

A COMPARISON OF NON-EXERCISE AND EXERCISE TEST FOR ESTIMATING VO₂MAX IN UNTRAINED WOMEN

Worrawut THUWAKUM^{1*} and Sasithorn SUKJIT²

¹*Sports Science program, Faculty of science and technology, Uttaradit Rajabhat University*

²*Public Health program, Faculty of science and technology, Uttaradit Rajabhat University*

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the maximum oxygen consumption (VO₂max) between program polar fitness test via the Polar RS800CX heart rate monitor watch and Astrand-Rhyming cycle ergometer test. The participants were 38 healthy untrained women volunteers with age 19.9±0.83 y, height 159.4±5.03 cm, weight 59.3±11.81 kg, respectively. The participants measured VO₂max by using Polar RS800CX heart rate monitor and analyzed by the program polar fitness test (pVO₂max) in supine position for 5 min. Then, they were measured VO₂max immediately by using an Astrand-Rhyming cycle ergometer test (aVO₂max). The result revealed that the mean for pVO₂max and aVO₂max were 39.8±6.58 mL·kg⁻¹·min⁻¹ and 41.1±3.03 mL·kg⁻¹·min⁻¹, respectively, which were not significantly different ($p > 0.05$). The correlation coefficient of pVO₂max versus aVO₂max were $r = 0.521$ ($p < 0.05$), SEE = 5.69 mL·kg⁻¹·min⁻¹. In conclusion, the polar fitness test in the present study is recommended for estimating VO₂max in healthy untrained women. However, before using the program polar fitness test, it should be study the instruction of the process for effective testing.

(Journal of Sports Science and Technology 2018; 18(2): 90- 98)

Keywords: VO₂max, Prediction of maximum oxygen uptake, Oxygen Consumption

*Corresponding author: Worrawut THUWAKUM

Department of Sports Science program, Faculty of science and technology,
Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, 53000 THAILAND.

E-mail : worrawutt@uru.ac.th

การเปรียบเทียบการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีการไม่ออกกำลังกายและวิธีการออกกำลังกายในเพศหญิงที่ไม่ใช่นักกีฬา

วรวิมล ฐะคำ^{1*} และ ศศิธร สุขจิตต์²

¹สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

²สาขาสารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าฟิตเนสผ่านทางนาฬิกาฟิตเนส RS800CX และวิธีการทดสอบรูปแบบของออสตรานด์ (Astrand method) โดยทำการศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬา จำนวน 38 คน อายุเฉลี่ย 19.9 ± 0.83 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 159.4 ± 5.03 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 59.3 ± 11.81 กิโลกรัม อาสาสมัครทุกคนจะทำการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้นาฬิกาฟิตเนส (RS800CX) ทำการทดสอบในท่านอนหงาย คนละ 5 นาที และประมวลผลจากโปรแกรมฟิตเนสฟิตเนส (pVO₂max) หลังจากทดสอบด้วยฟิตเนสฟิตเนสแล้ว อาสาสมัครจะได้รับ การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยรูปแบบของออสตรานด์ (aVO₂max) ทั้งนี้ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการใช้นาฬิกาฟิตเนส (pVO₂max) และวิธีการทดสอบรูปแบบของออสตรานด์ (aVO₂max) มีค่าเท่ากับ 39.8 ± 6.58 และ 41.1 ± 3.03 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนั้นเมื่อทำการทดสอบความถูกต้อง (validity) ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการใช้นาฬิกาฟิตเนส (pVO₂max) และวิธีการทดสอบรูปแบบของออสตรานด์ (aVO₂max) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.521 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (Standard Error of Estimate; SEE) เท่ากับ 5.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่าโปรแกรมฟิตเนสฟิตเนสสามารถนำมาใช้ในการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มเพศหญิงสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬาได้ อย่างไรก็ตาม ก่อนนำวิธีการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตเนสฟิตเนสควรศึกษาขั้นตอนและคำแนะนำ เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องแม่นยำ

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2561; 18(2): 90- 98)

คำสำคัญ: อัตราการใช้ออกซิเจน, การหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด, การใช้ออกซิเจน

บทนำ

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake; VO_2max) เป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานของระบบหัวใจ ระบบไหลเวียนเลือด และระบบหายใจ¹ ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ² การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดยังใช้สำหรับตรวจสอบสมรรถนะด้านแอโรบิกที่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดยังนิยมนำมาใช้เพื่อกำหนดปริมาณความหนักของกิจกรรมการออกกำลังกาย ประเมินการพัฒนาของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดจากโปรแกรมการออกกำลังกาย³ และภาวะความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด²

การประเมินให้ทราบถึงขีดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายนั้นทำได้ 2 วิธี คือ วิธีวัดโดยตรง (Direct method) จากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas analyzer) โดยวิธีการหายใจเข้าออกจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซแล้ววิเคราะห์อัตราส่วนของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศที่หายใจออกขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูงสุดเพื่อคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้ในแต่ละนาที อีกวิธีหนึ่งคือ วิธีวัดทางอ้อม (Indirect method) เป็นวิธีการวัดในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) ซึ่งวิธีการทดสอบและประเมินดังกล่าวต้องใช้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและมีความชำนาญเฉพาะด้านเนื่องจากมีความความยุ่งยาก ซับซ้อนในกระบวนการทดสอบ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมีนักวิทยาศาสตร์การกีฬาได้พัฒนารูปแบบในการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบในสนาม (Field test) ซึ่งการทดสอบโดยการออกกำลังกายจนถึงขีดความสามารถสูงสุดเพื่อใช้ในการหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เช่น วิธีปั่นจักรยานแบบออสตรานด์ (Astrand-Rhyming cycle test) การวิ่งบนลูกล้อโดยใช้วิธี Bruce protocol หรือวิธีการทดสอบก้าวขึ้น-ลงแบบฮาร์วาร์ด (Harvard step test) โดยมีการนำตัวแปรทางสรีรวิทยาเพื่อนำมาใช้ในการทำนายค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก และอัตราการเต้นของชีพจร^{2, 4-7} ถึงกระนั้นก็ยังมีความจำกัดหรืออาจไม่เหมาะกับการทดสอบในบางกลุ่ม เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มที่มีปัญหาเรื่องข้อต่อ หรือในกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อระบบหัวใจและระบบหลอดเลือด ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการดูแลจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญอย่างใกล้ชิด⁵ ดังนั้น การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยไม่ต้องออกกำลังกายจึงเป็นวิธีการประเมินอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่จะเกิดขึ้น ลดความยุ่งยากซับซ้อน และลดค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ

จากที่กล่าวมา ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความยุ่งยากซับซ้อน และต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการวัดและประเมินผล ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการวัดอัตราการเต้นของชีพจรในสภาวะพักเพื่อใช้ในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการวิเคราะห์จากโปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test™) โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล (เพศ อายุ ความสูง น้ำหนัก และกิจกรรมทางกาย) ร่วมกับการบันทึกอัตราการผันแปรของการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) เพื่อให้เกิดความสะดวกและลดความซับซ้อนในกระบวนการขั้นตอนการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความเที่ยงตรงของการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้โปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test™) โดยผ่านทางนาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX ในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะพักโดยการใช้โปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test™) โดยผ่านทางนาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX เทียบกับวิธีการปั่นจักรยานแบบออสตรานด์ (Astrand-Rhyming cycle test) ในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬา

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบไขว้กลุ่ม (Crossover design) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นบุคคลทั่วไปที่มีสุขภาพดี เพศหญิง จำนวน 38 คน อายุเฉลี่ย 19.9 ± 0.83 ปี อาสาสมัครหลีกเลี่ยงการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน และไม่ได้ออกกำลังกายอย่างหนัก อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัย นอกจากนั้นอาสาสมัครต้องงดการรับประทานอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนเข้าทำการทดสอบ

ขั้นตอนการคัดกรอง

อาสาสมัครถูกคัดกรองโดยใช้แบบสอบถามประวัติสุขภาพ และแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q) จากนั้นอาสาสมัครเข้ารับการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงและคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index: BMI) เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) คือ อาสาสมัครต้องเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี โดยการคัดกรองจากแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และอาสาสมัครต้องไม่มีภาวะโรคหัวใจ โรคระบบทางเดินหายใจ หรือความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับกระดูกและข้อต่อของระยะช่วงกลาง รวมถึงไม่สูบบุหรี่ และรับประทานยาใดๆ สำหรับเกณฑ์การคัดออกจากงานวิจัย (Exclusion criteria) คืออาสาสมัครเจ็บป่วยหรือได้รับการบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมในการทดสอบได้

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะพักโดยใช้นาฬิกาโพล่า (Polar Fitness Test™)

ภายหลังการคัดกรองอาสาสมัคร ทำการวัดอัตราการเต้นของชีพจร และความดันโลหิต โดยก่อนการวัดให้อาสาสมัครนั่งพักอย่างน้อย 5 นาที จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้นาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX โดยติดสายรัดเซนเซอร์บริเวณหน้าอกให้สายรัดอยู่ใต้ราวนม และให้อาสาสมัครนอนลงบนเบาะโฟมในท่านอนหงาย ดำเนินการตั้งค่าที่ตัวนาฬิกาโพล่า ดังนี้ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และลักษณะกิจกรรมทางกาย อาสาสมัครนอนพักก่อนการทดสอบจะเริ่มขึ้น 5 นาที ขณะทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยนาฬิกาโพล่า อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงายไม่หลับตา และภายในห้องทดสอบเงียบไม่มีเสียงอื่นใดมารบกวน เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ 5 นาที โปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test) จะดำเนินการประมวลผลอัตโนมัติและแสดงผลความสามารถของการใช้ออกซิเจนสูงทางหน้าจอนาฬิกาโพล่า

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีการออสตรานด์ (Astrand-Rhyming test)

หลังจากอาสาสมัครทดสอบโดยนาฬิกาโพล่าแล้ว อาสาสมัครแต่ละคนจะได้รับการทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีการปั่นจักรยานวัดงานแบบออสตรานด์ โดยกำหนดระดับความหนักเริ่มที่ 75-100 วัตต์ ขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพของแต่ละคน ที่ความเร็วในการปั่น 60 รอบต่อนาที ทำการวัดและบันทึกอัตราการเต้นของชีพจรขณะปั่นจักรยานวัดงานทุกๆ นาที เป็นระยะเวลา 6 นาที โดยที่อัตราการเต้นของชีพจร นาทีที่ 5 และ 6 ต่างกันไม่เกิน 5 ครั้งต่อนาที

ในกรณีที่อัตราการเต้นของชีพจรต่างกันเกิน 5 ครั้งต่อนาที ให้ทดสอบต่อจนกระทั่งอัตราการเต้นหัวใจอยู่ในช่วงภาวะคงที่ (steady-state) และให้เพิ่มเวลาของการทดสอบอีก 1 นาที จากการทดสอบนำอัตราการเต้นของชีพจรและงานที่ทำได้ นำไปกำหนดจุดลงบนโนโมแกรม (Nomogram) เพื่อจะประเมินค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แล้วทำการบันทึกผล นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

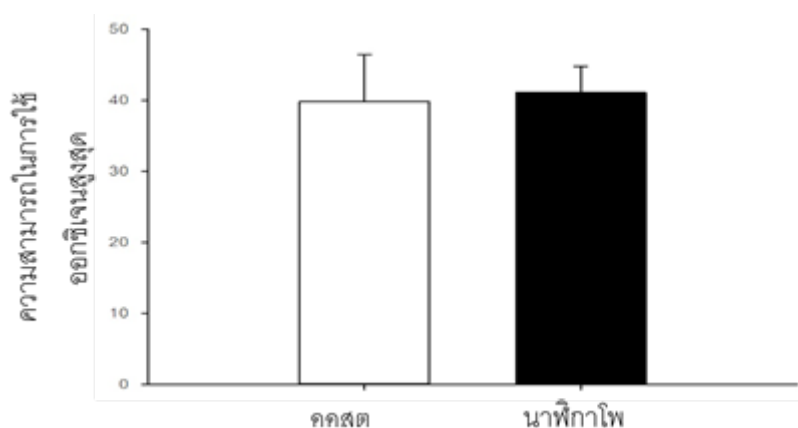
ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ใช้สถิติ Shapiro-Wilk test Normality ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล รายงานข้อมูลในรูป mean $\pm$ SD การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้ใช้สถิติ Paired samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างวิธีการปั่นจักรยานแบบ ออสตรานด์ และวิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะพักโดยใช้นาฬิกาโพล่า หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson product correlation coefficient (r) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งสองวิธี โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05

ผลการวิจัย

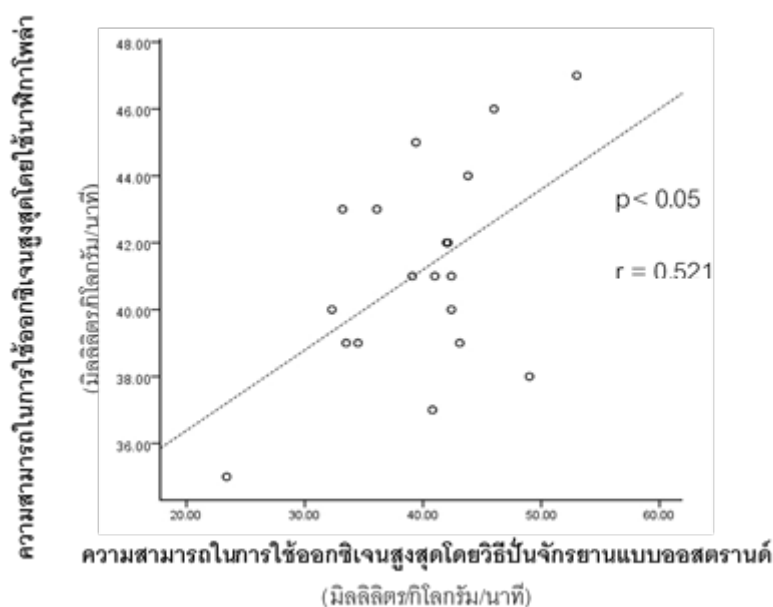
อาสาสมัครเพศหญิงที่เข้าร่วมศึกษาในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 38 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 19.9 $\pm$ 0.83 ปี ดัชนีมวลกายเท่ากับ 23.2 $\pm$ 4.29 กิโลกรัม/ตารางเมตร และชีพจรขณะพักเท่ากับ 76.8 $\pm$ 10.16 ครั้ง/นาที ดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิง

ตัวแปร	n= 27
อายุ (ปี)	19.9 $\pm$ 0.83
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	59.3 $\pm$ 11.81
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	159.4 $\pm$ 5.03
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	23.2 $\pm$ 4.29
อัตราการเต้นชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.8 $\pm$ 10.16

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) พบว่า ทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.16) โดยอาสาสมัครที่ทดสอบด้วยวิธีการปั่นจักรยานแบบออสตรานด์ (Astrand cycle ergometer test) มีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 39.8 $\pm$ 6.58 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และทำการทดสอบโดยใช้นาฬิกาโพล่า (Polar Fitness Test™) มีค่าเท่ากับ 41.1 $\pm$ 3.03 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ระหว่างวิธีการปั่นจักรยานแบบออสตรานด์ (Astrand-Rhyming cycle test) และวิธีการทดสอบขณะพักโดยใช้นาฬิกาไฟล่า (Polar Fitness Test™) ในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ได้เป็นนักกีฬา



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างการประเมินผลด้วยนาฬิกาไฟล่าขณะพักและวิธีการปั่นจักรยานวัดงานแบบออสตรานด์ ในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ได้เป็นนักกีฬา

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์วิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างวิธีการใช้นาฬิกาไฟล่าขณะพัก (Polar Fitness Test™) และวิธีการปั่นจักรยานวัดงานแบบออสตรานด์ (Astrand cycle ergometer test) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ที่ $r = 0.521$ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ดังแสดงในรูปที่ 2

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้เพื่อหาความเที่ยงตรงของการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะพักโดยใช้โปรแกรมไฟล่าฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test™) ผ่านทางนาฬิกาไฟล่า รุ่น RS800CX โดยการเทียบกับวิธีการปั่น

จักรยานวัดงานแบบออสตรานด์ (Astrand-Rhyming cycle test) โดยผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้นาฬิกาโพล่าขณะพักและวิธีการปั่นจักรยานวัดงานแบบออสตรานด์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > 0.05$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.8 ± 6.58 และ 41.1 ± 3.03 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ตามลำดับ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งสองวิธีพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก $r = 0.521$ และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 5.69 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ ดังนั้น การใช้นาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX เพื่อทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้นาฬิกาโพล่า รุ่น F11 และ M52 กับการวิ่งบนลู่วิ่ง เพื่อทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 7.69 และ 8.50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ ตามลำดับ^{8,9} ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX ได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทดสอบซึ่งส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดลง

จากการศึกษาที่ผ่านมาวิธีการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้ตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น อายุ เพศ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และพฤติกรรมการออกกำลังกาย พบว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 4.90 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 12 โดยการเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีการเดินบนลู่วิ่ง¹⁰ และเมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนการทดสอบหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีการไม่ต้องออกกำลังกายกับวิธีทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการปั่นจักรยานวัดงานพบว่าวิธีการคำนวณโดยไม่ต้องออกกำลังกายมีความสอดคล้องกันและมีผลความคลาดเคลื่อนเพียง ร้อยละ 13¹¹ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยไม่ต้องออกกำลังกายมีผลการทดสอบที่มีความเที่ยงตรงใกล้เคียงกับการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีอื่น ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้การใช้นาฬิกาโพล่าทดสอบผ่านโปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทสมีค่าความคลาดเคลื่อน (SEE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ว่ามีความเที่ยงตรงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบมาตรฐาน

นาฬิกาโพล่า รุ่น RS800CX ใช้วิธีการประมวลผลเพื่อทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการวิเคราะห์อัตราการผันแปรของการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับอัตราการผันแปรของการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) ซึ่งอัตราการผันแปรของการเต้นของหัวใจ (HRV) มีความสัมพันธ์กันกับความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก^{12,13} และอัตราการหายใจ (14) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Melanson และ Freedson¹⁵ ที่ได้ทำการศึกษาก่อนออกกำลังกายแบบอดทน พบว่า ภายหลังจากฝึก 12 สัปดาห์ อัตราความผันแปรของการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น และความสามารถในการทำงานแบบแอโรบิกเพิ่มขึ้น ร้อยละ 13.8 ดังนั้น อัตราความผันแปรของการเต้นของหัวใจอาจจะเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นส่วนในการวิเคราะห์ผลของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของโปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทสขณะพัก นอกจากนั้น ตัวแปรทางสรีรวิทยาก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เช่น สัดส่วนของร่างกาย น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ^{16,17} ซึ่งตัวแปรที่โปรแกรมโพล่าฟิตเนสเทสได้ใช้ในการประมวลผลเพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย และค่าอัตราการผันแปรของการเต้นของหัวใจ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wier และคณะ¹⁸ การคำนวณความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยไม่ต้องออกกำลังกายจะมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มตัวแปรสัดส่วนของร่างกาย

ดังนั้น ผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าการวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\max$) โดยใช้นาฬิกาพลาโดยผ่านการประมวลผลจากโปรแกรมพลาฟิตเนสเทส (Polar Fitness Test) สามารถใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในเพศหญิงที่มีสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬา หรือผู้ที่มีข้อจำกัดเรื่องอุปกรณ์ สถานที่และเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้สำหรับการทดสอบ เนื่องจากวิธีการและขั้นตอนการทดสอบไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามการใช้นาฬิกาพลาเพื่อทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะต้องทดสอบในห้องที่เงียบ และกรอกข้อมูลบุคคลของผู้ที่ต้องการทดสอบให้ครบถ้วนเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องและลดความคลาดเคลื่อน

เอกสารอ้างอิง

1. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sport Exer.* 2007;39(1):103-7.
2. Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
3. Powers SK, Howley E. *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance.* 7th ed. New York: NY McGraw Hill; 2009.
4. Malek MH, Housh TJ, Berger DE, Coburn JW, Beck TW. A new non-exercise-based $VO_2\max$ prediction equation for aerobically trained men. *J Strength Cond Res.* 2005;19(3):559-65.
5. Bradshaw DI, George JD, Hyde A, LaMonte MJ, Vehrs PR, Hager RL, et al. An accurate $VO_2\max$ nonexercise regression model for 18-65-year-old adults. *Res Q Exerc Sport.* 2005;76(4):426-32.
6. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85(4):546-62.
7. Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol.* 1954;7(2):218-21.
8. Esco MR, Mugu EM, Williford HN, McHugh AN, Bloomquist BE. Cross-Validation of the Polar Fitness Test™ via the Polar F11 Heart. Rate Monitor in predicting VO_2 Max. *JEPonline* 2011;14(5):31-7.
9. Crumpton S, Williford HN, O'Mailia S, Olson MS, Woolen LE. Validity of the polar M52 heart rate monitor in predicting VO_2 max. *Med Sci Sport Exerc* 2003;35:S193.
10. Heil DP, Freedson PS, Ahlquist LE, Price J, Rippe JM. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:599-606.
11. Malek MH, Housh TJ, Berger DE, Coburn JW, Beck TW. A new non-exercise based VO_2 max prediction equation for aerobically trained men. *J Strength Cond Res* 2005;19:559-65.
12. Melanson EL, Freedson PS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:442-9.

13. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1496-502.
14. Hayano J, Mukai S, Sakakibara M, Okada A, Takata K, Fujinami T. Effects of respiratory interval on vagal modulation of heart rate. *Am J Physiol* 1994;267:H33-40.
15. Melanson EL, Freedson PS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:442-9.
16. Heil DP, Freedson PS, Ahlquist LE, Price J, Rippe JM. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:599-606.
17. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:863-70.
18. Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. Nonexercise models for estimating VO2 max with waist girth, percent fat, or BMI. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:555-61.