassium, and the heart rate deflection point in professional road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 113—117.
- Moore, J. L., Shaffrath, J. D., Casazza, G. A., Stebbins, C. L. (2008). Cardiovascular effects of cadence and workload. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 116—119.
- Pokan, R., Hofmann, P., Preidler, K. et al. (1993). Correlation between inflection of heart/rate work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 385—388.
- Pokan, R., Hofmann, P., Von Duvillard, S. P. et al. (1998). The heart rate performance curve and left ventricular function during exercise in patients after myocardial infarction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1475—1480.
- Wahlund, H. (1948). Determination of the physical working capacity. *Acta Medicine Scandinavica*, 215, 1—78.

## RELATIONSHIP BETWEEN HEART RATE AND POWER IN CYCLISTS PEDALLING WITH DIFFERENT CADENCE

Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare the relationship between heart rate (HR) and power during the test on a cycle ergometry with increasing load test with different pedalling cadence in cyclists.

15 cyclists with high level of performance (age — 23.0 (1.41) years, height — 1.77 (0.04) m, weight — 66.3 (7.1) kg) performed a test on the „Monark 834E“ (Sweden) cycle ergometer with the load increasing every minute. On different testing days the cadence was 60, 80 or 100 rpm. HR was recorded continuously using *Polar S810i* (*Polar*, Finland) HR monitor. The relationship between average HR during the last 10 s of each workload and the power was analysed and HR deflection point was determined.

The results showed that HR deflection point decreased with increasing pedalling cadence, but HR values at this point remained unchanged and did not depend on pedalling cadence. Peak power during the increasing load test was also similar at all cadencies. Maximal HR was significantly higher at cadency 100 rpm. Relative HR values (expressed in percent of maximal values) were not significantly different at the cadencies performed and were approximately 86% of maximal HR. HR at submaximal work intensities was lowest at cadence of 60 rpm.

In conclusion, the HR at HR deflection point is not influenced by pedalling cadence during the cycle ergometry test with increasing load, but HR values at submaximal and maximal aerobic intensities increase with increasing pedalling cadence, so the power at HR deflection point decreases. This may be associated with the changes of myocardial function regulation when the subject's HR reaches a certain high level.

**Keywords:** heart rate, heart rate deflection point, pedalling cadence, increasing load test.

Gauta 2008 m. liepos 11 d.  
Received on July 11, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.  
Accepted on September 9, 2008

Gintautas Volungevičius  
Lietuvos kūno kultūros akademija  
(Lithuanian Academy of Physical Education)  
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas  
Lietuva (Lithuania)  
Tel +370 37 302671  
E-mail g.volungevicius@lkka.lt