JOURNAL OF HEALTH, PHYSICAL EDUCATION AND RECREATION
ISSN 0125-2674
Vol 49 No. 2 May - August, 2023.
วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ
ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2566

ผลของการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้านด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวนและการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวต่ออัตราการใช้พลังงานของรยางค์ร่างกายในนักว่ายน้ำระดับเยาวชนเพศชายและเพศหญิงที่มีค่าดัชนีมวลกายแตกต่างกัน

สิทธิชัย เป้งคำภา*
คุรุศาสตร์ คนหาญ**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน (TRX Suspension) และการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) ต่ออัตราการใช้พลังงานของรยางค์ร่างกายในนักว่ายน้ำระดับเยาวชนที่มีค่าดัชนีมวลกายแตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนอายุ 12-15 ปี จำนวน 32 คน ทุกคนได้รับการติดเครื่องวัดการเคลื่อนไหวแบบพกพา (ActiGraph GT9X accelerometer) ที่ข้อมือขวาและซ้าย เอว ข้อเท้าขวาและซ้าย จากนั้นทำการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน และการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว บันทึกค่าพลังงาน (Energy Expenditure) แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างเพศชายและหญิง และกลุ่มที่มีค่าดัชนีมวลกายที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า การอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวมีอัตราการใช้พลังงานมากกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน ขณะที่เพศและค่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานของการอบอุ่นร่างกายทั้งสองรูปแบบ

คำสำคัญ : การอบอุ่นร่างกาย นักกีฬาว่ายน้ำ อัตราการใช้พลังงาน

*นักศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์และศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่น ๆ และสมรรถนะของมนุษย์ (BNOJPH) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ติดต่อผู้นิพนธ์: คุรุศาสตร์ คนหาญ E-mail: mf_thailand@yahoo.com
รับบทความ 17 มีนาคม 2563 แก้ไขบทความ 6 สิงหาคม 2566 ตอบรับ 31 สิงหาคม 2566

JOURNAL OF HEALTH, PHYSICAL EDUCATION AND RECREATION
ISSN 0125-2674
Vol 49 No. 2 May - August, 2023.
วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ
ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2566

Effects Of Warming – Up with Trx Suspension Versus Dynamic Stretching on Energy Expenditure of Body Extremities Among Male and Female Swimmers with Different Body Mass Index

Sittichai Pengkhampha*
Kurusart Konharn**

Abstract

The purpose of this study was to compare the effects of warm – up with TRX suspension and with dynamic stretching on energy expenditure of body extremities among male and female swimmers in different body mass index. Participants were 32 young swimmers aged 12-15 years, they were requested to wear ActiGraph GT9X accelerometer on their right and left wrist, waist, right and left ankle. Then they performed warm – up with TRX suspension and with dynamic stretching. Energy expenditure was recorded and used to analyze between gender and different BMI classification.

The results showed that dynamic stretching used energy expenditure in greater than in TRX suspension. Gender and BMI had correlated with energy expenditure in both warm-up methods.

Keywords: Warm up, Swimmers, Energy expenditure

*Doctoral student, Exercise Science and Sport, Khon Kaen University
**Aassistant professor, Exercise Science and Sport, Khon Kaen University
Contract: Kurusart Konharn E-mail.: mf_thailand@yahoo.com
Received March 17, 2020 ; Revised August 6, 2023 ; Accepted August 31, 2023

บทนำ

การอบอุ่นร่างกายมีความสำคัญต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาในร่างกาย ซึ่งช่วยเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อ ลดอัตราการบาดเจ็บ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความพร้อมต่อเล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย (Woods, Bishop and Jones, 2007) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการอบอุ่นร่างกายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ (performance) ในการแข่งขันขึ้นถึง 79 เปอร์เซ็นต์ (Fradkin, Zazryn & Smoliga, 2010)

อุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวนทีอาร์เอกซ์ (TRX Suspension) เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกบนพื้นที่ไม่เสถียรต่อการควบคุมแกนกลางของร่างกาย (Core stability training) การฝึกประเภทนี้ประกอบด้วยการทำงานของกล้ามเนื้อและเคลื่อนไหวของข้อต่อหลายส่วนพร้อมกันร่วมกับเคลื่อนไหวต้านแรงโน้มถ่วงโดยมีน้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน (Mok, Nicola et al., 2015) ซึ่งการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องถูกวางแผนให้นักกีฬาได้รับการฝึกอย่างสม่ำเสมอ (Gencer, 2018) โดยการฝึกทักษะที่เฉพาะเจาะจงของนักกีฬาว่ายน้ำร่วมกับโปรแกรมการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวนทีอาร์เอกซ์ สามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของการว่ายน้ำได้ (Yapici, Maden & Findıkoğlu, 2016)

ขณะที่ในการว่ายน้ำมีรูปแบบการฝึกการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) อยู่ 5 รูปแบบที่มุ่งเน้นกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงต่อการแข่งขันว่ายน้ำ คือ ท่า toe walk ท่า heel walk ท่า knee to shoulder lateral walk ท่า harmstring handwalk และ ท่า wipers (Kovacs, 2010) ขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวนี้ส่งผลต่อความสามารถของสมรรถภาพทางการกีฬา เช่น ช่วยพัฒนาความเร็ว กำลังกล้ามเนื้อ การทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Fletcher, 2010)

นักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนซึ่งเป็นผู้มีอายุ 12-15 ปี ถือเป็นช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตและมีการเปลี่ยนแปลงทางกายมาก (Ralph Richard, 2011) ผู้ฝึกสอนควรมีเป้าหมายในการพัฒนาทักษะ ความแข็งแรง พื้นฐานการฝึกซ้อม ระดับการเจริญเติบโตของร่างกาย และต้องคำนึงถึงระดับการแข่งขันที่เหมาะสมกับพัฒนาการของนักกีฬา ขณะที่ลักษณะพื้นฐานทางกาย เช่น เพศ น้ำหนัก มวลกล้ามเนื้อ ไขมัน ดัชนีมวลกายก็มีความสัมพันธ์ต่อระดับการใช้พลังงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแตกต่างทางพันธุกรรมและฮอร์โมนเพศ (Perez-Gomez et al., 2008) จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรด้านเพศเป็นสิ่งสำคัญต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา โดยนักกีฬาว่ายน้ำเพศชายมีอัตราเฉลี่ยด้านความเร็วที่แตกต่างกับนักกีฬาเพศหญิงถึง 7 เปอร์เซ็นต์ ในประเภทกีฬาจักรยานจะมีอัตราเฉลี่ยของความเร็วในระหว่างเพศที่แตกต่างกัน 8.7 เปอร์เซ็นต์ (Thibault et al., 2010) อีกทั้งปริมาณไขมันในร่างกายที่สูงก็ส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เพศหญิงจะมีปริมาณไขมันที่มากกว่าเพศชาย โดยทั่วไปเพศหญิงจึงมีอัตราการใช้พลังงานที่สูงกว่าเพศชาย (Wu and Sullivan, 2011) ขณะที่สมรรถนะหลักของนักกีฬาว่ายน้ำ คือ ความเร็ว ซึ่งเกิดจากร่างกายขับเคลื่อนด้วยแรงและทิศทางแนวตรงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่มวลของร่างกายมีความสัมพันธ์อย่างมากกับความเร็วในนักกีฬาว่ายน้ำอาชีพ (Knechtle & Kohler, 2008) กล่าวในอีกนัยหนึ่ง คือ ค่าดัชนีมวลกายของนักกีฬาว่ายน้ำมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ในน้ำ

ระบบพลังงานในการว่ายน้ำเกี่ยวข้องกับร่างกายเกิดการฝึกฝนกระบวนการใช้ออกซิเจน ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วในการว่ายน้ำในทุกระยะทาง (Nordsborg, Espinosa & Thiel, 2014) เครื่องวัดการเคลื่อนไหวแบบพกพา (Accelerometer) สามารถวัดค่าพลังงาน (Energy expenditure) ในขณะที่นักกีฬาว่ายน้ำทำการอบอุ่นร่างกายได้ (Stamm, James, Burkett, Hagem & Thiel, 2013) โดยการเคลื่อนไหวรยางค์ร่างกายได้แก่ แขน แกนกลางลำตัว และขา ส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านความเร็วในการว่ายน้ำ ซึ่งงานวิจัยของ Nordsborg, Espinosa & Thiel, (2014) พบว่า ค่าพลังงานโดยใช้เครื่องวัดการเคลื่อนไหวแบบพกพามีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ข้อมือ (r = 0.77) และข้อเท้า (r = 0.73) ในการว่ายน้ำท่าครอว์ลของนักกีฬาว่ายน้ำอาชีพ และงานวิจัยของ Michaels et al., (2016) ใช้อุปกรณ์เครื่องวัดการเคลื่อนไหวแบบพกพากับนักกีฬาว่ายน้ำระดับอาชีพในการตรวจสอบความเร็วในการใช้แขน (Stroke rate) โดยเฉพาะรยางค์ร่างกายบนมีส่วนสำคัญอย่างมากในการเคลื่อนไหว (Cortesi et al., 2019) ขณะที่รายงานการวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่า ความเร็วของการว่ายน้ำสัมพันธ์กับทั้งรยางค์ร่างกายส่วนบนและส่วนล่าง (Funai, Matsunami & Taba, 2019) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา ยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับผลการอบอุ่นร่างกายโดยใช้อุปกรณ์แบบแขวนและการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวต่ออัตราการใช้พลังงานในนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชน ซึ่งจะสามารถช่วยกำหนดการอบอุ่นร่างกายในระดับที่เหมาะสม ทำให้ผู้ฝึกสอนได้ทราบถึงตัวแปรความสำคัญด้านการใช้พลังงาน เพื่อให้ผู้ฝึกสอนได้ชี้นำแนวทางการฝึกกับนักกีฬาได้อย่างถูกวิธี และพัฒนาสมรรถภาพของกีฬาว่ายน้ำในระดับเยาวชนที่ดีมากขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้านด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวน (TRX Suspension) และการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) ต่ออัตราการใช้พลังงานในนักว่ายน้ำระดับเยาวชนเพศชายและเพศหญิง

2. เพื่อประเมินผลของการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้านด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวนและการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวต่ออัตราการใช้พลังงานในนักกีฬาว่ายน้ำที่มีค่าดัชนีมวลกายแตกต่างกัน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (HE#612043)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ใช้การเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) คือ นักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชน จำนวน 32 คน (ชาย 19 คน และหญิง 13 คน) มีอายุระหว่าง 12-15 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย

(BMI) อยู่ระหว่าง 15.20-30.00 kg/m^2 โดยวัดองค์ประกอบทางกายตามรูปแบบของงานวิจัยก่อนหน้า (Zimmer, Piecora, Schuster and Webbe, 2013)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. นักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนที่มีการฝึกซ้อมว่ายน้ำประจำ (ไม่น้อยกว่า 3 วัน ต่อสัปดาห์) และเคยเข้าร่วมการแข่งขันในระดับภูมิภาคมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง

2. ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการว่ายน้ำ หรืออาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อและกระดูกในระดับรุนแรงหรือได้รับการผ่าตัดบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

ในการแบ่งกลุ่มตามค่าดัชนีมวลกาย แบ่งกลุ่มโดยใช้ค่าคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile) เป็น 3 กลุ่ม ซึ่งได้มาจากการใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ และได้ค่าในแต่ละกลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 (BMI class 1) มีค่าคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ระหว่าง 0.00 - 33.33 จึงมีค่า BMI อยู่ในช่วง 15.20 –18.00 kg/m^2

กลุ่มที่ 2 (BMI class 2) มีค่าคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ระหว่าง 33.34 - 66.66 จึงมีค่า BMI อยู่ในช่วง 18.01 – 20.90 kg/m^2

กลุ่มที่ 3 (BMI class 3) มีค่าคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์ระหว่าง 69.67 – 100 จึงมีค่า BMI อยู่ในช่วง 20.91 – 30.00 kg/m^2

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดการเคลื่อนไหวแบบพกพา ActiGraph GT9X accelerometers โดยติด 5 จุด ดังนี้ ข้อมือขวา ข้อมือซ้าย เอว ข้อเท้าขวา และข้อเท้าซ้าย โดยตั้งค่าเวลาในการเก็บข้อมูลการอบอุ่นร่างกายเป็นระยะเวลา 15 นาที โดยกำหนดค่าความถี่ของการบันทึกข้อมูลที่ 1 วินาที (1-second epoch)

1. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้านด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบแขวน (TRX Suspension) ทั้งหมด 4 ท่า ดังนี้ hip abduction in plank, hamstring curl, chest press , และ 45° row (Mok et al., 2015) ปฏิบัติท่าละ 15 ครั้ง พักระหว่างท่า 1 นาที (รวม 15 นาที) จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำการพักเป็นเวลา 1 วัน

2. จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคน ทำการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) ดังนี้ 5 ท่า ดังนี้ Toe walk, Heel walk, Knee to shoulder lateral walk, Harmstring handwalk, Wipers (Kovasc, 2010) ปฏิบัติท่าละ 1 นาที พักระหว่างท่า 1 นาที (รวม 15 นาที)

3. ถ่ายโอนข้อมูลการเคลื่อนไหวลงโปรแกรม ActiLife Software และกำหนด cut point ในการคำนวณค่าพลังงานจำเพาะกลุ่มอายุตามวิธีการของ Zhu, Chen & Zhuang (2013)

สถานที่ เครื่องมือ และโปรแกรมใช้ในการวิจัย

1. มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีขนาดความกว้าง 25 เมตร ยาว 50 เมตร ลึก 2.10 เมตร มี 8 ลู่ว่าย

2. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดองค์ประกอบของร่างกาย (OMRON รุ่น BHF-375, Omron Healthcare Singapore Pte Ltd, Alexandra Technopark, Singapore)

3. เครื่องวัดส่วนสูง ยี่ห้อ Nagata รุ่น BW-2200 (NAGATA Scale CO., Ltd., Nagata, Taiwan)

4. เครื่องวัดความเคลื่อนไหวแบบพกพา (Accelerometer) ยี่ห้อ ActiGraph รุ่น GT9X (ActiGraph, LLC., Pensacola, Florida, USA)

5. โปรแกรม ActiLife Software version 6 (ActiGraph, LLC., Pensacola, Florida, USA)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows Version 21) บริษัท IBM, New York, USA

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานระหว่างการอบอุ่นร่างกาย 2 รูปแบบ และ ระหว่างเพศชายและเพศหญิงในแต่ละรยางค์ร่างกาย โดยใช้สถิติ Independent sample t-test
3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานระหว่างกลุ่มค่าดัชนีมวลกายที่แตกต่างกันโดยใช้สถิติ One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างรายคู่โดยใช้ Bonferroni post–hoc test
4. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ($p<0.05$)

ผลการวิจัย

เพศชายมีอายุเฉลี่ยมากกว่าเพศหญิง ($p<0.03$) เพศชายมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าเพศหญิง ($p = 0.01$) ในกลุ่มค่าดัชนีมวลกาย (BMI classification) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวและค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มดัชนีมวลกายมีความแตกต่างกัน ($p = 0.01$) ตารางที่ 1

ขณะที่พบว่า นักกีฬาที่อยู่ในกลุ่มเปอร์เซ็นไทล์ของค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มที่ 2 (BMI Class 2) มีอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบแขวนและการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวมีความแตกต่างกันในส่วนของข้อเท้าขวา ($p = 0.01$) และข้อเท้าซ้าย ($p = 0.04$) โดยมีความต่างกันอยู่ระหว่าง 39.82-114.97 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองวิธีการในกลุ่มดัชนีมวลกายอื่น ๆ ($p>0.05$) ตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	เพศชาย (n = 19)	เพศหญิง (n = 13)	t	p	รวม
อายุ (ปี)	14.06 ± 1.90	13.27 ± 0.93	2.27	0.03*	13.74 ± 1.03
ส่วนสูง (ซม.)	166.94 ± 5.39	157.23 ± 6.75	4.23	0.01**	163.00 ± 7.62
น้ำหนัก (กก.)	56.08 ± 11.81	48.88 ± 9.16	1.93	0.06	53.15 ± 11.24
ดัชนีมวลกาย (กก./ม.$^{2)}$	20.05 ± 3.50	19.71 ± 3.20	0.28	0.77	19.91 ± 3.34
	BMI class 1	**BMI class 2**	**BMI class 3**	**p**	
	(n = 11)	**(n = 11)**	**(n = 10)**		
อายุ (ปี)	13.03 ± 0.38	14.35 ± 0.39	13.85 ± 0.39	0.13	
ส่วนสูง (ซม.)	158.72 ± 3.05	165.72 ± 3.05	164.70 ± 3.13	0.09	
น้ำหนัก (กก.)	42.74 ± 3.00	53.26 ± 3.00	64.50 ± 3.07	0.01**	
ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^{2})	16.90 ± 0.79^{bc}	19.47 ± 0.79^{ac}	23.71 ± 0.81^{ab}	0.01**	

Independent-sample t - test วิเคราะห์ความแตกต่างข้อมูลทั่วไปของนักกีฬาว่ายน้ำเพศชายและเพศหญิง

One-Way ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มค่าดัชนีมวลกาย (BMI classification) และทดสอบความแตกต่างรายคู่โดย Bonferroni post – hoc test; ^{a} แตกต่างกันกับ BMI class 1, ^{b} แตกต่างกับ BMI Class 2, ^{c} แตกต่างกับ BMI Class 3; *P<0.05, **P<0.01

ขณะที่พบว่า นักกีฬาว่ายน้ำเพศชายในกลุ่ม BMI Class 1 ที่ได้รับการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว มีอัตราการใช้พลังงานของข้อมือขวา (p = 0.01) น้อยกว่าเพศหญิง โดยมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 90.24 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่ม BMI Class 2 พบความแตกต่างของอัตราการใช้พลังงานอยู่ 2 จุด คือ ในส่วนเอว (p = 0.01) และข้อเท้าขวา (p = 0.02) โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 143.85-185.90 ตารางที่ 3

ในภาพรวมพบว่า การอบอุ่นร่างกายแบบแขวนมีอัตราการใช้พลังงานไม่แตกต่างการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวในรยางค์ร่างกายต่าง ๆ ยกเว้นที่เอวซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 32.15 ตารางที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

1. ค่าน้ำหนักตัวและดัชนีมวลกายของนักกีฬาว่ายน้ำในครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติของสถาบันวิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (Whaley, Brubaker, Otto & Armstrong, 2006) ซึ่งสามารถใช้ในการอ้างอิงผลการวิจัยสำหรับนักกีฬาระดับเยาวชนได้ ขณะที่การศึกษาครั้งนี้มีการแบ่งกลุ่มนักกีฬาตามค่าเปอร์เซ็นไทล์ของค่าดัชนีมวลกาย ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจ ออกแบบการอบอุ่นร่างกาย และคัดเลือกนักกีฬาที่เหมาะสมที่สุดตามสถานการณ์ได้ จากงานวิจัยของ Javier, Jesus, Juanjo & Young (2016) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของเพศที่มีต่อสมรรถภาพทางกายนักกีฬาระดับเยาวชนอายุ 12-16 ปี พบว่า เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง มีความสัมพันธ์กับ การทดสอบความเร็วในการว่ายน้ำ ความคล่องแคล่วว่องไว การกระโดด โดยเพศชายทำได้ดีกว่าเพศหญิง ในการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า นักกีฬาว่ายน้ำในกลุ่ม BMI class 3 ซึ่งมีค่า BMI อยู่ในช่วง 20.91-

30.00 kg/m^2 มีอัตราการใช้พลังงานที่มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักกีฬาที่มีเกณฑ์น้ำหนักตัวมากจะมีอัตราการใช้พลังงานที่สูงกว่านักกีฬาที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า ขณะที่ Dassanayake, Aaj และ Rajarathna (2016) พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนชาวศรีลังกามีค่าอยู่ในช่วง 19.0 ± 1.5 กก./ม.^{2}

2. พลังงานที่ได้จากการใช้เครื่องวัดความเคลื่อนไหวแบบพกพา ในการอบอุ่นร่างกายแบบแขวนและการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว พบว่า อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวจะมีอัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยมากกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้านแบบแขวนด้วย TRX อยู่ 2 จุด คือ เท้าขวา และเท้าซ้าย แต่พบในเฉพาะกลุ่มที่มี BMI อยู่ระหว่าง 18.01-20.90 kg/m^2 (BMI class 2) ขณะที่การอบอุ่นร่างกายแบบแขวนมีอัตราการใช้พลังงานมากกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวเพียงจุดเดียว คือ ที่เอว Pyne and sharp (2014) พบว่า ในนักกีฬาว่ายน้ำแต่ละคนจะมีเทคนิคกลไกการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน จังหวะการเคลื่อนไหวในการแข่งขันที่มีความสมดุลที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับการใช้พลังงานที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อสมรรถภาพด้านความเร็วของนักว่ายน้ำได้ ซึ่งความแตกต่างในการใช้พลังงานนี้ผลอาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ประสบการณ์การฝึก ประเภทการฝึก ความถี่ ความหนัก องค์ประกอบด้านมนุษย์วิทยา เส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งสัมพันธ์ต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา (Orysiak et al., 2014) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาระดับเยาวชนที่ผ่านการฝึกซ้อมรวมเป็นอย่างดีรวมไปถึงเข้าร่วมการแข่งขันระดับสโมสรอยู่เป็นประจำ อัตราการใช้พลังงานเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะเป็นตัวบ่งชี้ระดับความหนักของกิจกรรมทางกาย (Ainsworth, 2009) การตรวจสอบค่าพลังงานของนักกีฬาเป็นสิ่งจำเป็น หากเกิดความไม่สมดุลในการใช้พลังงานจะส่งผลต่อสมรรถภาพในการเล่นหรือฝึกทางกีฬา (Briggs et al., 2015) ขณะที่ Mohamed (2016) ได้อธิบายว่า ระบบพลังงานในการออกกำลังกายแบบ TRX เป็นระบบที่ฝึกความต้านทานแบบให้ผลเฉียบพลัน ซึ่งมุ่งเน้นพลังเป็นหลักของกลุ่มกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงที่ช่วยให้เกิดความแข็งแรงของหน้าท้องและความสมดุลในการเคลื่อนไหว

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน (TRX Suspension) ในกลุ่มดัชนีมวลกาย (BMI classification) ที่แตกต่างกัน

	BMI Class 1 (n = 12) (BMI = 15.20 –18.00 kg/m^2)				BMI Class 2 (n = 12) (BMI = 18.01 – 20.90 kg/m^2)				BMI Class 3 (n = 10) (BMI = 20.91 – 30.00 kg/m^2)			
	Dynamic (Mean ± SD)	TRX (Mean ± SD)	p	%Different	Dynamic (Mean ± SD)	TRX (Mean ± SD)	p	%Different	Dynamic (Mean ± SD)	TRX (Mean ± SD)	p	%Different
Energy expenditure (Kcal)												
Right Wrist	3.12 ± 2.74	1.96 ± 1.37	0.54	59.18	9.91 ± 5.26	6.63 ± 3.90	0.19	49.47	9.90 ± 7.83	8.51 ± 3.77	0.46	16.33
Left wrist	3.77 ± 2.92	2.67 ± 1.84	0.35	41.19	9.88 ± 5.52	6.96 ± 3.72	0.08	41.95	10.98 ± 6.26	9.08 ± 5.52	0.91	20.92
Waist	1.95 ± 1.74	2.80 ± 1.60	0.73	43.58	3.34 ± 2.39	4.58 ± 2.46	0.98	37.12	6.42 ± 6.20	6.04 ± 2.59	0.17	6.29
Right ankle	2.16 ± 2.79	2.95 ± 2.33	0.93	36.57	7.18 ± 5.58	3.34 ± 1.13	0.01**	114.97	8.55 ± 6.24	9.92 ± 5.28	0.63	16.02
Left ankle	2.93 ± 2.56	2.79 ± 1.90	0.38	5.01	6.53 ± 5.41	4.67 ± 1.86	0.04*	39.82	10.19 ± 6.43	10.02 ± 4.57	0.51	1.69

Independent-sample t - test วิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้าน (TRX Suspension) ในกลุ่ม (BMI classification)

*P<0.05, **P<0.01

JOURNAL OF HEALTH, PHYSICAL EDUCATION AND RECREATION
ISSN 0125-2674
Vol 49 No. 2 May - August, 2023.
วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ
ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2566

ตารางที่ 3 ความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้าน (TRX Suspension) ค่าดัชนีมวลกาย (BMI classification) ระหว่างนักกีฬาว่ายน้ำเพศชายและเพศหญิง

	BMI Class 1		p	%Different	BMI Class 2		p	%Different	BMI Class 3		p	%Different
	(ชาย n = 7) (Mean ± S.D.)	(หญิง n = 5) (Mean ± S.D.)			(ชาย n = 7) (Mean ± S.D.)	(หญิง n = 3) (Mean ± S.D.)			(ชาย n = 5) (Mean ± S.D.)	(หญิง n = 5) (Mean ± S.D.)		
Dynamic stretching												
Energy expenditure (Kcal)												
Right Wrist	2.46 ± 1.31	4.66 ± 4.86	0.01**	90.24	11.71 ± 5.24	5.74 ± 2.16	0.08	104.00	12.58 ± 10.47	7.21 ± 3.19	0.13	74.47
Left wrist	3.40 ± 2.17	4.63 ± 4.77	0.05	73.21	11.43 ± 5.88	6.26 ± 2.35	0.05	82.58	13.28 ± 3.82	8.68 ± 2.38	0.15	52.99
Waist	2.23 ± 1.28	1.68 ± 2.40	0.17	32.73	4.26 ± 2.45	1.49 ± 0.44	0.01**	185.90	8.94 ± 7.63	3.27 ± 1.06	0.13	173.39
Right Ankle	3.96 ± 6.74	2.71 ± 0.67	0.13	44.38	8.73 ± 6.08	3.58 ± 1.19	0.02*	143.85	10.20 ± 8.35	6.90 ± 3.33	0.17	47.82
Left Ankle	3.00 ± 2.14	2.81 ± 3.55	0.36	6.76	7.73 ± 6.16	3.74 ± 1.18	0.11	106.68	11.94 ± 8.26	8.45 ± 4.14	0.34	41.30
TRX Suspension												
Right Wrist	3.96 ± 6.74	2.71 ± 0.67	0.72	46.12	7.34 ± 4.07	4.98 ± 3.57	0.75	47.38	9.55 ± 3.47	7.46 ± 4.14	0.82	28.01
Left wrist	5.10 ± 6.64	2.58 ± 1.09	0.54	121.73	7.44 ± 4.29	5.83 ± 2.04	0.28	27.61	10.75 ± 6.73	7.40 ± 4.05	0.25	45.27
Waist	3.31 ± 1.73	2.07 ± 1.20	0.20	59.90	4.97 ± 2.66	3.67 ± 2.03	0.24	35.42	7.31 ± 2.37	4.78 ± 2.33	0.97	52.92
Right Ankle	6.22 ± 6.35	1.68 ± 0.63	0.06	270.23	3.55 ± 0.91	2.86 ± 1.66	0.21	24.12	12.42 ± 6.07	7.41 ± 3.18	0.46	67.61
Left Ankle	5.76 ± 6.40	1.97 ± 0.72	0.14	192.38	4.89 ± 1.29	4.15 ± 3.17	0.59	17.83	11.86 ± 4.94	8.17 ± 3.75	0.73	45.16

Independent-sample t - test วิเคราะห์ความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้าน (TRX Suspension) ในแต่ละกลุ่มดัชนีมวลกาย (BMI classification) ระหว่างนักกีฬาว่ายน้ำเพศชายและเพศหญิง

*P<0.05, **P<0.01

ตารางที่ 4 อัตราการใช้พลังงานภายหลังการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน (TRX Suspension) ของนักกีฬาว่ายน้ำทั้งหมด

	Dynamic stretching n = 32 (Mean ± S.D.)	TRX Suspension n = 32 (Mean ± S.D.)	p	% Changed
Energy expenditure (Kcal)				
Right wrist	6.61 ± 4.72	5.46 ± 4.05	0.17	21.06
Left wrist	7.30 ± 4.83	5.54 ± 4.06	0.07	31.76
Waist	3.11 ± 2.44	4.11 ± 2.67	0.02*	32.15
Right ankle	5.11 ± 4.76	4.92 ± 3.44	0.83	3.86
Left ankle	5.62 ± 4.64	5.38 ± 3.39	0.75	4.46

Independent-sample t - test วิเคราะห์ความแตกต่างอัตราการใช้พลังงานภายหลังการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) และการอบอุ่นร่างกายแบบมีแรงต้าน (TRX Suspension) ของนักกีฬาว่ายน้ำทั้งหมด และ ระหว่างนักกีฬาเพศชายและเพศหญิง
*P<0.05, **P<0.01

ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเคลื่อนไหวแบบพกพาแบบวัดสามแกน (Triaxial accelerometer) เพื่อทราบค่าพลังงานของแต่ละรยางค์ร่างกายซึ่งทำให้ทราบการประสานสัมพันธ์ทางกาย (Coordination) ซึ่งเป็นส่วนช่วยในการรักษาสมดุลในการเคลื่อนไหวและส่งผลต่อสมรรถภาพด้านความเร็วในการว่ายน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gencer (2018) ซึ่งทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวร่วมกับการฝึกโปรแกรมว่ายน้ำเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในนักกีฬาว่ายน้ำชาวตุรกี อายุ 9–12 ปี พบว่าความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ล 50 เมตร ดีขึ้นถึง 1–2 วินาที ซึ่งการศึกษาของ Franco, Signorelli, Trajano, Costa and Oliveira, (2012) แนะนำว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวที่นานเกินไปอาจส่งผลต่อความเมื่อยล้าหรือมีผลในเชิงลบต่อประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งจากการตรวจสอบอัตราการใช้พลังงาน จากเครื่องวัดความเคลื่อนไหวแบบพกพา (ActiGraph GT9X accelerometer) ในการอบอุ่นร่างกายทั้งสองแบบในครั้งนี้พบว่าอยู่ในระดับเบาถึงปานกลาง (Light to moderate intensity) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบว่า การอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวมีแนวโน้มการใช้พลังงานมากกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว ยกเว้นการใช้พลังงานบริเวณเอวที่พบว่า การอบอุ่นร่างกายแบบแขวนใช้พลังงานสูงกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวถึง 32 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการอบอุ่นร่างกายแบบแขวน เป็นการฝึกแบบใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านรักษาสมดุลกล้ามเนื้อกลางลำตัว ซึ่งเป็นคุณสมบัติการออกกำลังกายแบบจำเพาะซึ่งอาจจะช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวตรงในการว่ายน้ำท่าครอว์ลได้ดีขึ้น (Janot et al., 2013) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความแตกต่างของอัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวและการอบอุ่นร่างกายแบบแขวนมีความแตกต่างกัน ตั้งแต่ 32.15 ถึง 185.90 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้ซึ่งสรุปได้ว่า อัตราการใช้พลังงานในการอบอุ่นร่างกายแบบแขวนมีอัตราการใช้พลังงานที่น้อยกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวในรยางค์ร่างกายส่วนบน 2 จุด คือ ข้อเท้าขวา และข้อเท้าซ้าย ในขณะที่การอบอุ่นร่างกายแบบแขวนมีอัตราการใช้พลังงานที่มากกว่าการอบอุ่นรางกายแบบเคลื่อนไหวอยู่เพียงจุดเดียว คือ เอว ซึ่งความแตกต่างที่จำเพาะเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับวิธีการอบอุ่นร่างกาย ค่าดัชนีมวลกาย เพศ และรยางค์ร่างกาย

ข้อเสนอแนะนำในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานการอบอุ่นร่างกายทั้งสองแบบในนักกีฬาที่ใช้ความเร็ว เช่น กรีฑา ปั่นจักรยาน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Ainsworth, B. (2009). How do I measure physical activity in my patients questionnaires and objective methods. *British Journal of Sports Medicine, 43*(1), 6-9.

Briggs, M. A., Cockburn, E., Rumbold, P. L. S., Rae, G., Stevenson, E. J., & Russell, M. (2015). Assessment of energy Intake and energy expenditure of male adolescent academy-level soccer players during a competitive week. *Nutrients, 7*(10), 8392-8401.

Cortesi, M., Giovanardi, A., Gatta, G., Mangia, A. L., Bartolomei, S., & Fantozzi, S. (2019). Inertial sensors in swimming: detection of stroke phases through 3D wrist trajectory. *Journal of Sports Science and Medicine, 18*(3), 438-447.

Dassanayake, T., Aaj, R., & Rajarathna, S.K. (2016). Comparison of BMI and body fat percentages between national level teenage swimmers and controls. *Advances in Obesity Weight Management and Control, 4*(6), 148–152.

Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength Conditioning Research,* 24(1), 140-148.

Fletcher, I. M. (2010). The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 491-498.

Franco, B. L., Signorelli, G. R., Trajano, G. S., Costa, P. B., & de Oliveira, C. G. (2012). Acute effects of three different stretching protocols on the wingate test performance. *Journal of Sports Science Medicine,* 11(1), 1-7.

Funai, Y., Matsunami, M., & Taba, S. (2019). Physiological responses and swimming technique during upper limb critical stroke rate training in competitive swimmers. *Journal of Human Kinetics,* 70, 61-68.

Gencer, Y. (2018). Effects of 8-Week core exercises on free style swimming performance of female swimmers aged 9-12. *Asian Journal of Education and Training,* 4(3), 182-185

Janot, J., Heltne, T., Welles, C., Riedl, J., Anderson, H., Howard, A., & Myhre, S. L. (2013). Effects of TRX versus traditional resistance training programs on measures of muscular performance in adults. *Journal of Fitness Research,* 2(2), 23-38

Javier, Y., Jesus, C., Juanjo, V., & Young, W. (2016**).** Examining age and gender effects in physical performance in young athletes aged 12-16 years. *International Journal of Sports Science and Coaching,* 11(4), 538–544.

Knechtle, B., Knechtle, P., & Kohler, G. (2008). No correlation of anthropometry and race performance in ultra-endurance swimmers at a 12-hours-swim. *Anthropologischer Anzeiger,* 66(1), 73-79.

Kovacs, M. (2010). *Dynamic stretching.* CA; Ulysses Press.

Michaels, S., Taunton, D. J., Forrester, A. I. J., Hudson, D. A., Phillips, C. W. G., Holliss, B. A., & Turnock, S. R. (2016). The use of a cap-mounted tri-axial accelerometer for measurement of distance, lap times and stroke rates in swim training. *Procedia Engineering,* 147, 649-654.

Mohamed, T. S. (2016). Effect of TRX suspension training as a prevention program to avoid the shoulder pain for swimmers. *Science Movement and Health,* 16(2), 222–227.

Mok, N.W., Yeung, E.W., Cho, J.C., Hui, S.C., Liu, K.C., Pang, C.H. (2015). Core muscle activity during suspension exercises. *Journal of Science and Medicine in Sport,* 18(2), 189-194.

Nordsborg, N. B., Espinosa, H. G., & Thiel, D. V. (2014). Estimating energy expenditure during front crawl swimming using accelerometers. *Procedia Engineering,* 72, 132-137.

Orysiak J. (2014). Relationship between ACTN3 R577X polymorphism and physical abilities in polish athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 50(1), 303-308.

Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., González-Henriquez, J. J., Calbet, J. A. L. (2008). Role of muscle mass on sprint performance, gender differences. *European Journal of Applied Physiology,* 102(6), 685-694.

Pyne, D., & Sharp, R. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism,* 24(7), 351-359.

Richard, R. (2009). FINA ASEAN coach clinic. Swimming Association of Thailand.

Stamm, A., James, D., Burkett, B., Hagem, R., & Thiel, D. (2013). Determining maximum push-off velocity in swimming using accelerometers. *Procedia Engineering,* 60, 201-207.

Thibault, V., Guillaume, M., Berthelot, G., Helou, N. E., Schaal, K., Quinquis, L., Toussaint, J.-F. (2010). Women and men in sport performance: the gender gap has not evolved since 1983. *Journal of Sports Science and Medicine.* 9(2), 214-223.

Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine,* 37(12), 1089-1099.

Wu, B., & O'Sullivan, A. (2011). Sex differences in energy metabolism need to be considered with lifestyle modifications in humans. *Journal of Nutrition and Metabolism,* 2011, 1-6.

Whaley, M. H., Brubaker, P. H., Otto, R. M., & Armstrong, L. E. (2006). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* Philadelphia, Pa.: Lippincott Williams & Wilkins.

Yapici, A., Maden, B., & Findikoğlu., G. (2016). The effect of a 6-week land and resistance training of 13-16 years old swimmers groups to lower limb isokinetic strength values and to swimming performance. *Journal of Human Sciences,* 13(3), 5269-5281.

Zhu, Z., Chen, P., & Zhuang, J. (2013). Predicting Chinese children and youth's energy expenditure using ActiGraph accelerometers: a calibration and cross-validation study. *Research quarterly Exercise and Sport,* 84(2), 56-63.

Zimmer, A., Piecora, K., Schuster, D., & Webbe, F. (2013). Sport and team differences on baseline measures of sport-related concussion. *Journal of Athletic Training,* 48(5), 659-667.