

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของความเร็วในการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดในหญิงไทยสุขภาพดีอายุ ๑๘-๒๓ ปี

จิตานันท์ เหล่าศิริไพศาล*, ชุตติกาญจน์ อมรสุภักค**, เพียงใจ เศวตตะกุล***

บทนำ

การออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานสามารถกำหนดความหนักของการออกกำลังกายโดยใช้ power output ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้: power output (kpm.min⁻¹ or watt) = force (resistance; kp) x velocity (speed; m.min⁻¹) ดังนั้น การออกกำลังกายที่ระดับ power output เดียวกันนั้น หากใช้ความเร็วในการปั่นแตกต่างกันจะส่งผลให้แรงต้านขณะออกกำลังกายแตกต่างกันด้วย

จากการศึกษาของ Kang และคณะในปี ค.ศ. ๒๐๐๔ พบว่า เมื่อออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานที่ power output เดียวกันนั้น ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ขณะออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น^๑ นอกจากนี้ความเร็วในการปั่นที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลให้มีการใช้ไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น^{๒-๓} การที่ร่างกายมีการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานในรูปแบบของ anaerobic system มากขึ้นนี้ อาจเกิดจากกล้ามเนื้อมีการใช้งานของหน่วยยนต์ (motor unit) ที่เพิ่มมากขึ้นขณะปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วที่มากขึ้น^๔

ระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นระบบหนึ่งที่มีส่วนสำคัญต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย การที่กล้ามเนื้อมีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็วเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดต้องทำงานหนักมากขึ้น ในการที่จะส่งเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานได้อย่างเพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ การที่สามารถทราบถึงการตอบสนองของ

ระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็วแตกต่างกันอาจสามารถนำไปสู่การพิจารณาความเร็วที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานในผู้ป่วยได้ โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคหัวใจ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ระดับความหนักของการออกกำลังกายเดียวกันในหญิงไทยสุขภาพดีอายุระหว่าง ๑๘-๒๓ ปี

วิธีการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

- หญิงไทยสุขภาพดี อายุระหว่าง ๑๘ - ๒๓ ปี
- ดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ ๑๘.๕ - ๒๔.๙

กิโลกรัมต่อตารางเมตร

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

- มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคทางระบบหายใจ
- มีประวัติการสูบบุหรี่
- ได้รับอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับระบบกระดูก และกล้ามเนื้อในช่วงเวลา ๖ เดือนก่อนทำการทดสอบ
- ไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบได้ครบ ๒ ครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้จักรยานวัดงาน (Monark 818E) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการออกกำลังกาย และใช้ heart rate monitor (Polar FT4) ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

* ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

** แผนกกายภาพบำบัด โรงพยาบาลพญาไท ๒

*** งานกายภาพบำบัด โรงพยาบาลทองผาภูมิ

ขั้นตอนการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกายทั้งสองความเร็ว คือ ๓๐ รอบต่อนาที (แรงต้านเท่ากับ ๒ กิโลปอนด์) และ ๖๐ รอบต่อนาที (แรงต้านเท่ากับ ๑ กิโลปอนด์) เพื่อควบคุมการออกกำลังกายทั้งสองความเร็วให้อยู่ระดับความหนักของการออกกำลังกายเท่ากับ ๖๐ วัตต์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการทดสอบแต่ละความเร็วห่างกันอย่างน้อย ๔๘ ชั่วโมง และลำดับของวิธีการออกกำลังกายเป็นไปโดยการสุ่ม

ขณะทำการทดสอบผู้วิจัยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกๆ นาที โดยทำการทดสอบทั้งสิ้น ๑๐ นาที หลังการทดสอบเสร็จจึงลื่นนำอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายที่วัดได้ในแต่ละนาทีคิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ (age-predicted HR_{max}) และเปรียบเทียบการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายทั้งสองความเร็วโดยเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงนาทีเดียวกันของการออกกำลังกาย

หลังหยุดออกกำลังกายทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุก ๓๐ วินาที และนำมาคำนวณเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (HR_{resting})

เกณฑ์การยุติการทดสอบ (Termination criteria)

- มีอาการเจ็บแน่นหน้าอก หายใจลำบาก ชีพจรเต้นไม่เป็นจังหวะ หรืออาการอื่นๆ ที่ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบต่อไปได้
- ผู้เข้าร่วมวิจัยขอยุติการทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายที่เท่าเทียมกันของทั้งสองความเร็ว ที่อยู่ในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้ pair t-test กำหนดระดับนัยสำคัญที่ค่า $p < 0.05$

ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายที่คิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ (age-predicted HR_{max}) ระหว่างสองความเร็วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ ๑)

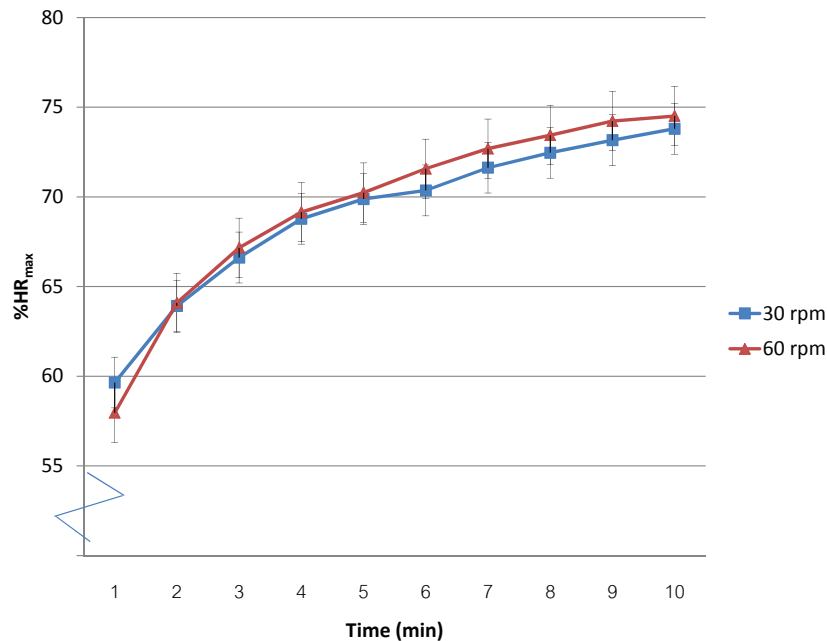
ตารางที่ ๑ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (HR_{rest}) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกาย และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายที่คิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ (age-predicted HR_{max})

ตัวแปร	ความเร็วในการปั่น (รอบต่อนาที)		ค่าพี
	๓๐	๖๐	
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	๗๘.๒ $\pm$ ๗.๓	๗๙.๔ $\pm$ ๖.๗	๐.๑๘
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกาย (ครั้งต่อนาที)	๑๔๘.๙ $\pm$ ๑๓.๖	๑๔๙.๘ $\pm$ ๑๒.๙	๐.๗๗
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกาย (ร้อยละ)*	๗๔.๘ $\pm$ ๖.๙	๗๕.๒ $\pm$ ๖.๔	๐.๗๘

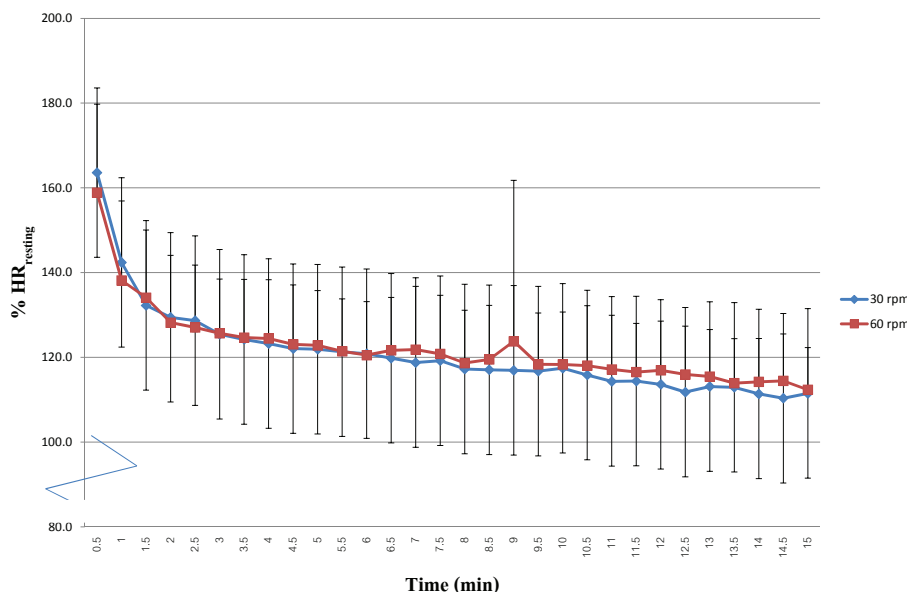
* คิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ (age-predicted HR_{max})

ในส่วนของการอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (รูปที่ ๑) พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยานวัดงานทั้งสองความเร็วมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงท้ายของการออกกำลังกาย โดยในช่วงเวลาที่ ๑-๕ ความเร็วในการปั่น ๖๐ รอบต่อนาที มีการ

ตอบสนองของการอัตราการเต้นของหัวใจที่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นที่รวดเร็วกว่าความเร็วในการปั่น ๓๐ รอบต่อนาที แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของการตอบสนองของการอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายระหว่างสองความเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ ๑ อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย โดยคิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ



รูปที่ ๒ อัตราการเต้นของหัวใจหลังหยุดออกกำลังกาย โดยคิดเป็นร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

จากรูปที่ ๒ พบว่า หลังหยุดออกกำลังกายทั้งสอง ความเร็วมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจอย่างรวดเร็ว ในช่วงวินาทีที่ ๓๐ ถึง นาทีที่ ๒ หลังจากนั้นอัตราการเต้น

ของหัวใจมีการลดลงอย่างช้าๆ โดยการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจหลังหยุดออกกำลังกายของทั้งสองความเร็ว ไม่มีความแตกต่างกัน

บทวิจารณ์

ผู้เข้าร่วมการศึกษาคั้งนี้ เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง ๑๘-๒๓ ปี มีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 20.3 ± 1.5 กิโลกรัม/

ตารางเมตร (ตารางที่ ๒) ซึ่งเป็นค่าปกติของช่วงอายุนี โดยช่วงอายุดังกล่าวมีการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ ๒ ลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตัวแปร (หน่วย)	ค่าเฉลี่ย ($\pm$ SD)
อายุ (ปี)	20.8 ± 1.5
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	50.8 ± 3.6
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	158.6 ± 3.8
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	20.3 ± 1.5

ในการศึกษาคั้งนี้พบว่า การออกกำลังกายที่ power output เดียวกัน ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๓๐ รอบต่อนาที และ ๖๐ รอบต่อนาทีที่มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายอยู่ในช่วงร้อยละ ๗๕ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดคะเนจากอายุ (age-predicted HR_{max}) (ตารางที่ ๑)

ผลของการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายนั้นพบว่า ในช่วงต้นของการออกกำลังกาย (นาทีที่ ๑-๕) ความเร็วในการปั่น ๖๐ รอบต่อนาทีมีแนวโน้มที่อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการตอบสนองของการปั่นที่ความเร็ว ๓๐ รอบต่อนาที การที่อัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็ว ๖๐ รอบต่อนาทีมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นเร็วกว่าอีกความเร็วหนึ่งนั้นอาจเกิดจากการที่ปริมาณเลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานลดลงเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวด้วยความถี่ที่มากขึ้น ในส่วนของกลไกที่อาจเป็นไปได้ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Hoelting และคณะในปี ค.ศ. ๒๐๐๑ ที่พบว่า เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว คลายตัวด้วยความถี่สูงจะส่งผลให้ปริมาณเลือดที่ไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานอยู่นั้นลดลงเนื่องจากระยะเวลาในช่วงกล้ามเนื้อคลายตัว (relaxation duration) ที่เลือดสามารถไหลเข้าสู่กล้ามเนื้อได้มีระยะเวลานั้นลดลง ดังนั้นจึงทำให้หัวใจต้องปรับการทำงานเพื่อรักษาปริมาณเลือดที่ไปยังกล้ามเนื้อให้เพียงพอต่อความต้องการของกล้ามเนื้อ ด้วยการเพิ่มอัตรา

การเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายซึ่งส่งผลให้ปริมาตรเลือดที่หัวใจส่งไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายในหนึ่งนาที หรือ cardiac output เพิ่มขึ้นตามมา

อย่างไรก็ตามการศึกษาคั้งนี้ ยังไม่เห็นความแตกต่างของการตอบสนองที่ต่างกันอย่างชัดเจนของอัตราการเต้นของหัวใจที่ตอบสนองระหว่างสองความเร็ว ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าอาจเกิดจากความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายไม่เพียงพอ หรืออาจเกิดจากการที่ความเร็วในการปั่นไม่แตกต่างกันเพียงพอ เนื่องจากในการศึกษาอื่นๆ ใช้ความเร็วที่ต่างกันในช่วง ๔๐-๕๐ รอบต่อนาที^๖ ซึ่งแตกต่างกับความเร็วที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้

ในส่วนของการอัตราการเต้นของหัวใจหลังหยุดออกกำลังกายของทั้งสองความเร็วนั้นใช้เวลาในการกลับเข้าสู่ค่าขณะพักในเวลาใกล้เคียงกันซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ทั้งสองความเร็วมีปริมาณของกรดแลคติกหลังหยุดออกกำลังกายที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความต้องการในการใช้ออกซิเจนหลังหยุดออกกำลังกายสำหรับกระบวนการเปลี่ยนกรดแลคติกเป็นกลูโคสที่ตับจึงไม่ต่างกันระหว่างสองความเร็ว ทำให้การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดหลังหยุดออกกำลังกายของทั้งสองความเร็วไม่แตกต่างกัน การศึกษาที่สนับสนุนกลไกที่เป็นไปได้นี้เป็นการศึกษาของ Hill และ Vingren ในปี ค.ศ. ๒๐๑๑ ที่พบว่าปริมาณของกรดแลคติกหลังหยุดออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็ว ๖๐, ๘๐ และ ๑๐๐ รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกัน^๗

สรุปผลการวิจัย

การออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานที่ระดับ power output เท่ากับ ๖๐ วัตต์ นาน ๑๐ นาทีนั้น เมื่อเลือกใช้ความเร็วในการปั่นที่ ๖๐ รอบต่อนาที ระบบหัวใจและหลอดเลือดมีแนวโน้มที่เกิดการตอบสนองแตกต่างจากการใช้ความเร็ว ๓๐ รอบต่อนาที โดยความเร็วในการปั่นที่เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานหนักมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ได้สละเวลาเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

๑. Kang J, Hoffman JR, Wendell M, Walker H, Hebert M. Effect of contraction frequency on energy expenditure and substrate utilisation during upper and lower body exercise. *Br J Sports Med* 2004;38:31-5.
๒. Hoelting BD, Scheuermann BW, Barstow TJ. Effect of contraction frequency on leg blood flow during knee extension exercise in humans. *J Appl Physiol* 2001;91:671-9.
๓. Powers SK, Beadle RE, Mangum M. Exercise efficiency during arm ergometry: effects of speed and work rate. *J Appl Physiol* 1984;56:495-9.
๔. Buchanan M, Weltman A. Effects of pedal frequency on VO₂ and work output at lactate threshold (LT), fixed blood lactate concentrations of 2 mM and 4 mM, and max in competitive cyclists. *Int J Sports Med* 1985;6:163-8.
๕. Marais G, Dupont L, Maillet M, Weissland T, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Cardiorespiratory and efficiency responses during arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. *Ergonomics* 2002;45:631-9.
๖. Smith PM, Doherty M, Price MJ. The effect of crank rate on physiological responses and exercise efficiency using a range of submaximal workloads during arm crank ergometry. *Int J Sports Med* 2006;27:199-204.
๗. Hill DW, Vingren JL. The effect of pedalling cadence on maximal accumulated oxygen deficit. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:2637-43.

Abstract

Effects of Pedaling Speed on Cardiovascular System in Healthy Thai Female Aged 18-23 Years

Jitanan Laosiripisan*, Chutikarn Amornsapak**, Piangjai Sawettadun***

* Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University

** Phyathai Hospital

*** Thongphaphum Hospital

Background: The more speed used during bicycle ergometer exercise at the same power output lead to the more energy expenditure in which the differences in physiological responses, especially the cardiovascular system, may occur as a results. Therefore, finding of the different responses to selected speed can be used as a basic knowledge for prescribing the safe exercise program for the patients.

Objective: To evaluate the effect of pedaling speed during bicycle ergometer exercise on cardiovascular response in healthy Thai female.

Method: Thirty healthy female aged between 18-23 years old were participated in this study. Subjects exercised by bicycle ergometer in two pedaling speed; 30 round per minute (rpm) and 60 rpm in separated days. Heart rates were recorded during exercise session in order to determine the cardiovascular response to exercise. Pair t-test were used to analyze the difference in heart rate response between two pedaling speed at the same time point.

Results: There is no significant difference in cardiovascular response during exercise between two speeds. However, the changes in heart rate response during exercise at 60 rpm seem to have a greater change compare to exercise at 30 rpm.

Conclusion: The faster pedaling speed performed during exercise tends to cause more cardiovascular response during exercise.

Key words: Exercise, Bicycle ergometer, Cardiovascular system