

การทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด โดยประเมินจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในนักกีฬาทีมชาติไทย

มานิช บุตรเมือง* ประทุม ม่วงมี** สมศักดิ์ ลีลา***

วันที่รับ 1 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที และเพื่อศึกษาสมการในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติไทย จำนวน 150 คน อายุระหว่าง 17-34 ปี เข้าร่วมด้วยความสมัครใจ การเก็บข้อมูลได้ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดโดยวิธีการของออสตรานด์และไรห์มิง พัก 48 ชั่วโมง ทำการทดสอบวินเกต ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่เด่นได้จำนวนครั้งที่สูงที่สุด และการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สหสัมพันธ์ ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาทีที่มีต่อความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที มีความสัมพันธ์กับความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด ทำให้ได้สมการในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่ 1 ของช่วงการฟื้นตัว โดยมีสมการ คือ $VO_{2max} = 24.314 + 1.007HR_{rec60}$

2. อายุมีความสัมพันธ์กับความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในทุกช่วงเวลา

จากข้อมูลที่ปรากฏสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที สามารถนำไปใช้ในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดได้ วิธีการดังกล่าวมีความสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการปฏิบัติ

คำสำคัญ: การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที, การทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด

* นิสิตปริญญาเอก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

** รองศาสตราจารย์ ดร. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

*** ดร. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ติดต่อผู้พิมพ์: มานิช บุตรเมือง* E-mail: manoch2512@gmail.com มือถือ: 081-6279209

Prediction of Maximum Oxygen Consumption From Heart Rate Recovery of Thailand National Athletes

Manoch Butrmuang* Pratoom Muongmee** Somsak Lila***

Receive 1 December, 2020

Abstract

The purposes of this study were to investigate a relationship between maximum oxygen consumption (VO_{2max}) and heart rates recovery (HR_{rec}) responding to 15-s intervals of 2 minute duration and to find an equation for predicting the maximum oxygen consumption from heart rate recovery. Studied samples were 150 volunteer Thailand national team athletes, age ranged between 17-34 year old. In this study, we used the Åstrand-Ryhming Cycle Ergometer Test and 48 hours rest to measure VO_{2max} . We also employed the Wingate Test to measure peak heart rates (PHR) and heart rates recovery responding to 15-s intervals of 2 minute duration. Pearson product moment correlation coefficient, coefficient of determination (r^2) and standard error of estimate (SEE) were used for statistical analyses. Significant difference was set at .05.

The results suggested the followings

1. There is a relationship between maximum oxygen consumption and heart rates recovery responding to 15-s intervals of 2 minute duration. A prediction equation at the 1 minute heart rates recovery was established. The prediction equation is $VO_{2max} = 24.314 + 1.007HR_{rec60}$
2. Age has a relationship with maximum oxygen consumption but does not have a relationship with heart rates recovery in every duration.

We conclude from the existing data that the measurement technique of heart rates recovery after immediate exercise may be used to predict maximum oxygen consumption of the athletes. This technique is simple, convenient and practical.

Keywords: Heart rates recovery/ Prediction of maximum oxygen consumption

บทนำ

ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด (Maximal oxygen consumption, VO_2max) เป็นการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจที่ดีที่สุด เป็นการทดสอบที่เป็นมาตรฐานสากล และยังเป็นพื้นฐานสำคัญทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกายในการประเมินถึงความอดทนของร่างกาย (McArdle, Katch, & Katch, 2006) ดังนั้น นักกีฬาทุกประเภทล้วนจำเป็นต้องมีค่าดังกล่าวในระดับที่ดี โดยเฉพาะกีฬาที่ต้องอาศัยความอดทนของร่างกายเป็นสำคัญ จึงจะสามารถแสดงศักยภาพการทำงานของร่างกายในการยืนระยะเชิงแอโรบิก (Aerobic capacity) ได้เป็นอย่างดี และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นตัวที่เกิดจากการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic exercise) ได้ดีอีกด้วย (Ratamess, 2012) ดังนั้น นักกีฬาที่มีความอดทนของร่างกายในระดับสูง ย่อมจะมีอัตราการความเร็วของการฟื้นตัวของการเต้นของหัวใจได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีอาการหายใจเหนื่อยได้เร็วขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ผู้ที่มีความฟิตของร่างกายที่ดี จะมีอัตราการเร็วในการลดลงของการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีได้ดีโดยใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่าผู้ที่ไม่มี ความฟิตของร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527; Froelicher & Myers, 2006; Kenney, Wilmore, & Costill, 2012) และเมื่อ VO_2max มีความสัมพันธ์กับความสามารถของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจ ย่อมสะท้อนให้เห็นว่า VO_2max ก็น่าจะมีความสัมพันธ์และสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที

การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rates recovery, HR_{rec}) เป็นความสามารถของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจที่จะฟื้นตัวกลับมาสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็วภายหลังการออกกำลังกายทันที ดังนั้น การวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ จึงเป็นการนับจำนวนครั้งของอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลง โดยใช้ระยะเวลานั้น ๆ ในช่วงนาที่แรกหรือนาทีที่สองที่หยุดออกกำลังกายทันที หากบุคคลใดมีการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจที่ดี สามารถสะท้อนให้เห็นได้ว่า ระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจของคนคนนั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูง ซึ่งเทคนิคการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที เป็นวิธีการวัดที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน และยังสามารถนำไปใช้ในการประเมินการทำงานของร่างกายในระบบพลังงานเชิงแอโรบิกได้ด้วย (Clover, 2001; Dimkpa, 2009) แต่จากข้อมูลการวิจัยที่ศึกษาถึงการทำนาย VO_2max โดยประเมินจาก HR_{rec} ยังไม่มีความชัดเจน ประกอบกับมีทฤษฎีที่มีความหลากหลายที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังหยุดออกกำลังกายทันทีกับระดับความสามารถของร่างกายที่ยังไม่ชัดเจนเช่นกัน ดังเช่น Mirkin (2013) กล่าวว่า การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจในนาที่แรกที่หยุดออกกำลังกาย หากน้อยกว่า 30 ครั้งต่อนาที แสดงว่า มีสุขภาพร่างกายที่ไม่ฟิต และถ้ามากกว่า 50 ครั้งต่อนาที แสดงว่า มีสุขภาพร่างกายที่ดีมาก และ Sloan (2015) กล่าวว่า คนที่มีสุขภาพดี อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที ควรจะลดลงประมาณ 15-20 ครั้งต่อนาที โดยเฉพาะใน

นาที่แรกที่หยุดออกกำลังกาย และในนาที่ที่ 2 ควรจะลดลงถึง 60 ครั้งต่อนาที เป็นต้น แต่การศึกษาถึงการทำงาน $VO_2\max$ โดยประเมินจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจนั้นยังไม่มีปรากฏแต่อย่างใด ดังนั้น เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีเพื่อนำไปสู่สมรรถภาพในการทำงานความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที
2. เพื่อศึกษาสมรรถภาพในการทำงานความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติไทย จำนวน 150 คน ในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นตัวแทนที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับประชากรที่เชื่อถือได้ จึงได้ทำการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้ สูตรของเครซีและมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970 อ้างถึงใน อีรวุฒิเอกะกุล, 2543) ซึ่งจำนวนประชากรที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 238 คน โดยผู้วิจัยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 5\%$ โดยเลือกความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 พบว่าขนาดของตัวอย่างการศึกษาในครั้งนี้ ตามสูตรของเครซีและมอร์แกนคำนวณได้จำนวน 147 คน แต่เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่อาจเกิดขึ้นได้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดตัวอย่างให้มีจำนวนทั้งสิ้น 150 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องผ่านหลักเกณฑ์การคัดเลือกและตอบแบบคัดกรองก่อนเข้าร่วมการทดลอง

เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิจัย

1. จักรยานวัดงาน ยี่ห้อ Cateye รุ่น BC1200 เพื่อใช้ทดสอบความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด โดยวิธีการของออสตรานด์และไรห์มิง (Åstrand and Rhyming cycle ergometer test)
2. จักรยานยี่ห้อ Monark รุ่น 828 E เพื่อใช้ทดสอบวินเกต (Wingate test) และเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้ใช้พลังของกล้ามเนื้อให้มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitors) ยี่ห้อ Polar รุ่น Polar V800 โดยใช้ร่วมกับ Application polar flow เพื่อวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการทดสอบวินเกต ซึ่งสามารถบันทึกและแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจได้ทุกวินาที

การรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด
2. พัก 48 ชั่วโมง
3. ทดสอบวินเกต เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่ามากกว่า 85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) ของแต่ละคน
4. ภายหลังการทดสอบวินเกตทันที จะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่เต้นได้จำนวนครั้งที่สูงสุด (Peak heart rate, PHR) ในขณะเดียวกันก็ให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานอย่างช้า ๆ ต่อไปอีก 2-3 นาที โดยใช้ความหนักต่ำสุด เพื่อเป็นการคลุตาวัน และวัดอัตราการเต้นของหัวใจจาก Heart rate monitors ทุก 15 วินาที ภายในระยะเวลา 2 นาที
5. นำผลของอัตราการเต้นของหัวใจมาหาความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจที่เต้นได้จำนวนครั้งที่สูงที่สุดกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักทั้ง 8 ช่วง ซึ่งจะทำให้ได้ผลการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีทั้ง 8 ช่วง
6. นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที และวิเคราะห์ถดถอยเพื่อให้ได้สมการในการทำนายต่อไป
7. ทำการสรุปผล อภิปรายผล และรายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

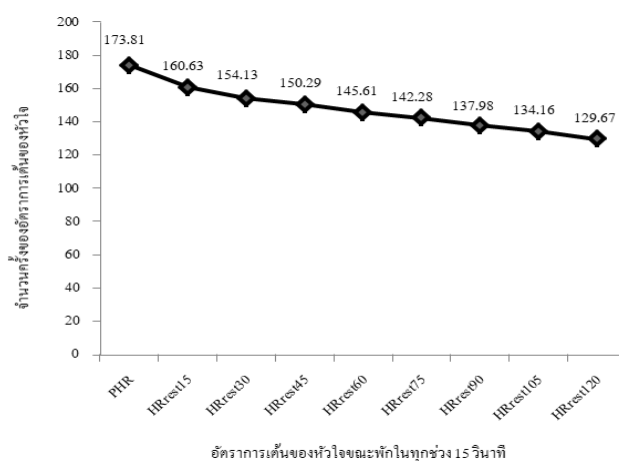
นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson product moment correlation coefficient (r) ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ (Coefficient of determination: r^2) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า (Standard error of estimate: SEE) ของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาทีที่มีต่อความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

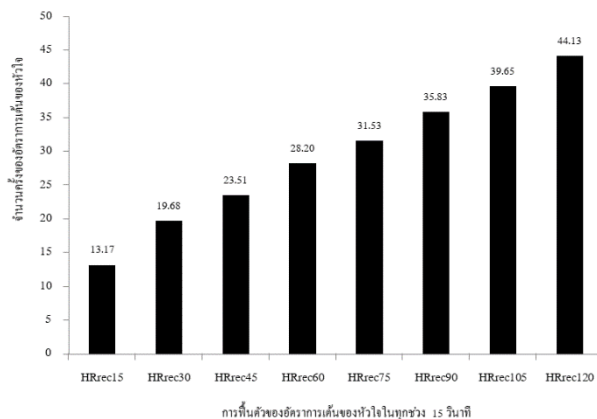
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจทุกรายการในทุกช่วงเวลา

การฟื้นตัวของ อัตราการเต้น ของหัวใจใน ทุกช่วง 15 วินาที	อัตราการเต้น ของหัวใจที่เต้น ได้จำนวนครั้งที่ สูงที่สุด		อัตราการเต้น ของหัวใจภายหลัง การออกกำลังกาย		การฟื้นตัวของอัตรา การเต้นของหัวใจ ภายหลังการ ออกกำลังกาย		ร้อยละของการลดลง ของอัตราการเต้นของ หัวใจภายหลังการ ออกกำลังกาย	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
	173.81	8.44	-	-	-	-	-	-
- วินาทีที่ 15	-	-	160.63	10.94	13.17	5.78	7.62	3.41
- วินาทีที่ 30	-	-	154.13	11.18	19.53	5.93	11.37	3.70
- วินาทีที่ 45	-	-	150.29	11.34	23.51	6.59	13.58	3.95
- วินาทีที่ 60	-	-	145.61	11.47	28.20	7.10	16.27	4.23
- วินาทีที่ 75	-	-	142.28	12.01	31.53	7.54	18.20	4.55
- วินาทีที่ 90	-	-	137.98	12.77	35.83	8.64	20.68	5.21
- วินาทีที่ 105	-	-	134.16	13.42	39.65	9.19	22.90	5.61
- วินาทีที่ 120	-	-	129.67	13.73	44.13	9.59	25.49	5.88

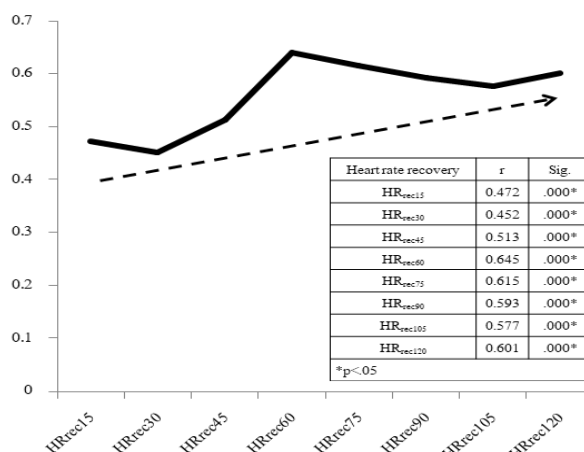
ภาพที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักภายหลังการออกกำลังกายทันที (ครั้งต่อนาที)



ภาพที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที (ครั้งต่อนาที)



ภาพที่ 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง $VO_2\max$ กับ Heart rate recovery (HR_{rec}) ในทุกช่วง 15 วินาที ภายในระยะเวลา 2 นาที



ตารางที่ 2 สรุปสมการในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในทุกช่วง 15 วินาที ภายในระยะเวลา 2 นาที

สมการที่	การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที	สมการจากการวิเคราะห์การถดถอย
1	วินาทีที่ 15	$40.799 + .905HR_{rec15}$
2	วินาทีที่ 30	$36.252 + .843HR_{rec30}$
3	วินาทีที่ 45	$32.436 + .863HR_{rec45}$
4	วินาทีที่ 60	$24.314 + 1.00HR_{rec60}$

สมการที่	การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ ภายหลังการออกกำลังกายทันที	สมการจากการวิเคราะห์การถดถอย
5	วินาทีที่ 75	$24.236 + .904HR_{rec75}$
6	วินาทีที่ 90	$25.443 + .761HR_{rec90}$
7	วินาทีที่ 105	$25.141 + .696HR_{rec105}$
8	วินาทีที่ 120	$22.094 + .694HR_{rec120}$

ตารางที่ 3 แสดงการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดโดยประเมินจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในวินาทีที่ 60

HR _{rec@1}	VO ₂ max	HR _{rec@1}	VO ₂ max	HR _{rec@1}	VO ₂ max	HR _{rec@1}	VO ₂ max
1	25.32	16	40.43	31	55.53	46	70.64
2	26.33	17	41.43	32	56.54	47	71.64
3	27.34	18	42.44	33	57.55	48	72.65
4	28.34	19	43.45	34	58.55	49	73.66
5	29.35	20	44.45	35	59.56	50	74.66
6	30.36	21	45.46	36	60.57	51	75.67
7	31.36	22	46.47	37	61.57	52	76.68
8	32.37	23	47.48	38	62.58	53	77.69
9	33.38	24	48.48	39	63.59	54	78.69
10	34.38	25	49.49	40	64.59	55	79.70
11	35.39	26	50.50	41	65.60	56	80.71
12	36.40	27	51.50	42	66.61	57	81.71
13	37.41	28	52.51	43	67.62	58	82.72
14	38.41	29	53.52	44	68.62	59	83.73
15	39.42	30	54.52	45	69.63	60	84.73

โดยที่ HR_{rec@1} หมายถึง การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีแรกที่หยุดออกกำลังกายทันที มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

ตารางที่ 4 แสดงการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดโดยประเมินจากการ
ฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายหนักที่ในวินาทีที่ 120

HR _{rec} @2	VO ₂ max	HR _{rec} @2	VO ₂ max	HR _{rec} @2	VO ₂ max	HR _{rec} @2	VO ₂ max
1	22.79	24	38.75	47	54.71	70	70.67
2	23.48	25	39.44	48	55.41	71	71.37
3	24.18	26	40.14	49	56.10	72	72.06
4	24.87	27	40.83	50	56.79	73	72.76
5	25.56	28	41.53	51	57.49	74	73.45
6	26.26	29	42.22	52	58.18	75	74.14
7	26.95	30	42.91	53	58.88	76	74.84
8	27.65	31	43.61	54	59.57	77	75.53
9	28.34	32	44.30	55	60.26	78	76.23
10	29.03	33	45.00	56	60.96	79	76.92
11	29.73	34	45.69	57	61.65	80	77.61
12	30.42	35	46.38	58	62.35	81	78.31
13	31.12	36	47.08	59	63.04	82	79.00
14	31.81	37	47.77	60	63.73	83	79.70
15	32.50	38	48.47	61	64.43	84	80.39
16	33.20	39	49.16	62	65.12	85	81.08
17	33.89	40	49.85	63	65.82	86	81.78
18	34.59	41	50.55	64	66.51	87	82.47
19	35.28	42	51.24	65	67.20	88	83.17
20	35.97	43	51.94	66	67.90	89	83.86
21	36.67	44	52.63	67	68.59	90	84.55
22	37.36	45	53.32	68	69.29		
23	38.06	46	54.02	69	69.98		

โดยที่ HR_{rec}@2 หมายถึง การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่สองที่หยุดออกกำลังกายหนัก
มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

อภิปรายผล

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที

ผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดมีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในทุก ๆ ช่วง 15 วินาที ภายในระยะเวลา 2 นาที ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยพบว่า การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในวินาทีที่ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ .472, .452, .513, .645, .615, .593, .577 และ .601 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด โดยมีค่าเป็นบวกในทุกช่วงเวลา (ภาพที่ 3) และสังเกตได้ว่า การฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในวินาทีที่ 60 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในระดับที่มากกว่าเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่นทั้งหมด สอดคล้องกับ

Watson, Brickson, Prawda, and Sanfilippo (2017) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีที่มีต่อระดับความสามารถในการทำงานเชิงแอโรบิกในนักกีฬาที่มีความสามารถในระดับสูง พบว่า ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดมีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในวินาทีที่ 10 และ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้สรุปผลการศึกษาว่า ความสามารถของร่างกายในการทำงานเชิงแอโรบิกมีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถนำไปใช้ในการประเมินความสามารถของร่างกายในการทำงานเชิงแอโรบิกในนักกีฬาที่ใช้ความเร็วไม่คงที่ตลอดทั้งเกม (Intermittent sport athletes) ได้ นอกจากนี้ การวิจัยในครั้งนี้ยังพบอีกว่า ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด มีความสัมพันธ์กับอายุในทางลบ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -.215 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 หมายความว่า นักกีฬาที่มีอายุน้อยจะมีความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดในระดับที่มากกว่า นักกีฬาที่มีอายุมาก สอดคล้องกับ Rivera, et al. (1989); Ogawa et al. (1992) พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนและปริมาณของเลือดที่หัวใจสูบฉีดต่อนาที เมื่ออายุเพิ่มขึ้น ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดและปริมาณของเลือดที่หัวใจสูบฉีดต่อนาทีจะลดลงตามลำดับ

การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที

จากการที่ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบวินเกต และภายหลังการทดสอบดังกล่าวส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นในทันที จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่เต้นได้จำนวนครั้งที่สูงที่สุด (PHR) เท่ากับ 173 ครั้งต่อนาที หลังจากนั้น ได้ทำการบันทึกผลการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจในทุก ๆ ช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที ทั้งหมด 8 ช่วง พบว่า ในแต่ละช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในวินาทีที่ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 มีค่าเฉลี่ยลดลง 160, 154, 150, 145, 142, 137, 134 และ 129 ครั้งต่อนาทีตามลำดับ

(ภาพที่ 1) และเมื่อนำข้อมูลของอัตราการเต้นของหัวใจไปหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่เต้นได้จำนวนครั้งที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักในทุกช่วงเวลา ($HR_{rec} = PHR - HR_{rest}$) ก็จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในแต่ละช่วงเวลา โดยพบว่า ในวินาทีที่ 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 มีค่าเท่ากับ 13, 19, 23, 28, 31, 35, 39 และ 44 ครั้งต่อนาทีตามลำดับ (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับ Hattiwale, Hattiwale, Dhundasi, and Das (2012) ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่า กลุ่มคนที่มีกิจกรรมการออกกำลังกายเป็นประจำ จะมีอัตราการเร็วในการลดลงของการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีได้ดีกว่ากลุ่มคนที่มีกิจกรรมในชีวิตประจำวันน้อย อาจมีสาเหตุจากการทำงานที่เพิ่มขึ้นของ Baroreflex sensitivity ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติกเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการทำงานของหัวใจ ที่จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงได้อย่างรวดเร็วภายหลังการออกกำลังกายทันที และสอดคล้องกับ American College of Sports Medicine (2007) กล่าวว่า การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที เป็นปฏิกิริยาหนึ่งของร่างกายที่เกิดจากการตอบสนองเพื่อให้ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายกลับมาสู่สภาวะปกติเพื่อรักษาความสมดุลภายในร่างกายให้คงไว้ และการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายมักจะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดและการหายใจ รวมไปถึงระดับความสามารถในการทำงานของร่างกายได้อีกด้วย ซึ่งการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย จะไม่สามารถลดลงจนมาถึงอัตราการเต้นของหัวใจในระดับขณะพักได้ในทันที แต่จะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ อย่างต่อเนื่อง และอาจใช้เวลาหลายนาทีหรือนานกว่านั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับความหนักของกิจกรรมการออกกำลังกาย (Hautala et al., 2001) นอกจากนี้ ผลของการฝึกความอดทนของร่างกาย ยังสามารถส่งผลให้มีอัตราการความเร็วของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากขึ้น หรือจำนวนครั้งของอัตราการเต้นของหัวใจลดลงได้อย่างรวดเร็วภายหลังการออกกำลังกายอีกด้วย (Goldberger et al., 2006; Martinmaki & Rusko, 2008; Seiler, Haugen, & Kuffel, 2007)

ตารางการทำนาย VO_2max โดยการใช้ Heart rate recovery

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ทำให้ได้สมการเพื่อใช้ในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดโดยประเมินจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันที ทั้งหมด 8 สมการ (ตารางที่ 2) ซึ่งความเป็นจริงในทางปฏิบัติตามหลักสากล การวัดอัตราการเต้นของหัวใจจะทำการวัดเป็นจำนวนครั้งต่อนาที ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายในวินาทีที่ 60 และ 120 (นาทีแรกและนาทีที่สอง) ไปทำการแทนค่าในสมการ เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในทางการกีฬาให้มากยิ่งขึ้น จึงทำให้ได้ตารางการ

ทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดโดยประเมินจากการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในวินาทีที่ 60 (ตารางที่ 3) และในวินาทีที่ 120 (ตารางที่ 4)

สรุปผลการวิจัย

ความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดมีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในทุกช่วง 15 วินาทีภายในระยะเวลา 2 นาที โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงวินาทีที่ 60 หรือในนาทีแรกที่หยุดออกกำลังกายทันทีที่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่น และทำให้ได้สมการในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีแรกที่หยุดออกกำลังกายทันที คือ คือ $VO_{2max} = 24.314 + 1.007HR_{rec60}$ เทคนิคการวัดนี้เป็นเทคนิคการวัดที่มีความสะดวก รวดเร็วต่อการปฏิบัติ ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ในการทดสอบ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการทําวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความเชื่อมั่นของการใช้เทคนิคการวัดอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในการประเมินความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุด
2. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดกับการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจในกีฬาแต่ละชนิด รวมไปถึง ศึกษาในอายุ เพศที่มีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ควรนำสมการในการทำนายความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดจากการวัดการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายทันทีในวินาทีที่ 60 หรือในนาทีแรกที่หยุดออกกำลังกาย โดยมีสมการคือ $VO_{2max} = 24.314 + 1.007HR_{rec60}$ ไปใช้ทางปฏิบัติ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง และจะทำให้มีความแม่นยำในการทำนายเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ธีรวิทย์ เอกะกุล. (2543). ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. อุบลราชธานี: สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- ประทุม ม่วงมี. (2527). รากฐานทางสรีรวิทยาการออกกำลังกายและพลศึกษา. กรุงเทพฯ: บุรพาสาน.
- Brown, S. J., & Brown, J. A. (2007). Resting and postexercise cardiac autonomic control in trained master athletes. The Journal of Physiological Sciences, 57(1), 23-29.
- Clover, J. (2001). Sports medicine essentials: Core concepts in athletic training and fitness instruction. United States: Thomson Learning.

- Dimkpa, U. (2009). Post-exercise heart rate recovery: An index of cardiovascular fitness. *Journal of Exercise Physiology online*, 12(1), 10-22.
- Friedrich, C. (2014). How to Measure heart rate recovery after exercise and why it's important. Retrieved December 31, 2014, from <http://cathe.com/how-to-measure-heart-rate-recovery-after-exercise-and-why-its-important>
- Froelicher, V. F., & Myers, J. N. (2006). *Exercise and the heart* (5th ed.). Philadelphia, PA: Saunders Elsevier.
- Goldberger, J. J., Le, F. K., Lahiri, M., Kannankeril, P. J., Ng, J., & Kadish, A. H. (2006). Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 290(6), H2446-H2452.
- Hattiwale, H. M., Hattiwale, S. H., Dhundasi, S. A., & Das, K. K. (2012). Recovery heart rate response in sedentary and physically active young healthy adults of Bijapur, Karnataka, India. *Basic Sciences of Medicine*, 1(5), 30-33.
- Hautala, A., Tulppo, M. P., Mäkilä, T. H., Laukkanen, R., Nissilä, S., & Huikuri, H. V. (2001). Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology*, 21(2), 238-245.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of sport and exercise* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martinmaki, K., & Rusko, H. (2008). Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3), 353-360.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology* (3rd ed.). Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
- Mirkin, G. (2013). Recovery heart rate. Retrieved February 19, 2014, from <http://www.drmirkin.com/heart/8076.html>
- Ogawa, T., Spina, R. J., Martin, W. H., Kohrt, W. M., Schechtman, K. B., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*, 86(2), 494-503.
- Ratamess, N. A. (2012). *ACSM's foundations of strength training and conditioning*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- Rivera, A. M., Pels, A. E., Sady, S. P., Sady, M. A., Cullinane, E. M., & Thompson, P. (1989). Physiological factors associated with the lower maximal oxygen consumption of master runners. *Journal of Applied Physiology*, 66(2), 949-954.
- Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1366-1373.
- Sloan, J. (2015). Heart rate after exercise. Retrieved July 28, 2017, from <http://www.livestrong.com/article/137831-heart-rate-after-exercise/>
- Watson, A. M., Brickson, S. L., Prawda, E. R., & Sanfilippo, J. L. (2017). Short-term heart rate recovery is related to aerobic fitness in elite intermittent sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1055-1061.