การตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน ในการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร

RESPONSES OF CARDIORESPIRATORY AND ENERGY SYSTEMS IN THE 200-METER STAND-UP PADDLE

ธนัท เผือกจิตต์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

การตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน ในการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร

ธนัท เผือกจิตต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

RESPONSES OF CARDIORESPIRATORY AND ENERGY SYSTEMS IN THE 200-METER STAND-UP PADDLE

TANAT PHUKKJIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Sport and Exercise Science)

Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน

ในการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร

ของ

ธนัท เผือกจิตต์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาพิมนต์ ปริวัติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์)

ชื่อเรื่อง	การตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน ในการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร
ผู้วิจัย	ธนัท เผือกจิตต์
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ถนอมศักดิ์ เสนาคำ

การแข่งขันพายเรือแบบยืนพายต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อแบบทำซ้ำๆ และรวดเร็ว ซึ่งมีผลต่อการทำงานของระบบหัวใจ หายใจ และระบบพลังงาน ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของระบบดังกล่าวขณะพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 6 คน เป็นนักกีฬามหาวิทยาลัย ที่มีประสบการณ์ในการพายเรือแบบยืนพายเป็นระยะเวลา 1 ปี และเคยเข้าร่วมการแข่งขันพายเรือแบบยืนพาย กลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการทดสอบพายเรือแบบยืนพายอย่างเต็มความสามารถ ระยะทาง 200 เมตร บนเครื่องวัดงานในการพายเรือ ทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการพาย พร้อมทั้งบันทึกค่าตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา และชีวกลศาสตร์ ทุกๆ 50 เมตร และตลอดช่วง 200 เมตร ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ บอเฟอรอนี และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในระหว่างการพายเรือแบบยืนพาย อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที ปริมาณการใช้ออกซิเจน (ลิตร/นาที) การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และการมีส่วนร่วมของการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตต่อการใช้พลังงาน มีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 67.55%, 982.19%, 793.99%, 2,248.60% และ 28.56% ตามลำดับ ขณะที่การออกซิเดชันของไขมัน และการมีส่วนร่วมของการออกซิเดชันของไขมันต่อการใช้พลังงาน มีการลดลงเฉลี่ย 218.85% และ 24.67% ตามลำดับ ($p<0.01$ ทุกตัวแปร) นอกจากนี้ยังมีการลดลงของความเร็วในการพายในช่วง 50 เมตรสุดท้าย เมื่อเทียบกับช่วง 50 เมตรแรกของการพายเรือ ($p<0.05$) สรุปได้ว่า การพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ทำให้ระบบหัวใจ หายใจทำงานมากขึ้น และกระตุ้นการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาควรออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมให้สอดคล้องกับการตอบสนองดังกล่าว เพื่อพัฒนานักกีฬาไปสู่สมรรถภาพสูงสุด

คำสำคัญ : การพายเรือแบบยืนพาย, การตอบสนองทางสรีรวิทยา, ออกซิเดชันของสารพลังงาน, กีฬาทางน้ำ

Title	RESPONSES OF CARDIORESPIRATORY AND ENERGY SYSTEMS IN THE 200-METER STAND-UP PADDLE
Author	TANAT PHUKKJIT
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Tanormsak Senakham

The stand-up paddleboard competitions depend on repetitive and rapid muscle contractions, which affect the cardiorespiratory and energy systems. The objective of this research was to investigate the responses of these systems during stand-up paddling for 200 meters. The six participants were university athletes with one year of experience in stand-up paddling and participation in the stand-up paddleboard competitions. All participants performed the test consisting of stand-up paddling at maximal performance for 200 meters on a paddle ergometer. The time taken and the value of the physiological and biomechanical parameters were recorded at 50-meter intervals and throughout the 200 meters. The data were statistically analyzed using one-way analysis of variance with repeated measures, Bonferroni, and a statistical significance set at $p < 0.05$. The results from the data analysis showed that during stand-up paddling, the heart rate, minute ventilation, oxygen consumption (liters/minute), carbohydrate oxidation, and contribution of carbohydrate oxidation to energy expenditure increased by 67.55%, 982.19%, 793.99%, 2,248.60%, and 28.56%, respectively, while fat oxidation and its contribution to energy expenditure decreased by an average of 218.85% and 24.67%, respectively ($p<0.01$ for all parameters). Additionally, there was a decrease in paddle speed during the final 50 meters compared to the first 50 meters of paddling ($p<0.05$). In conclusion, stand-up paddling for the distance of 200 meters leads to an increased workload of the cardiorespiratory system and stimulates carbohydrate oxidation. Therefore, coaches and athletes should design training program to conform to these responses in order to develop athletes to reach their highest performance levels.

Keyword : Stand up paddle, Physiological responses, Energy substrate oxidation, Water sport

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก ได้ให้โอกาสในการทำวิจัย อีกทั้งยังให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ และแก้ไขการจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์จนมีความถูกต้องและสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นุชรี เสนาคำ ที่ได้ให้การสนับสนุน รวมทั้งให้คำแนะนำในการศึกษาตัวแปรด้านระบบพลังงาน การวิเคราะห์ตัวแปรในทุกๆ 50 เมตร และบันทึกเวลาในแต่ล่ะช่วงของการวิจัย ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้งานวิจัยน่าสนใจยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยแก้ไขและตรวจสอบให้เล่มปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณ นายภีมะ ธีรวัฒนพันธ์ ผู้ฝึกสอนสมาคมกีฬาแข่งเรือ (แคนู) คนพิการไทย ที่ให้การสนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์โดยการอนุญาตให้ลางานเพื่อเนินการเรื่องการสอบปากเปล่า

ขอขอบคุณ นางสาวคณิตา คุมสิงสัน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำการใช้งานอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลวิจัย

ขอขอบคุณ ดร.วทัญญู คำรส และนายปรีชา ธานี ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนดำเนินการในการส่งเอกสารให้กับบัณฑิตวิทยาลัย และการใช้งานระบบออนไลน์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยดูแล ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาในทุกๆ ด้าน และขอขอบคุณพี่สาว รวมถึงเพื่อนๆ ญาติพี่น้อง ที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาของการศึกษาและการทำปริญญานิพนธ์ จนปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่า ประโยชน์ และคุณงามความดีใดๆ ที่เกิดจากภาคนิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านดังที่กล่าวมาข้างต้น

ธนัท เผือกจิตต์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของงานวิจัย 3

ขอบเขตในการวิจัย 3

ประชากรในการวิจัย 3

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 3

ตัวแปรที่ศึกษา 3

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

สมมุติฐานในการวิจัย 5

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 6

1. การพายเรือแบบยืนพาย 6

1.1 ประวัติ 6

1.2 กฎ ระเบียบ และกติกาการแข่งขัน 7

2. ระบบพลังงาน 8

2.1 ระบบแอนแอโรบิค 9

2.2 ระบบแอโรบิค 9
2.3 วิธีวัดการใช้พลังงานของร่างกาย 9
3. การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 15
กำหนดประชากรและการเลือกสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง 15
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 15
กลุ่มตัวอย่าง 15
เกณฑ์การคัดเข้า 15
เกณฑ์การคัดออก 16
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 16
การเก็บรวบรวมข้อมูล 16
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 18
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 20
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 29
สรุปผลการวิจัย 29
อภิปรายผล 29
ข้อเสนอแนะ 31
บรรณานุกรม 32
ประวัติผู้เขียน 35

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 20

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาในระหว่างการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร 21

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในระหว่างการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร 26

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) 22

ภาพประกอบ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) 22

ภาพประกอบ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการหายใจเข้าออกใน 1 นาที (V_E) 23

ภาพประกอบ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนในลมหายใจ (RER) 24

ภาพประกอบ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (CHOox) 24

ภาพประกอบ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเผาผลาญไขมัน (FAT_{ox}) 25

ภาพประกอบ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนการเผลาผลาญคาร์โบไฮเดรต (%CHO) 25

ภาพประกอบ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนการเผลาผลาญไขมัน (%FAT) 26

ภาพประกอบ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลัง (Power) 27

ภาพประกอบ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรง (Force) 27

ภาพประกอบ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็ว (Speed) 28

ภาพประกอบ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการพาย (Stroke) 28

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การพายเรือแบบยืนพายเป็นกีฬาพายเรือแบบยืนบนผิวน้ำ โดยผู้เล่นจะใช้ไม้พายช่วยในการพายเพื่อเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในขณะที่กำลังยืนอยู่บนกระดานเซิร์ฟบอร์ด ต้นกำเนิดของกีฬานี้มาจากประเทศแถบมหาสมุทรแปซิฟิก ในภาษาฮาวายเรียกชื่อกีฬานี้ว่า Ku Hoe He'e Nalu แปลได้ว่า ยืน พาย กระดาน และคลื่น จุดเริ่มต้นเกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1960s เหล่าบีชบอยใน Waikiki จะทรงตัวบนลองบอร์ด และใช้ไม้พายในการพายออกจากหาดเพื่อถ่ายรูปให้เหล่านักท่องเที่ยวที่มาเรียนเซิร์ฟ จึงเป็นที่มาของคำว่า "Beach Boy Surfing" หรืออีกชื่อหนึ่งคือ "Stand Up Paddle Surfing" ต่อมาจึงกลายเป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึก และได้รับการพัฒนาสู่การแข่งขัน Stand Up Paddle ซึ่งมีชื่อย่อว่า SUP หรือ ซัพ รูปแบบต่างๆ อย่างเป็นทางการ(Paddle, 2010) โดยมีการแบ่งการแข่งขันออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะ Sprint 200 เมตร ระยะ Technical Race 5-8 กิโลเมตร และระยะ Long Distance Race 18-22 กิโลเมตร (สมาคมกีฬากระดานโต้คลื่นแห่งประเทศไทย, 2563; สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย, 2563) ซึ่งในกีฬาพายเรือแบบยืนพายการแข่งขันระยะ 200 เมตร ได้รับความนิยมและมีการจัดการแข่งขันมากที่สุด (สมาคมกีฬากระดานโต้คลื่นแห่งประเทศไทย, 2563; สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย, 2563) ทั้งการแข่งขันในระดับนานาชาติ เช่น 2022 ICF Stand Up Paddling (SUP) World Championships, 2023 ICF Stand Up Paddling (SUP) World Cup Agios Nikolaos เป็นต้น (Federation, 2023) และการแข่งขันภายในประเทศไทย เช่น การแข่งขันเรือพายชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ชิงถ้วยพระราชทานพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ประจำปี 2565 (สนาม3) กีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทยครั้งที่ 48 ดอกจานบ้านเชียงเกมส์ 2023 การแข่งขันเรือพายชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ชิงถ้วยพระราชทานพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ประจำปี 2566 (เก็บคะแนนสนามที่ 1) เป็นต้น (สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย, 2563)

จากการที่การพายเรือแบบยืนพายได้กลายมาเป็นกีฬาเพื่อการแข่งขัน การมีข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาในกีฬาชนิดนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาสามารถออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม และวางแผนการแข่งขันได้อย่างเหมาะสม ระบบหลักที่ทำงานขณะนักกีฬาทำการฝึกซ้อมและแข่งขัน ได้แก่ ระบบหัวใจ หายใจ และระบบพลังงาน การทำงานของระบบดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสมรรถนะในการพายเรือ และเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของนักกีฬาเรือพายอีกด้วย (ÁLVAREZ-YATES & GARCÍA-GARCÍA, 2021; Ho, Smith,

Chapman, Sinclair, & Funato, 2013; Michael, Rooney, & Smith, 2008; ถนอมศักดิ์, 2558) ซึ่งผลการวิจัยที่ผ่านมามีการสรุปว่า การพายเรือซึ่งใช้กล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายเป็นหลัก (Ruess et al., 2013) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นอย่างมาก ผลการวิจัยในกีฬาเรือมังกรพบด้วยว่า การพายแบบสปริ๊นท์ ระยะทาง 200 เมตร บนเครื่องวัดงานในการพายเรือ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 54 วินาที ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate: HR) เพิ่มขึ้น 75% และสัดส่วนการมีส่วนร่วมของระบบพลังงานแอโรบิกเพิ่มขึ้นประมาณ 10% เมื่อเทียบกับในช่วงพัก และปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption: VO_2) เพิ่มขึ้นเป็น 32.7 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที โดยกลุ่มตัวอย่างมีการพายด้วยความถี่ 74 สโตรก/นาที ใช้แรง 117 นิวตัน และพลัง 194 วัตต์ (Senakham et al., 2020) การศึกษาผลของความถี่ในการพายเรือมังกร 200 เมตร พบว่า การพายเรือมังกรบนเครื่องวัดงานในการพายเรือที่ความถี่ 50 สโตรก/นาที ทำให้ HR เพิ่มขึ้นเป็น 162 ครั้ง/นาที และค่า VO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 29.65 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ส่วนการพายที่ความถี่ 60 สโตรก/นาที ค่า HR และ VO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 171 ครั้ง/นาที และ 30.55 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ และที่ความถี่ 70 สโตรก/นาที ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 174 ครั้ง/นาที และ 31.44 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับ (นุจเรศ, 2561) นอกจากนี้ ผลการวิจัยในนักกีฬาเรือแคนูพบว่า ขณะพายเรือคยัคบนน้ำอย่างเต็มความสามารถ ระยะทาง 200 เมตร ค่า VO_2 อยู่ที่ประมาณ 2.5 ลิตร/นาที สัดส่วนการมีส่วนร่วมของระบบพลังงานแอโรบิก/ระบบพลังงานแอนแอโรบิกแลคติก และระบบพลังงานแอนแอโรบิกอะแลคติกอยู่ที่ประมาณ 0.64, 0.59 และ 0.35 กิโลวัตต์ ตามลำดับ (Zamparo, Capelli, & Guerrini, 1999)

ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการพายเรือแบบยืนพาย และการพายเรือชนิดนี้นอกจากจะใช้กล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายแล้ว ยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อขาร่วมด้วย เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายในระหว่างการพาย (Ruess, 2013) ซึ่งความแตกต่างของการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการพายเรือแต่ละชนิด เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน (Hagerman, Connors, Gault, Hagerman, & Polinski, 1978; Senakham et al., 2020; Zamparo et al., 1999) และส่งผลให้ไม่สามารถนำข้อมูลของการพายเรือชนิดอื่นมาใช้อธิบายการเปลี่ยนทางสรีรวิทยาของการพายเรือแบบยืนพายได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน ในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

เพื่อศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน ในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

ขอบเขตในการวิจัย

ประชากรในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ ผู้ที่มีประการณ์ในการพายเรือแบบยืนพายเป็นเวลา 1 ปี ที่เคยผ่านการแข่งขันพายเรือแบบยืนพาย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ที่มีประสบการณ์ในการพายเรือแบบยืนพายเป็นเวลา 1 ปี ที่เคยผ่านการแข่งขันพายเรือแบบยืนพาย และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ จำนวน 6 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

1.1 การพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

2. ตัวแปรตาม

2.1 ตัวแปรเกี่ยวกับระบบหัวใจและหายใจ

2.1.1 อัตราการเต้นของหัวใจ

2.1.2 ปริมาณการใช้ออกซิเจน

2.1.3 ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที

2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวกับระบบพลังงาน

2.2.1 อัตราการเผลาผลาญคาร์โบไฮเดรต

2.2.2 อัตราการเผาผลาญไขมัน

2.2.3 สัดส่วนการสลายคาร์โบไฮเดรต

2.2.4 สัดส่วนการสลายไขมัน

2.2.5 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนในลมหายใจ

2.3 ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์

2.3.1 เวลาที่ใช้ในการพายเรือ

2.3.2 พลัง

2.3.3 แรง

2.3.4 ความเร็วในการพายเรือ

2.3.5 ความถี่ในการพายเรือ

นิยามศัพท์เฉพาะ

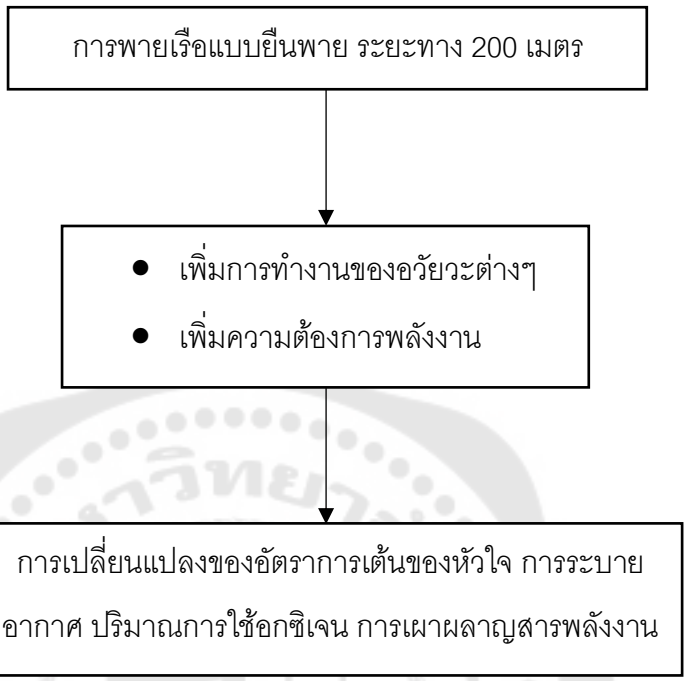
1. การพายเรือแบบยืนพาย (Paddle) หรือซัพ (SUP) หมายถึง กีฬาทางน้ำที่เกิดจากการเล่นเซิร์ฟที่มีรากฐานมาจากฮาวาย ยืนบนกระดานที่ลอยอยู่บนน้ำ และใช้ไม้พายเพื่อขับเคลื่อนผ่านน้ำ (Paddle, 2010)

2. อัตรการเต้นของหัวใจ (Hart rate) หมายถึงหมายถึงความเร็วของการบีบตัวของหัวใจในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ โดยทั่วไปนิยมใช้หน่วย "ครั้งต่อนาที" อัตราหัวใจเต้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับสรีรวิทยาของร่างกาย เช่นความต้องการออกซิเจน และการขับคาร์บอนไดออกไซด์ของร่างกาย สิ่งที่มีผลกับอัตราหัวใจเต้นได้แก่กิจกรรมของร่างกาย เช่น การออกกำลังกาย การนอนหลับ ความเจ็บป่วย การย่อยอาหาร และยาบางชนิด (Kittleson, 2017)

3. ปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) หมายถึง ปริมาณการใช้ออกซิเจนในการสันดาปเป็นพลังงานที่ส่งไปยังเซลล์ต่างๆ มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที หรือมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (Børsheim & Bahr, 2003)

4. ระบบพลังงาน (Energy system) หมายถึง ระบบชีวเคมีที่สร้างพลังงานให้กับระบบต่างๆ ในร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ เมื่อกล้ามเนื้อทำงานประกอบด้วย 3 ระบบ คือ ระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen system) ระบบแอนแอโรบิคกลัยโคไลสิส (Anaerobic Glycolysis) และระบบใช้ออกซิเจน (Oxidative) (Hochachka, 1985)

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

การพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ทำให้มีการตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงาน

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มรการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยข้อง และนำมาสรุปเป็นหัวข้อ ดังนี้

1. การพายเรือแบบยืนพาย (ซัพ)
    1.1 ประวัติ
    1.2 กฎ ระเบียบ และกติกาการแข่งขัน
2. ระบบพลังงาน
    2.1 ระบบแอนแอโรบิค
    2.2 ระบบแอโรบิค
    2.3 วิธีวัดการใช้พลังงานของร่างกาย
3. การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การพายเรือแบบยืนพาย

1.1 ประวัติ

กีฬาพายเรือแบบยืน (Stand-up paddle) หรือซับ (SUP) เป็นกิจกรรมทางน้ำและกีฬาที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศฮาวายในยุคโบราณ นักเดินเรือใช้พายในน้ำขณะที่ยืนทรงตัวบนกระดานโต้คลื่นเพื่อเดินทาง ประวัติล่าสุดของการพายเรือแบบยืนพายย้อนกลับไปในทศวรรษที่ 1960 เมื่อ Beach Boys (ครูสอนเล่นกระดานโต้คลื่น) บนชายหาด Waikiki ใช้กระดานโต้คลื่นและพายเรือแคนูเพื่อถ่ายภาพนักท่องเที่ยวที่กำลังหัดเล่นกระดานโต้คลื่น ซึ่งเป็นที่มาของคำว่า Beach Boy Surf เนื่องจากการยืนบนกระดานทำให้ผู้สอนสามารถมองเห็นได้ดีขึ้น และช่วยให้พวกเขาสามารถเตือนการมาถึงของคลื่นที่เข้ามาได้อย่างง่าย การอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าหมายความว่าพวกเขาสามารถมองเห็นคลื่นได้ก่อนนักโต้คลื่น เมื่อเวลาผ่านไปการออกแบบบอร์ดและแนวโน้มก็เปลี่ยนไป ไม้พายเป็นองค์ประกอบสำคัญ แต่สูญหายไปในประวัติศาสตร์ของการโต้คลื่น มีนักเล่นเซิร์ฟเพียงไม่กี่คนใน Waikiki ที่ยังคงใช้ไม้พาย แต่ส่วนใหญ่เลือนหายไป (International Organization Stand Up Paddle, 2010) ความแตกต่างอย่างหนึ่งระหว่างการเล่นกระดานโต้คลื่น และการพายเรือแบบยืนพายในปัจจุบัน คือ การการพายเรือแบบยืนพายไม่จำเป็นต้องใช้คลื่นในการฝึก การพายเรือแบบยืนพายสามารถฝึกพายได้ในทะเลเปิด ในท่าเรือ ทะเลสาบ แม่น้ำ หรือแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ข้อดีอย่างหนึ่งของการพายเรือแบบยืนพาย คือ มุมของ

การมองเห็น เนื่องจากความสูงและการยืนสองขาบนน้ำ จึงสามารถมองเห็นได้ทั้งด้านส่วนลึกของท้องทะเลและพื้นผิว ซึ่งนำไปสู่การมองเห็นลักษณะทางน้ำที่ดีขึ้น ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยวิธีอื่น (International Organization Stand Up Paddle, 2010)

1.2 กฎ ระเบียบ และกติกาการแข่งขัน

1.1.1 กติกาหลัก

ผู้แข่งขันจะต้องยืนอยู่บนกระดานตลอดเวลา ระยะเวลาการแข่งขัน จะมีข้อยกเว้นสำหรับช่วงเวลาของความเหนื่อยล้าหรือช่วงเตรียมตัว ซึ่งในกรณีนี้นักกีฬาอาจดำเนินการพายเรือได้ถึงห้าครั้งจังหวะคุกเข่าหรือนั่งบนกระดาน การละเมิดใดๆ จะทำให้ถูกตัดสิทธิ์ การแข่งขันในน้ำขณะที่ผู้เล่นผ่านจุดเริ่มหรือเข้าเส้นชัย ผู้เล่นจะต้องยืดบนบอร์ดเสมอ กรณีแข่งที่ชายหาด ขณะผู้เล่นจะต้องทำการวิ่งผ่านจุดเริ่มต้นหรือเส้นชัยเท่านั้น ในขณะแข่งขันการเคลื่อนที่ใช้ได้แค่พายคลื่นและลมเท่านั้น ตัวช่วยทุกชนิดไม่สามารถใช้ได้ที่เหมือนการแล่นเรือ หรือเสื้อผ้าที่ถือว่าใช้เป็นใบเรือได้ไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการพายในตลอดช่วงระยะเวลาการแข่งขัน ไม่อนุญาตให้พายเข้าหาคลื่นหรือใช้คลื่นที่เกิดบอร์ดของผู้เล่นอื่น ผู้เล่นต้องเว้นระยะห่างที่เหมาะสมจากบอร์ดทั้งหมด หากผู้เข้าแข่งขันทำการพายพื้นที่บนคลื่นเกิน 30 วินาที จะถูกตัดสิน ห้ามมิให้ใช้เครื่องมือหรืออิทธิพลอื่นใดที่สามารถตีความได้ว่าเป็นวิธีการช่วยเหลือเช่นเดียวกัน

1.1.2 กรณีพิเศษไวท์วอเตอร์

ไม่อนุญาตให้คุกเข่าขณะพาย ยกเว้นหลังจากตกบอร์ด ผู้แข่งขันจะได้รับอนุญาตให้นำบอร์ดกลับเข้าตำแหน่งได้ครั้งเดียว ในกรณีที่มีการละเมิด กรรมการการแข่งขันจะตัดสินว่าจะตัดสิทธิ์ผู้แข่งขันหรือเพียงแค่กำหนดโทษ

1.1.3 การดราฟ

การดราฟ หมายถึง การพายเรือเล่นในคลื่นของอีกคนหนึ่ง ผู้เข้าร่วมไม่ว่าจะอยู่ข้างหลังหรือข้างหลังของฝีพาย ความยาวบอร์ดมากกว่า 2 บอร์ด นานกว่า 10 วินาที และอนุญาตเฉพาะระหว่างผู้เข้าร่วมสองคนในคลาสการแข่งขันเดียวกัน ซึ่งหมายความว่าไม่อนุญาตให้ดราฟระหว่างผู้หญิงและผู้ชาย และในทางกลับกัน กรรมการการแข่งขันมีสิทธิ์ที่จะตัดสิทธิ์ใดๆ ผู้เข้าร่วมที่ละเมิดกฎนี้หรือกำหนดโทษ

1.1.4 การพายอย่างยุติธรรม

ควรใช้ความระมัดระวังทุกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฝีพายทำสิ่งใดๆ ที่อาจขัดขวางหรือเป็นอันตรายต่อผู้เข้าร่วมคนอื่นหรือเสี่ยงต่อการทำลายบอร์ดหรืออุปกรณ์อื่นๆ ไม่อนุญาตให้

เคาะและจงใจทำร้ายผู้อื่นในเส้นทางหรือเมื่อเลี้ยว ในกรณีของเหตุการณ์ดังกล่าวจะอยู่ในอำนาจของทิศทางการแข่งขันเพื่อตัดสิทธิ์ผู้เข้าร่วมหรือกำหนดโทษ

1.1.5 กำหนดโซนอาบน้ำ และเขตอนุรักษ์ธรรมชาติ

ธรรมชาติ เขตสงวนและ/หรือโซนอาบน้ำที่กำหนด (ทำเครื่องหมายด้วยทุ่น) กำหนดไว้อย่างชัดเจน พื้นที่เหล่านี้ไม่สามารถเข้าหรือผ่านได้ ในทางใดทางหนึ่ง การละเมิดใดๆ จะส่งผลให้ถูกตัดสิทธิ์

1.1.6 ปฏิบัติตามคำแนะนำ

ต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของทิศทางการแข่งขันอย่างเคร่งครัด เมื่อพายเรือไปตามเส้นทางเดินเรือและใต้สะพาน การแข่งขัน ทิศทางมีอำนาจในการตัดสิทธิ์ผู้เข้าร่วมที่ละเมิดกฎหรือกำหนดโทษ

1.1.7 การลงทะเบียน

การลงทะเบียนจะต้องไม่ช้ากว่า 30 นาที ก่อนเริ่ม การประชุมการแข่งขันบังคับการลงทะเบียนใดๆ ในภายหลังจะต้องได้รับการอนุมัติจากกรรมการการแข่งขัน เงื่อนไขอื่นๆ ตามที่ระบุไว้ในประกาศกิจกรรมจะมีผลบังคับใช้

1.1.8 การประชุม

ผู้เข้าร่วมการแข่งขันทุกคนต้องเข้าประชุม (การประชุมของกัปตัน) การลงทะเบียนการแข่งขันเท่ากับยอมรับกฎการแข่งขัน

2. ระบบพลังงาน

พลังงานที่สำคัญสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate) หรือเอทีพี (ATP) ซึ่งมีอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อในปริมาณจำกัด ร่างกายจึงต้องสังเคราะห์ เอทีพีขึ้นมาใหม่ตลอดระยะเวลาของการพายเรือ โดยใช้กระบวนการสลายสารพลังงานที่สะสมอยู่ภายในร่างกาย ได้แก่ ครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine phosphate) หรือซีพี (CP) ซึ่งเป็นสารที่ให้พลังงานสูงคล้ายกับเอทีพี จึงสามารถสังเคราะห์เอทีพีขึ้นใหม่ได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน และไม่ทำให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) จึงเรียกวิธีการสังเคราะห์เอทีพีนี้ว่า Anaerobic lactic อย่างไรก็ตาม ซีพีสามารถสังเคราะห์ ATP ได้เพียงประมาณ 20 วินาที ร่างกายจึงต้องสลาย สลายสารพลังงานชนิดอื่น โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตและไขมัน สำหรับการสลายคาร์โบไฮเดรตนั้น ร่างกายสามารถทำงานได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน การสลายคาร์โบไฮเดรตในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือแอนแอโรบิก (Anaerobic energy system) แม้ว่าจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของการสังเคราะห์เอทีพีในช่วงออกตัวและช่วงเข้าเส้นชัยของ

การแข่งขัน แต่ระบบนี้ทำให้เกิดการสะสมของสารหลายชนิดภายในเซลล์กล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกรดแลคติก ไฮโดรเจนไอออน และฟอสเฟต ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ร่างกายจึงเปลี่ยนไปใช้วิธีการสลายสารพลังงานโดยระบบที่อาศัยออกซิเจนหรือแอโรบิก (Aerobic energy system) ซึ่งสามารถสลายได้ทั้งคาร์โบไฮเดรตและไขมัน และทำให้มีการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการสังเคราะห์เอทีพีโดยระบบอื่น อย่างไรก็ตาม ร่างกายจะสามารถใช้ระบบแอโรบิกได้เมื่อออกกำลังกายผ่านไปแล้วประมาณ 2 – 3 นาที (ถนอมศักดิ์, 2559)

2.1 ระบบแอนแอโรบิค

เป็นระบบที่ใช้กลัยโคเจน (คาร์โบไฮเดรต) สร้างเป็นพลังงานจากกล้ามเนื้อโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นสารที่ให้พลังงานได้ไม่เกิน 2-3 นาที กลัยโคเจนที่ผ่านกระบวนการสลายคาร์โบไฮเดรตโดยไม่ใช้ออกซิเจนนั้น ทำให้เกิดของเสียที่เป็นกรดอยู่ในกล้ามเนื้อ คือ แลคเตท เมื่อผ่านกระบวนการจะถูกแปลงไปเป็นกลูโคสโดยเอนไซม์ในตับ (รุ่งชัย, 2563)

2.2 ระบบแอโรบิค

เป็นระบบการสร้างพลังงานโดยมีออกซิเจนเป็นตัวสันดาปในการสร้างพลังงานโดยมีสารตั้งต้นจากหลายแหล่งมาสันดาปเป็น ATP เช่น ถ้าสันดาปด้วยกลัยโคเจนจะเรียกว่า Oxidative glycolysis ใช้ไขมันก็เรียกว่า Oxidative lipolysis การสร้างพลังงานด้วยใช้ออกซิเจนนั้นมีของเสียจากกระบวนการสันดาปคือปริมาณความร้อนในขณะที่เกิดกระบวนการควบคู่ไปด้วย หากไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายจะภาวะผิดปกติ (รุ่งชัย, 2563)

2.3 วิธีวัดการใช้พลังงานของร่างกาย

วิธีวัดการใช้พลังงานของร่างสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วัดโดยตรง และวัดโดยอ้อม การวัดพลังงานหรือแคลอรี่โดยตรง (Direct calorimeter) คือการวัดความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมีการทำงาน ถึงแม้ว่าร่างกายจะเคลื่อนไหวหรือไม่ก็ตาม วิธีการทดสอบโดยมากเป็นห้องปิดสนิทที่เรียกว่า แคลอรีมิเตอร์วัดการหายใจ (Respiration calorimeter) ซึ่งห้องนั้นมีผนัง 2 ชั้น ผนังชั้นในระบายความร้อนได้สะดวกระหว่างผนังทั้ง 2 ชั้น ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นในขณะไหลผ่านท่อ และปริมาณน้ำที่เกิดจากการระเหย มีระบบท่อน้ำไหลผ่านเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นและปริมาณน้ำที่ระเหยไป ทำการคำนวณความร้อนหรือพลังงานที่เกิดจากการทำงานของร่างกาย ในขณะทดลองนั้นความร้อนที่ออกจากร่างกายหรือพลังงานที่ใช้ไป = ปริมาณน้ำหน่วยเป็นกรัม × อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Wildman and Miller, 2004)

การวัดพลังงานหรือแคลอรีทางอ้อม (Indirect calorimeter) โดยใช้เครื่องมือสำหรับการหายใจซึ่งเคลื่อนย้ายได้สะดวก แล้ววัดปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้ขณะพักผ่อนหรือเมื่อกำลังทำงาน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขับออกมา (Wardlaw, Hampl and Disilvestro, 2004)

3. การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยทางด้านสรีรวิทยาขณะพายเรือแบบยืนพายที่มีการตีพิมพ์ในปัจจุบันมี จำนวน 6 การวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

งานวิจัยที่ 1 ทำการศึกษาในนักกีฬาพายเรือแบบยืนพาย 5 คน เป็นผู้เล่นมือใหม่ 3 คน และผู้เล่นที่เชี่ยวชาญ 2 คน ทำการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาขณะพายเรือโดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) จำนวน 16 จุด ที่ความเร็วการพายที่แตกต่างกัน โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อลำตัวสามารถทำงานได้สอดคล้องกัน ขณะที่ความเร็วในการพายแตกต่างกัน และในขณะที่การพายแบบยืนพายนั้นใช้กล้ามเนื้อแขนในการพาย แต่กล้ามเนื้อลำตัวและขาก็มีการทำงานอยู่ตลอดเพื่อรักษาสมดุลในการพาย (Ruess et al., 2013)

งานวิจัยที่ 2 ทำการศึกษาในผู้ชาย จำนวน 68 คน ทำการทดสอบในน้ำและเครื่องวัดงานในการพายเรือ (Ergometer) การทดสอบกับเครื่องวัดงานนั้นมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจตลอดการทดสอบและทดสอบการทรงตัวก่อนและหลังทำการทดสอบ (ในน้ำและเครื่องวัดงาน) โดยใช้การทดสอบกระโดดขาเดียวบนเครื่อง Win pod ผลการทดสอบการทรงตัวแม้ว่าจะมีผู้เข้าร่วมจำนวนไม่มากนัก แต่แสดงให้เห็นว่าหลังจากการทดลองเครื่องวัดงานความเสถียรที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เกิดขึ้นในขณะที่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวส่วนหน้าของเท้าขวาหลังจากการทดลองในน้ำเท่านั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เล่นมือใหม่เริ่มคงอยู่ในโซนแอโรบิกซึ่งทำให้การพายเรือแบบยืนพายเหมาะสำหรับการฝึกความอดทน (Ruess et al., 2013)

งานวิจัยที่ 3 ทำการศึกษาในผู้ชายและผู้หญิงที่เล่นกีฬาพายเรือแบบยืนพาย จำนวน 24 คน โดยทำการทดสอบในห้องทดลองเพื่อประเมินอัตรการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจนเมื่อเพิ่มความหนักขึ้น 3 ระดับ บนเครื่องวัดงานแบบยืนพาย สรุปจากข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะบอร์ดและลักษณะอทุกพลศาสตร์นั้นมีผลต่อความเร็วในการยืนพาย ความต้องการพลังของการพายเรือแบบยืนพายนั้นเทียบได้การพายเรือกรรเชียงที่ความหนักระดับปานกลาง เรือคยัค

เรือแคนู และการว่ายน้ำในระดับความหนักสูง ทำให้ยืนยันได้ว่าการพายเรือแบบยืนพายเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีประสิทธิภาพ (Wileyet al., 2013)

งานวิจัยที่ 4 ทำการศึกษาด้านสรีรวิทยาและจิตวิทยาในผู้ที่มีกิจกรรมทางกายต่ำ จำนวน 13 คน ชาย 9 คน หญิง 4 คน โดยทำการทดสอบก่อนเข้าโปรแกรมควบคุม หลังจากทำการควบคุมทำการทดสอบก่อนการฝึกพายเรือแบบยืนพาย ทำการฝึกพายเรือแบบยืนพาย เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันในช่วงก่อนและหลังการเข้าโปรแกรมควบคุมในด้านสรีรวิทยาและจิตวิทยา มีการพัฒนาของระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและด้านจิตใจหลังจากฝึก 6 สัปดาห์ ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นประโยชน์ของการฝึกพายเรือแบบยืนพายที่มีต่อด้านสรีรวิทยาและด้านจิตใจ (Schram et al., 2017)

งานวิจัยที่ 5 ทำการศึกษาในนักกีฬาพายเรือแบบยืนพายชั้นเลิศ จำนวน 10 คน โดยเปรียบเทียบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยเครื่องวัดงาน ในห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบกับนักกีฬาทางน้ำอื่นๆ การทดสอบภาคสนามทำการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ซแบบพกพา และทำการวัดความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบทั้ง 2 แบบ ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ซแบบพกพาในภาคสนาม เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์เชิงบวกกัน ผลการทดสอบไม่มีความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงพลังแอโรบิกสูงสุดของนักกีฬาพายเรือแบบยืนพาย สามารถทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ด้วยห้องทดลองที่มีความสัมพันธ์สูงกับการทดสอบภาคสนาม เครื่องวิเคราะห์แก๊ซภาพสนามมีแนวโน้มที่จะวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ นักกีพายเรือแบบยืนพายชั้นเลิศแสดงผลอัตราการใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกับกีฬาทางน้ำอื่น คือ เซริฟ เรือมังกร และเรือแคนู (Schram et al., 2016)

งานวิจัยที่ 6 ทำการศึกษาในนักเล่นกระดานโต้คลื่นแบบยืนพาย อายุ 43 ปี โดยทำการบันทึกชีพจรในขณะที่ทำการโต้คลื่นแบบยืนพายเป็นเวลา 14.9 ชั่วโมง ในการโต้คลื่น 10 ครั้ง ขณะที่ทำการเชื่อมต่อกับวิดีโอที่ติดอยู่กับบอร์ด เพื่อให้สามารถเห็นการโต้คลื่นที่ต่างกัน และอากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อความหนักของการออกกำลังกาย ผลการทดลองระบุว่าชีพจรขณะโต้คลื่นด้วยแบบยืนพายสูงกว่า 70% ของชีพจรสูงสุดในช่วง 85% ของแต่ล่ะครั้ง ด้วยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในขณะที่ตกจากกระดานและขณะพายเรือชีพจรขึ้นสูง ใช้เวลาโต้คลื่นน้อยกว่า 5% โดยส่วนใหญ่ใช้เวลาในการเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการ ความเร็วลมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับชีพ

จร และความสูงของคลื่นมีความสัมพันธ์ทางลบกับความถี่ในการจับคลื่น ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเมื่อโต้คลื่นแบบยืนพาย เมื่อกำลังขี่คลื่น พายกลับไปที่จุดสูงและการตกบอร์ดนั้นมีแนวโน้มถึงการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดเป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมอาจมีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาในขณะที่โต้คลื่นแบบยืนพาย (Suari et al., 2018)

การวิจัยในด้านระบบพลังงานที่มีการตีพิมพ์ในปัจจุบันมี จำนวน 3 การวิจัย ดังนี้

งานวิจัยที่ 1 นำเสนอข้อมูลของกิจกรรมทางกายที่ทำการปรับปรุง ซึ่งมีการเข้ารหัสแต่ละกิจกรรมทางกายตามการจำแนกกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจงกับอัตราการใช้พลังงาน เพื่อทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยใช้รายงานตนเองของกิจกรรมทางกาย การเข้ารหัสที่อธิบายจากกิจกรรมหลัก เช่น อาชีพ การขนส่ง เป็นต้น และกิจกรรมเฉพาะที่ความเข้มข้นซึ่งกำหนดเป็นอัตราส่วนในการใช้พลังงานกับค่ามาตราฐานปริมาณความต้องการออกซิเจน (MET) ความต้องการพลังงานของปริมาณความต้องการออกซิเจนต่อนาที ต่อชั่วโมง หรือแคลลอรี่ต่อน้ำหนัก (Ainsworth et al., 2000)

งานวิจัยที่ 2 ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ที่เล่นกีฬาพายเรือแบบยืนพายเพื่อนันทนาการ จำนวน 10 คน ผู้ชาย 8 คน ผู้หญิง 2 คน ทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสูด (Peak oxygen consumption; VO2peak) ระหว่างการทดสอบในห้องทดลองกับการทดสอบภาคสนาม (5 นาที ที่ 10 ,20 และ 30 สโตรก/นาที) โดยทำการศึกษาการใช้พลังงาน Metabolic equivalents (METs) ชีพจร และระดับความรู้สึกเหนื่อย (Rating of perceived exertion: RPE) ผลจากการทดลองพบว่า การพายเรือแบบยืนพายอาจเข้าข่ายคำแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายใหม่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาสมรรถภาพของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด หากเล่นกีฬาพายเรือแบบยืนพายเป็นประจำในกลุ่มของวัยรุ่นและผู้ใหญ่ที่สุขภาพดี (Willmott et al, 2020)

งานวิจัยที่ 3 ทำการศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจ การตอบสนองพลังงานในการพายเรือแบบยืนพายในผู้พายเรือแบบยืนพายเพื่อนันทนาการ จำนวน 16 คน ผ่านการทดสอบสามครั้งที่ RPE ระดับ 11, 13, และ 15 พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 67% และ 89% ของอายุปริมาณอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และค่าใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 9.00 และ 13.9 กิโลแคลอรี/นาที ขึ้นอยู่กับระดับ RPE ของผู้เล่น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพายเรือแบบยืนพายเป็นไปตามแนวทางอเมริกันวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาสำหรับองค์ประกอบของร่างกายในทิศทางที่ดี และการปรับปรุงความอดทนของระบบหัวใจ (Andres, 2016)

การวิจัยในด้านระบบพลังงานที่มีการตีพิมพ์ในปัจจุบันมี 2 การวิจัยที่ได้ศึกษาในเรื่องสรีระวิทยาของเรือมักร กรรเชียง คยัค และแคนู มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

งานวิจัยที่ 1 ทำการศึกษาอัตราการออกซิเดชั่นของไขมันที่สูงขึ้นระหว่างการพายเรือเมื่อเทียบกับการขี่จักรยานบนเครื่องวัดงาน ออกกำลังกายในช่วงความเข้มข้นของการออกกำลังกายในความสัมพันธ์ของการการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมัน การใช้พลังงานในระหว่างการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ประเภท และมวลกล้ามเนื้อที่ใช้ การศึกษานี้เปรียบเทียบระหว่างการออกกำลังการที่ไม่มีการแบกน้ำหนัก รูปแบบการออกกำลังกาย ได้แก่ การขี่จักรยาน และการพายเรือ กลุ่มตัวอย่างชาย 13 คน ผ่านการทดสอบการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น (ขั้นตอน 3 นาที) เพื่อความอ่อนเพลีย แยกโอกาสในรอบการเบรกด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (CYC) Ergometer และ Air-braked rowing (ROW) ergometer ตามลำดับ ในอีกสองครั้งผู้เข้าร่วม ทำการแข่งขันออกกำลังกายแบบคงที่ 20 นาที ที่ ~50% VO_2 พูดในรูปแบบที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม การใช้ออกซิเจนที่คล้ายกันอัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (FATox) สูงขึ้น ~45% ระหว่างการพายเรือบนเครื่องวัดงานเมื่อเทียบกับการปั่นจักรยาน การพายเรือด้วยเครื่องวัดงานกว่าจักรยาน (57.8 ± 2.1 เทียบกับ 42.1 ± 3.6% VO2peak, $P < 0.05$) ในระหว่างการออกกำลังกายที่ต่ำกว่าจุดสูงสุดในสภาวะคงที่จะยิ่งสูงขึ้น การเผาผลาญไขมัน ระหว่างการพายเรือวัดงาน เมื่อเทียบกับ จักรยาน ได้รับการรักษา ($P < 0.05$) แต่อัตราการเผาผลาญไขมันสัมบูรณ์เท่ากับ 42% (จักรยาน) และ 28% (การพายเรือด้วยเครื่องวัดงาน) ต่ำกว่า ระหว่างการออกกำลังกายแบบเพิ่มหน่วย เผาผลาญไขมัน คือ สูงขึ้นในระหว่างการพายเรือด้วยเครื่องวัดงาน เมื่อเทียบกับการออกกำลังกายจักรยาน ความเข้มข้นของการออกกำลังกายหลายช่วงที่สอดคล้องกับการใช้พลังงาน และน่าจะเป็นผลมาจากกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้นในขณะที่พายเรือ (Egan et al., 2016)

งานวิจัยที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ และประสิทธิภาพในระหว่างการทดสอบทั้งในและนอกน้ำ ในนักกีฬาพายเรือแคนู - คยัคที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี วิธีการ: นักกีฬาสามสิบคน (นักพายเรือคยัค 19 คน และนักพายเรือแคนู 11 คน) ทำการทดสอบเพิ่มขึ้นสูงสุดบนเครื่องวัดงานของเรือแคนูหรือเรือคยัคเพื่อหาค่า VO_2max และการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังขับสูงสุด (PPO) กับพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยา นักกีฬากลุ่มหนึ่งจาก 21 คน ได้ทำการทดลองเวลาบนน้ำ 200 เมตร และ 500 เมตร (สำหรับผู้หญิง) หรือ 1,000 เมตร (สำหรับผู้ชาย) จอภาพสเปกโทรสโกปีใกล้อินฟราเรดถูกวางไว้ที่ Latissimus dorsi (LD), Biceps brachii (Kaufman & Hibbert) และ Vastus lateralis (VL) ใน

ระหว่างการทดสอบทั้งหมดเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงความอิ่มตัวของ O_2 ของกล้ามเนื้อ (SmO_2) และความเข้มข้นของ Deoxyhemoglobin ([HHb]) การแยกออกซิเจน O_2 ขั้นต่ำ (SmO_2min) และการสกัด O_2 สูงสุด (Δ [HHb]) ถูกคำนวณสำหรับทุกวิชา ผลลัพธ์: PPO มีความสัมพันธ์อย่างมากกับ VO_2max (R = 0.9) แต่ก็มีความสัมพันธ์กันอย่างมากระหว่าง PPO และทั้ง SmO_2min และ Δ [HHb] ใน LD (R = -0.5, R = 0.6) และ VL (R = - 0.6, R = 0.6, p ทั้งหมด <0.05) การถดถอยพหุคูณแสดงให้เห็นว่า 90% ของความแปรปรวนในประสิทธิภาพ 200 เมตร ถูกอธิบายโดยทั้ง Δ [HHb] และ SmO_2min ในกล้ามเนื้อทั้งสามรวมกัน (P <0.01) และ 71% ของความแปรปรวนในประสิทธิภาพ 500- / 1000-m คือ อธิบายโดย Δ [HHb] ในกล้ามเนื้อทั้งสาม (P <0.01) สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าการสกัด O_2 เป็นตัวทำนายประสิทธิภาพที่ดีกว่า VO_2max ในเรือแคนู - คยัคแบบ Sprint ผลลัพธ์เหล่านี้เน้นถึงความสำคัญของการปรับตัวอุปกรณ์ต่อพ่วงทั้งในเหตุการณ์ระยะสั้นและระยะยาว และเน้นย้ำถึงความเกี่ยวข้องของการเพิ่มการวัดออกซิเจนของกล้ามเนื้อในระหว่างการทดสอบและการแข่งเรือแคนู – คยัค (Paquette et al., 2018)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดประชากรและการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

กำหนดประชากรและการเลือกสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ที่เป็นนักกีฬาพายเรือแบบยืนพายของสมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย และชมรมเรือพายมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power version 3.1.9.4 โดยเลือก Test family เป็น F tests เลือก Statistical test เป็น ANOVA: Repeated measures, within factors และกำหนดค่า Alpha error probability = 0.05 ค่า Power = 0.8 และค่า Effect size = 0.45 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่า EF ของตัวแปรที่ทำการวัดขณะพายซัพในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Castañeda-Babarro, Santos-Concejero, Viribay, Gutiérrez-Santamaría, & Mielgo-Ayuso, 2020) ได้แก่ VO_2 (EF = 0.43) สัดส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณออกซิเจนในลมหายใจ (Respiratory exchange ratio: , EF = 0.48) HR (EF = 0.58) ระดับแลคแตทในเลือด (EF = 0.49) และความรู้สึกเหนื่อยสัมพัทธ์ (Rating of perceived exertion: RPE, EF = 0.29) ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม G*power พบว่า ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้อย่างน้อย 5 คน กลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องลงชื่อในหนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย (Informed consent form) หลังจากได้ทราบรายละเอียดของการวิจัยจากผู้วิจัย และต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออกที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

เกณฑ์การคัดเข้า

1. เป็นเพศชาย
2. อายุ 18-25 ปี
3. มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมพายเรือแบบยืนพายอย่างน้อย 5 ครั้ง/สัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน

4. ไม่มีอาการบาดเจ็บ หรือป่วยด้วยโรคใดๆ

เกณฑ์การคัดออก

มีภาวะที่เป็นข้อห้ามสำหรับการทดสอบ ตามแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical activity readiness questionnaires: PAR-Q)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์แก๊ซ (COSMED K5, Italy)
2. จักรยานวัดงาน (Wattbike Pro, United Kingdom)
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Garmin HRM-Dual 010-12883-00 , Switzerland)
4. เครื่องวัดงานในการพายเรือ (Weba Sport, Austria)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (TANITA UM-073, Japan)
6. เครื่องวัดความดันโลหิต (Omron HEM-7130, Japan)
7. ที่วัดส่วนสูง (Meterex II D97, Denmark)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้มีการดำเนินการหลังจากได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขรับรอง SWUEC/E/G-341/2564 ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยการประเมินร่างกายและทดสอบสมรรถภาพพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง และการทดสอบพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ดังนี้

การประเมินร่างกายและทดสอบสมรรถภาพพื้นฐาน

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย การชั่งน้ำหนักตัวด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล โดยให้กลุ่มตัวอย่างสวมเสื้อผ้าที่ใช้สำหรับการฝึกซ้อมเป็นประจำและงดสวมรองเท้าและถุงเท้า การวัดส่วนสูงด้วยที่วัดชนิดแขวน โดยให้กลุ่มตัวอย่างงดสวมรองเท้าและถุงเท้า และผู้วิจัยทำการวัดขณะกลุ่มตัวอย่างยืนยืดตัว หน้าตรง และแกนกลางของลำตัวตรงและสัมผัสกับเครื่องวัดในแนวดิ่ง การคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index: BMI) โดยใช้น้ำหนักตัว (หน่วยเป็นกิโลกรัม) หารด้วยค่ายกกำลังสองของส่วนสูง (หน่วยเป็นเมตร) การวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate: HR) ขณะพักด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ โดยมีวิธีการวัด คือ ให้กลุ่มตัวอย่างพักในท่านอนหงายเป็นเวลา 10 นาที แล้ว

ผู้วิจัยวัดความดันโลหิตที่บริเวณแขนท่อนบนด้านขวาของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ครั้ง การวัดแต่ละครั้งมีระยะห่างกัน 1 นาที แล้วนำค่าความดันโลหิตและ HR ที่ได้จากการวัดครั้งที่ 2 และ 3 มาหาค่าเฉลี่ย

หลังจากประเมินน้ำหนักตัว ส่วนสูง BMI และความดันโลหิต และ HR ขณะพัก กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบเพื่อประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen consumption: VO_{2max}) โดยการปั่นจักรยานวัดงานด้วยโปรแกรม Submaximal Ramp Test ซึ่งเริ่มด้วยการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบ 50-60 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้นจึงปั่นที่ 100 วัตต์ และเพิ่มค่าวัตต์ขึ้น 15 วัตต์ ทุกๆ 1 นาที จนกลุ่มตัวอย่างมีสภาวะ 2 ใน 3 ข้อดังต่อไปนี้จึงยุติการทดสอบ (1) ค่า HR อยู่ที่ 85% ของ HR สูงสุดที่คำนวณโดย 220 – อายุเป็นปี (2) ค่า RPE ของ Borg 1-10 scale อยู่ที่ระดับ 7 และ (3) กลุ่มตัวอย่างหมดแรงไม่สามารถรักษาความเร็วรอบในการปั่นจักรยานไว้ได้ ผู้วิจัยทำการประเมิน HR โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายไว้ที่หน้าอกของกลุ่มตัวอย่าง และโปรแกรมที่ติดตั้งไว้กับจักรยานวัดงานจะทำการประมวลผล และวิเคราะห์ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate: HR_{max}) พร้อมทั้งคำนวณค่า VO_{2peak} ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน

การทดสอบพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และประเมินค่า VO_{2peak} อย่างน้อย 5 วัน กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร เริ่มจากการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว และการพายเรือแบบยืนบนเครื่องวัดงานในการพายเรือซึ่งอยู่ใน Canoe mode เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้น กลุ่มตัวอย่างอยู่ในท่าเตรียมพร้อมสำหรับการพายเรือ และทำการพายอย่างเต็มความสามารถภายหลังการได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย เมื่อทำการพายครบระยะ 200 เมตร แล้วกลุ่มตัวอย่างทำการคลายอุ่นร่างกายได้ตามความต้องการ

ผู้วิจัยทำการบันทึกระยะเวลาที่กลุ่มตัวอย่างใช้ในการพายซัพ ระยะทาง 200 เมตร และบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการพายทุกๆ 50 เมตร (ช่วง 0-50 เมตร 50-100 เมตร 100-150 เมตร และ 150-200 เมตร) รวมทั้งทำการประเมิน HR, VO_2, VCO_2, VE, และ RER ขณะพักก่อนการอบอุ่นร่างกาย ทุกๆ 50 เมตร ในระหว่างการพาย และตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ผู้วิจัยนำค่าเฉลี่ยของ HR และ VO_2 ตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับค่า HR_{max} และ VO_{2peak} ที่ได้ในขั้นตอนก่อนการทดสอบ ตามลำดับ และนำค่าเฉลี่ยของ VO_2, VCO_2 และ RER ขณะพักก่อนการอบอุ่นร่างกาย ทุกๆ 50 เมตร ในระหว่างการพาย และตลอด

ระยะทางในการพาย 200 เมตร ไปใช้ในการคำนวณค่า CHO_{ox}, FAT_{ox} และสัดส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (%CHO) และไขมัน (%FAT) โดยใช้สูตรตามที่ปรากฏในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Li et al, 2020)

CHO_{ox} (กรัม/นาที) = 4.585 × VCO_2 (ลิตร/นาที) – 3.226 × VO_2 (ลิตร/นาที)

FAT_{ox} (กรัม/นาที) = 1.695 × VO_2 (ลิตร/นาที) – 1.701 × VCO_2 (ลิตร/นาที)

% CHO = [(RER – 0.71) ÷ 0.29] × 100

% FAT = [(1 – RER) ÷ 0.29] × 100

ทั้งนี้ ผู้วิจัยทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัด HR และให้กลุ่มตัวอย่างสวมหน้ากากที่ต่อกับเครื่องวิเคราะห์แก๊ส ซึ่งได้ทำการปรับค่าให้เป็นมาตรฐาน (Calibration) ก่อนการทดสอบทุกครั้ง นอกจากนี้ยังทำการบันทึกค่าเฉลี่ยของพลัง แรง ความเร็ว และความถี่ในการพายทุกๆ 50 เมตร พร้อมทั้งบันทึกค่าเฉลี่ยตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ของตัวแปรดังกล่าว

เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีสภาพร่างกายที่พร้อมสำหรับการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างงดทำกิจกรรมที่ใช้ความหนักสูง งดอาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและแอลกอฮอล์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ นอนหลับพักผ่อนอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ในคืนก่อนการทดสอบ บริโภคอาหารที่ย่อยง่ายก่อนการทดสอบ 2-3 ชั่วโมง และมาถึงสถานที่ทดสอบในเวลา 9.00 น.

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ในการวิจัยครั้งนี้มีการรายงานเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 22 (IBM, USA) ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า HR, VO_2, V_E, RER, CHO_{ox}, FAT_{ox}, %CHO, %FAT, พลัง แรง ความเร็ว และความถี่ในการพายในช่วง 0-50 เมตร 50-100 เมตร 100-150 เมตร และ 150-200 เมตร โดยใช้สถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures ร่วมกับการใช้สถิติ Bonferoni ในการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่ นอกจากนี้มีการเปรียบเทียบค่าตัวแปรทางสรีรวิทยาระหว่างขณะพักกับในช่วงของการพาย 200

เมตร และเปรียบเทียบค่า %CHO, %FAT ระหว่างช่วงระยะทางเดียวกัน โดยใช้สถิติ Paired samples t-test โดยกำหนดความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างมาเข้าร่วมทำการทดสอบ จำนวน 6 คน ดังนั้น ค่าของตัวแปรต่างๆ ในผลการวิจัยจึงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวนดังกล่าว โดยแบ่งการรายงานผลออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและแข่งขันพายซัพเป็นระยะเวลาเฉลี่ย 1 ปี และมีคุณลักษณะทั่วไปรวมทั้งสมรรถภาพทางกาย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	22.50	4.18
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	82.00	23.31
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	175.66	9.68
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	26.28	5.45
ความดันซิสโตลิกขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)	121.00	10.03
ความดันไดแอสโตลิกขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)	74.66	7.99
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	72.66	6.37
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ลิตร/นาที)	1.77	0.60
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	44.10	10.86

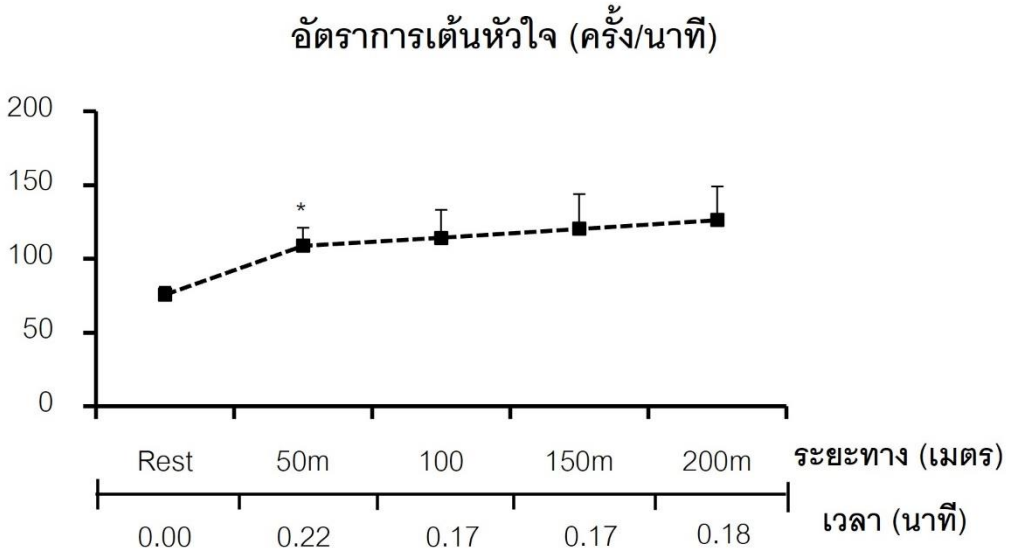
ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาในระหว่างการพายซัพ ระยะทาง 200 เมตร เป็นดังที่แสดงในตารางที่ 2 และพบว่าในระหว่างการพายซัพ ค่าเฉลี่ยของ HR อยู่ที่ 65.00% ของ HR_{max} และค่าเฉลี่ยของ VO_2 อยู่ที่ 62.50% ของ VO_{2peak}

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางด้านสรีระวิทยาในระหว่างการพายเรือแบบยืนพายระยะทาง 200 เมตร

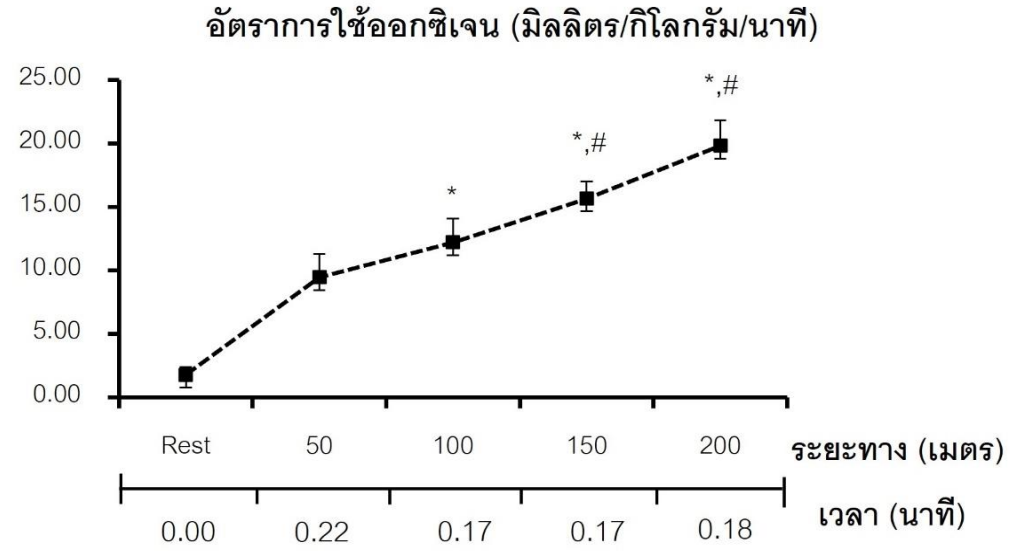
ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวแปรด้านสรีรวิทยา		
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	126.16	17.72
ปริมาณการใช้ออกซิเจน (ลิตร/นาที)	1.24	0.06
ปริมาณการใช้ออกซิเจน (มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที)	15.70	0.06
อัตราการหายใจเข้าออกใน นาที (ครั้ง/นาที) 1	37.07	1.06
อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (กรัม/นาที)	2.04	0.40
อัตราการเผาผลาญไขมัน (กรัม/นาที)	0.08	0.10
สัดส่วนการสลายคาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	74.43	25.79
สัดส่วนการสลายไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	25.79	25.79

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจและหายใจ พบว่า ค่าเฉลี่ยของ HR, V_E, VO_2 (L/min.) และ VO_2 (ml/kg/min.) ตลอดช่วงของการพาย 200 เมตร เพิ่มขึ้น 67.55%, 982.19%, 793.99%, 1,721.23% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับขณะพัก ($p<0.01$ ทุกตัวแปร) โดยพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยของ HR ในช่วง 50 เมตรแรก (ภาพที่ 1) ส่วนค่าเฉลี่ยของ VO_2 (ภาพที่ 2) และ V_E (ภาพที่ 3) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 50-100 เมตร และยังคงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆ ช่วง 50 เมตร จนสิ้นสุดระยะทางในการพาย



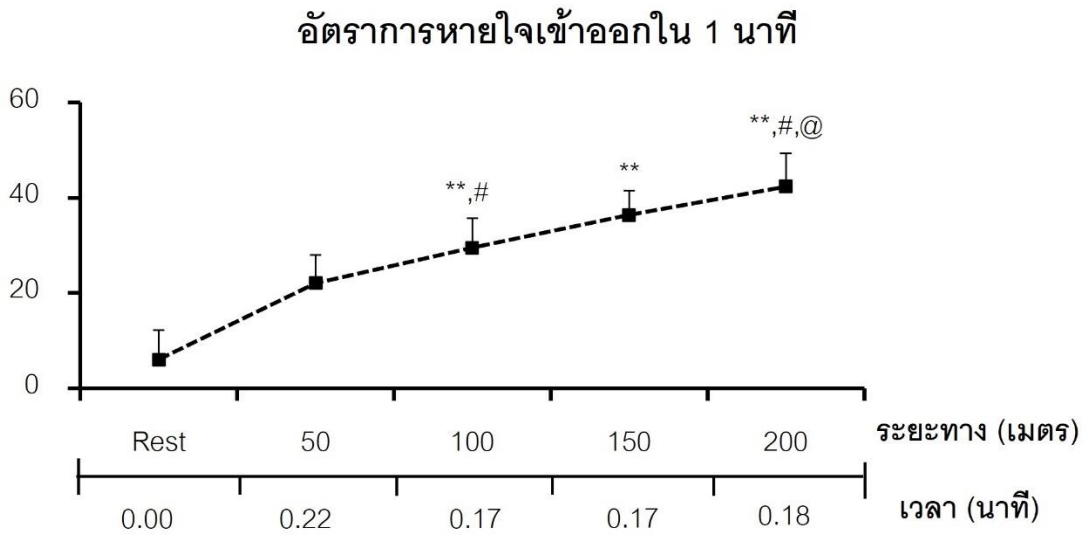
ภาพประกอบ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR)

สัญลักษณ์ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับขณะพัก



ภาพประกอบ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2)

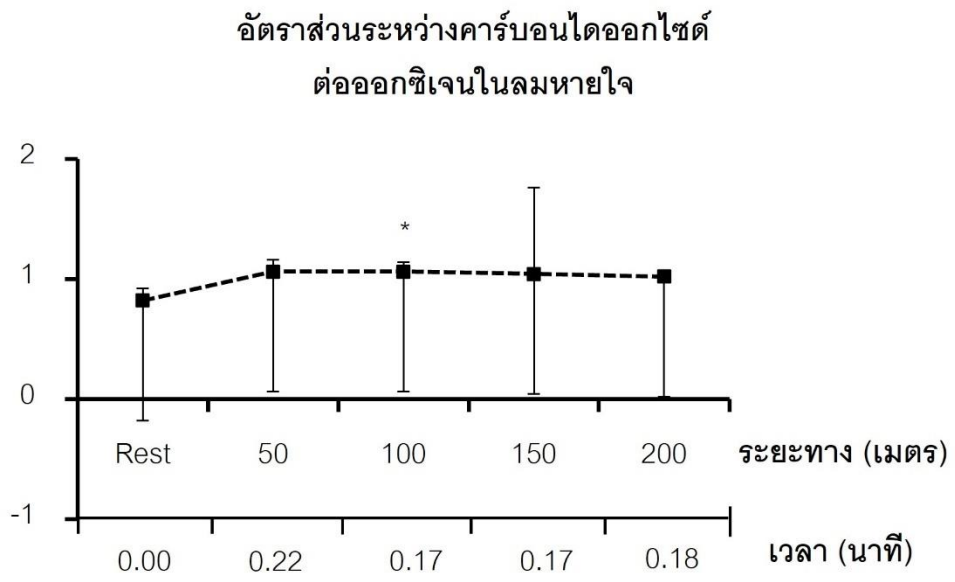
สัญลักษณ์ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับขณะพัก, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.01$ เมื่อเทียบกับขณะพัก, # มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับ 50 เมตร



ภาพประกอบ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการหายใจเข้าออกใน 1 นาที (V_E)

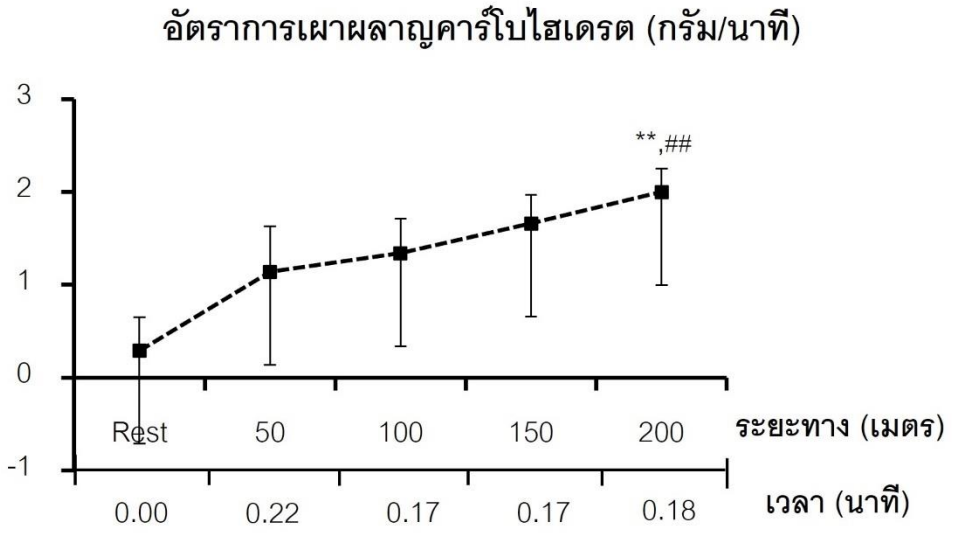
สัญลักษณ์** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.01$ เมื่อเทียบกับขณะพัก, # มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับ 50 เมตร, @ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับ 150 เมตร

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบพลังงาน พบว่า ค่าเฉลี่ยของ RER เพิ่มขึ้น 29.27% ในช่วง 100 เมตรแรก ($p=0.05$) และมีค่าคงที่จนสิ้นสุดระยะทางในการพายเรือ (ภาพที่ 4) ค่าเฉลี่ยของ CHO_{ox} และ %CHO ตลอดช่วงของการพาย 200 เมตร เพิ่มขึ้น 2,248.60% และ 28.56% ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของ FAT_{ox} และ %FAT ลดลง 218.85% และ 24.67% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับขณะพัก ($p<0.01$ ทุกตัวแปร) การเพิ่มขึ้นและการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ CHO_{ox} (ภาพที่ 5) และ FAT_{ox} (ภาพที่ 6) เริ่มปรากฏที่ระยะทาง 50-100 เมตร และดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะทาง 200 เมตร ขณะที่ค่าเฉลี่ยของทั้ง %CHO และ %FAT ในแต่ละช่วงระยะทางของการพายไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของ %CHO มากกว่าค่าเฉลี่ยของ %FAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆ ช่วงระยะทาง 50 เมตร ของการพาย (ภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ)



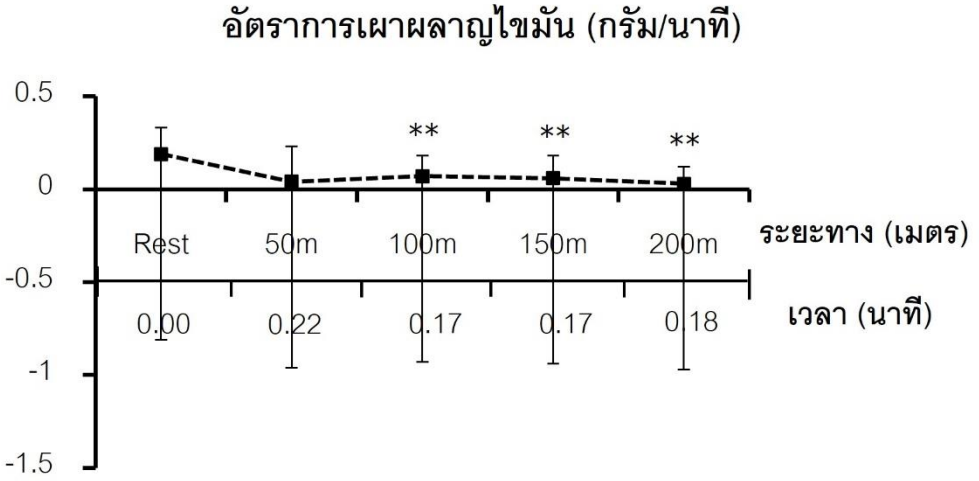
ภาพประกอบ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจนในลมหายใจ (RER)

สัญลักษณ์ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับขณะพัก



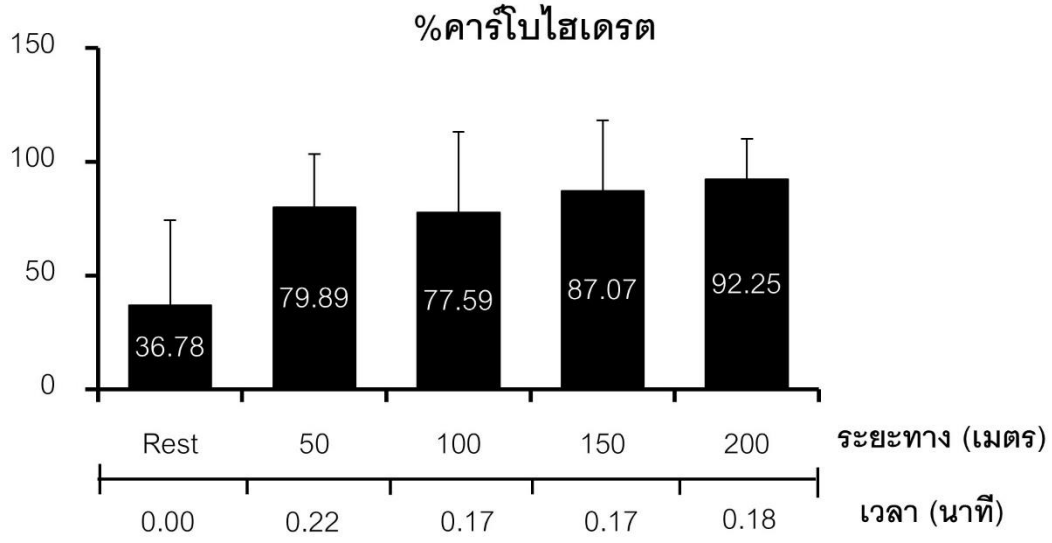
ภาพประกอบ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (CHOox)

สัญลักษณ์ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ p<0.01 เมื่อเทียบกับขณะพัก, ## มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ p<0.01 เมื่อเทียบกับ 50 เมตร

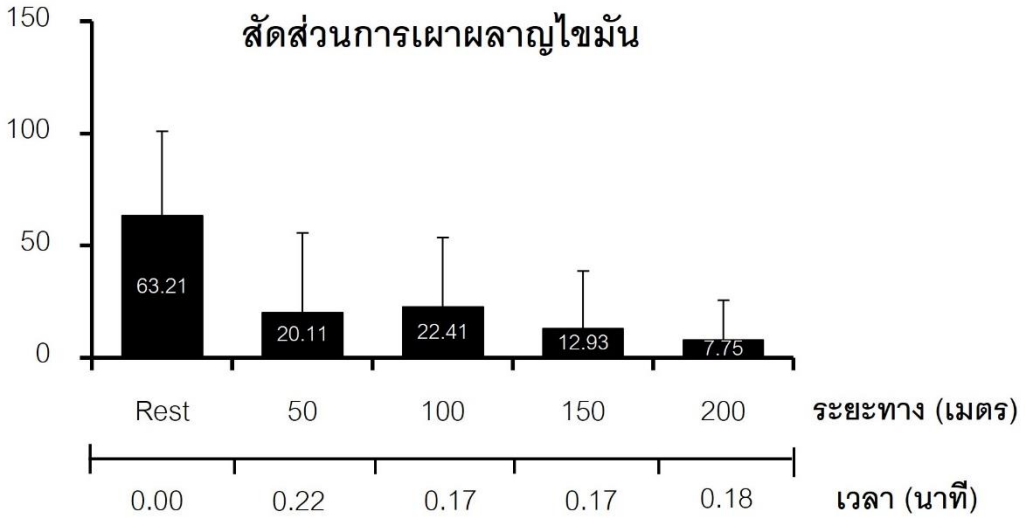


ภาพประกอบ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราเผาผลาญไขมัน (FAT_{ox})

สัญลักษณ์ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ p<0.01 เมื่อเทียบกับขณะพัก



ภาพประกอบ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนการเผลาผลาญคาร์โบไฮเดรต (% CHO)



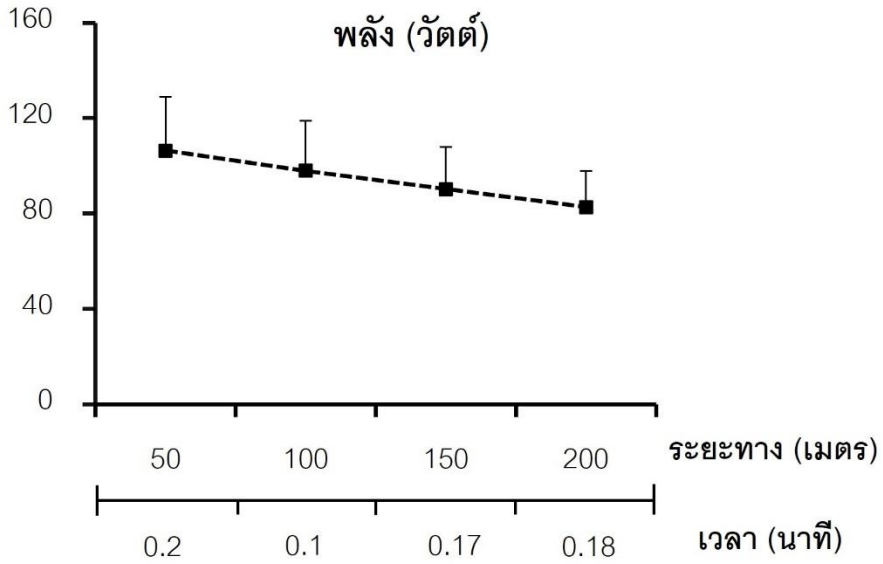
ภาพประกอบ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนการเผลาผลาญไขมัน (%FAT)

ข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์

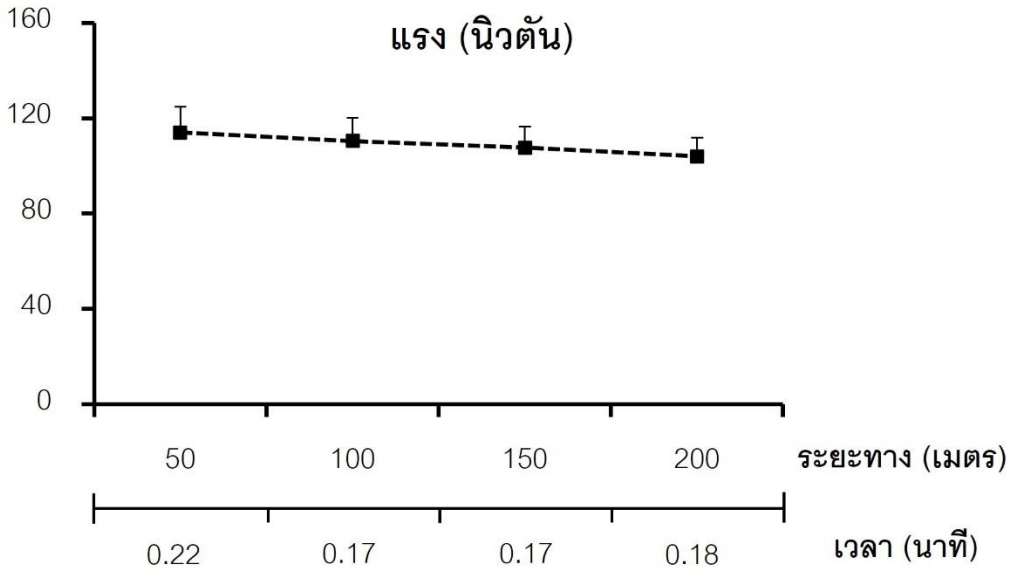
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์ตลอดช่วงของการพาย 200 เมตร เป็นดังที่แสดงในตารางที่ 3 และพบว่า ขณะที่ค่าเฉลี่ยของพลัง (ภาพที่ 9) แรง (ภาพที่ 10) และอัตราการพาย (ภาพที่ 12) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าเฉลี่ยของความเร็วในการพายในช่วง 50 เมตรสุดท้าย (ระยะทาง 150-200 เมตร) มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับในช่วง 50 เมตรแรก (ระยะทาง 0-50 เมตร) (ภาพที่ 11)

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในระหว่างการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

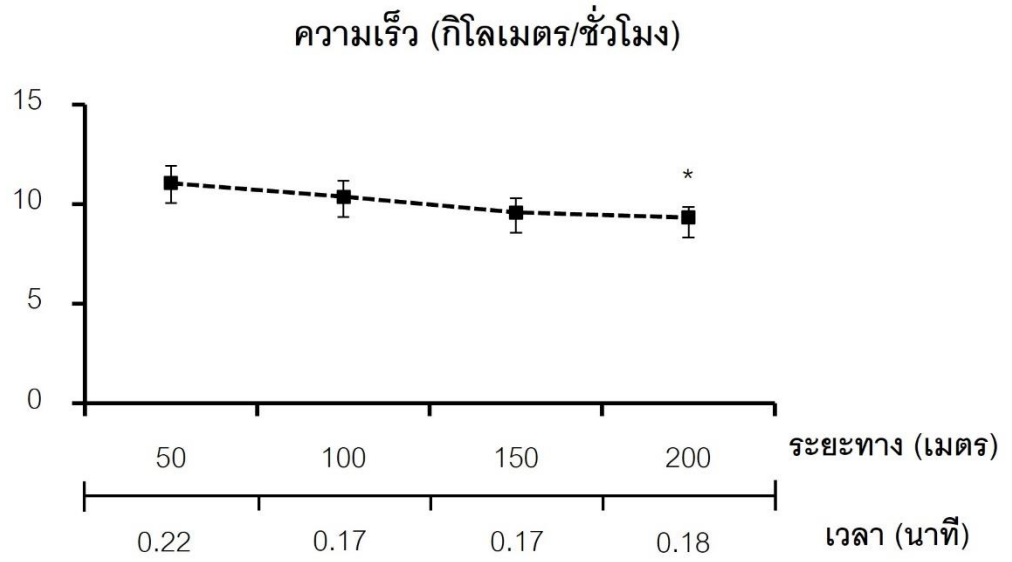
ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวแปรด้านชีวกลศาสตร์		
พลัง (วัตต์)	80.91	14.41
แรง (นิวตัน)	103.58	7.45
ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	9.90	0.65
อัตราการพาย (สโตรก/นาที)	28.41	1.89
เวลา (นาที)	1.14	0.11



ภาพประกอบ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลัง (Power)

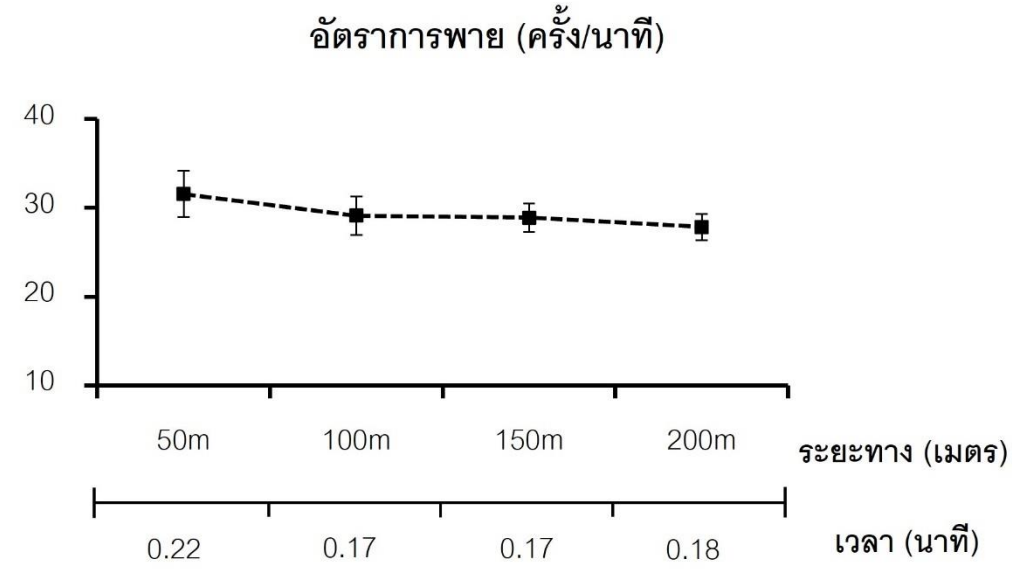


ภาพประกอบ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรง (Force)



ภาพประกอบ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็ว (Speed)

สัญลักษณ์ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับระยะ 50 เมตร



ภาพประกอบ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการพาย (Stroke)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงานในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงว่า การพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร อย่างเต็มความสามารถบนเครื่องพายเรือวัดงาน ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 1.14 นาที มีความหนักในระดับปานกลาง (ประมาณ 65% ของ HR_{max} หรือ 63% ของ VO_{2peak}) ทำให้ HR, V_E, VO_2 (ลิตร/นาที), VO_2 (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที), CHO_{ox} และ %CHO เพิ่มขึ้น 67.55%, 982.19%, 793.99%, 1,721.23%, 2,248.60% และ 28.56% ตามลำดับ ขณะที่ FAT_{ox} และ %FAT ลดลง 218.85% และ 24.67% ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ HR เกิดขึ้นในช่วง 50 เมตรแรก ส่วนของ V_E, VO_2, CHO_{ox} และ FAT_{ox} เกิดขึ้นในช่วง 50-100 เมตร นอกจากนี้ผลการวิจัยยังแสดงว่า %CHO มีค่ามากกว่า %FAT ในทุกๆ ช่วง 50 เมตร ของการพาย และความเร็วในการพายลดลงในช่วง 50 เมตรสุดท้าย (ระยะทาง 150-200 เมตร)

อภิปรายผล

ในการวิจัยในครั้งนี้ ตัวแปรทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณการใช้ออกซิเจน ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (CHO_{ox}) อัตราการเผาผลาญไขมัน (FAT_{ox}) สัดส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (%CHO) และ สัดส่วนการเผาผลาญไขมัน (%FAT) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของความสามารถในการแข่งขันกีฬาเรือพาย (Ho et al., 2013; ถนอมศักดิ์, 2558) และผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการพายเรือแบบยืนพายระยะ 200 เมตร มีผลให้อัตราการเต้นหัวใจ และปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และค่าสูงสุดในช่วง 200 เมตร ซึ่งใช้เวลา 1.14 นาที การเพิ่มขึ้นของตัวแปรทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ครั้งนี้สอดคล้องกับพลัง (Power) และแรง (Force) ในการพายซึ่งมีค่าสูงที่สุดในช่วง 50 เมตร จึงอธิบายได้ว่าการพายเรือแบบยืนพายซึ่งมีผลให้ร่างกายทำงานมากขึ้นในขณะออกตัวทำให้ต้องการออกซิเจนมากขึ้นเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์สารพลังงาน (อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต) ความต้องการดังกล่าวทำให้ร่างกายตอบสนองโดยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของสมอง ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) และระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nevous system) (Ho et al., 2013) กล่าวคือ เมื่อเริ่มทำการพาย

เรือแบบยืนพาย สมองส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Moter cortex) มีการสั่งการให้กล้ามเนื้อลาย มีการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับการเปลี่ยนแปลงด้านกลศาสตร์อื่นๆ ของกล้ามเนื้อ เช่น ความยาว และความตึง จะเกิดการรับรู้โดยเซล์ประสาทรับรู้เชิงกล (Group III mechano-receptor) แล้วมีผลไปยับยั้งการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก (Parasympathetic) และในช่วงเวลาต่อมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงด้านเมตาบอลิซึมภายในเซลล์กล้ามเนื้อ เกิดสภาวะที่เนื้อเยื่อได้รับเลือดไม่เพียงพอ เซลล์ประสาทรับรู้ทางเคมี (Group IV metaboreceptor) จะเกิดการรับรู้แล้วไปกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก (Sympathetic) (Ho et al., 2013; ถนอมศักดิ์, 2558) การทำงานดังกล่าวมีผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นในช่วง 50 เมตรแรก ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในการบีบตัวแต่ล่ะครั้ง (Stroke volume) เพื่อให้มีปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ล่ะนาที (Cardiac output) เพิ่มขึ้น (Fisher et al., 2013) ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที ที่เพิ่มขึ้นจากจากร่างกายที่ต้องการออกซิเจนมากขึ้น ทำให้ปริมาณลมหายเข้าออกใน 1 นาที สูงขึ้นไปด้วยเพราะเป็นระบบที่มีความเกี่ยวข้องกันทั้ง อัตราการเต้นหัวใจปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งทั้งหมดจะเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันเพื่อให้กระบวนการสังเคราะห์พลังงานเพียงพอต่อความต้องการ

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า %CHO และ %FAT มีการเปลี่ยนแปลงจากขณะพักเมื่อเปรียบเทียบกับขณะพายเรือ ซึ่งมีการเพิ่มของ %CHO ในช่วงออกตัวและคงที่จนกระทั้งสิ้นสุดการพายที่ระยะ 200 เมตร เพราะมีการทำงานของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงานที่ตอบสนองในการพายซัพระยะ 200 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่สั้น ร่างกายจะใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตจากกระบวนการสังเคราะห์พลังงานเป็นหลัก ทำให้ %CHO สูงขึ้นกว่าในขณะพัก และใช้พลังงานจากไขมันลดลง ทำให้ %FAT นั้นลดลงจากขณะพักตามระบบพลังงานที่เปลี่ยนไป (ถนอมศักดิ์, 2558)

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ตัวแปรด้านชีวกลศาสตร์ไม่มีความแตกต่างกันในส่วนของพลังแรง และความถี่ในการพาย (Stroke) มีความคงที่ในขณะพาย แต่ความเร็วมีการลดลงอย่างอย่างมีนัยสำคัญ เป็นเพราะโดยธรรมชาติของกีฬาประเภทเรือพายนั้นมีเทคนิคการพายในช่วงออกตัวเพื่อเอาชนะความเฉื่อย หลังจากนั้นจะมีการคงอัตราการพาย และเพิ่มอัตราการพายก่อนจะเข้าเส้นชัย แต่ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างอาจมีความเหนื่อยล้าจากการพายจึงทำให้ความเร็วลดลงในช่วง 200 เมตร ในช่วงออกตัวจึงทำให้อัตรากรเต้นหัวใจ ปริมาณการใช้ออกซิเจน ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที นั้นเพิ่มสูงขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของระบบพลังงานที่สูงขึ้นตามพลัง แรง ในการเอาชนะแรงเฉื่อยในขณะพายซัพ (ถนอมศักดิ์, 2558; อริศรา, 2561)

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ในการออกแบบการฝึกซ้อม และการวางแผนการแข่งขันได้ ผู้วิจัยแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมควรในส่วนของจังหวะการพายและแรงในการพายเพิ่มเติม ซึ่งต้องศึกษาด้วยเครื่องวัดงานจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการวางแผนการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนานักกีฬาต่อไป

บรรณานุกรม

ÁLVAREZ-YATES, T., & GARCÍA-GARCÍA, O. (2021). Determinants of flatwater canoeing and kayaking performance: a systematic review. *Medicina dello Sport,* 74(3), 355-383.

Andres, J. B. (2016). *Heart rate response and energy cost of standup paddleboarding.*

Børsheim, E., & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports medicine,* 33(14), 1037-1060.

Castañeda-Babarro, A., Santos-Concejero, J., Viribay, A., Gutiérrez-Santamaría, B., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). The Effect of Different Cadence on Paddling Gross Efficiency and Economy in Stand-Up Paddle Boarding. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 17(13), 4893.

Du Pont-Thibodeau, G., Harrington, K., & Lacroix, J. (2014). Anemia and red blood cell transfusion in critically ill cardiac patients. *Annals of intensive care,* 4(1), 16.

Federation, I. C. (2023).

Fisher, J. P., Adlan, A. M., Shantsila, A., Secher, J. F., Sørensen, H., & Secher, N. H. (2013). Muscle metaboreflex and autonomic regulation of heart rate in humans. *The Journal of physiology,* 591(15), 3777-3788.

Hagerman, F., Connors, M., Gault, J., Hagerman, G., & Polinski, W. (1978). Energy expenditure during simulated rowing. *Journal of Applied Physiology,* 45(1), 87-93.

Ho, S. R., Smith, R. M., Chapman, P. G., Sinclair, P. J., & Funato, K. (2013). Physiological and physical characteristics of elite dragon boat paddlers. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 27(1), 137-145.

Hochachka, P. (1985). Fuels and pathways as designed systems for support of muscle work. *Journal of Experimental Biology,* 115(1), 149-164.

Kaufman, C., & Hibbert, J. E. (2019). Shoulder, hip, and trunk kinematics vary with posture during Stand Up Paddle boarding.

Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. (2008). The metabolic demands of kayaking: A review. *Journal of sports science & medicine,* 7(1), 1.

Paddle, I. O. S. U. (2010).

Ruess, C., Kristen, K. H., Eckelt, M., Mally, F., Litzenberger, S., & Sabo, A. (2013). Activity of trunk and leg muscles during Stand Up Paddle Surfing. *Procedia Engineering,* 60, 57 – 61.

Senakham, N., Punthipayanon, S., Senakham, T., Sriyabhaya, P., Sriramatr, S., & Kuo, C.-H. (2020). Physiological stress against simulated 200-m and 500-m sprints in world-class boat paddlers. *Chinese Journal of Physiology,* 63(1), 15.

Zamparo, P., Capelli, C., & Guerrini, G. (1999). Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. *European journal of applied physiology and occupational physiology,* 80(6), 542-548.

ถนอมศักดิ์, เ. (2558). การพยากรณ์สมรรถนะของการพายเรือมังกรประเภทสปริ๊นท์ระยะ 500 เมตร ในนักเรือพายเพศหญิง. วารสารคณะพลศึกษา ปีที่ 18, เล่มที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2558), หน้า 69-78.

นุจเรศ, ฉ. (2561). ผลของความถี่ที่แตกต่างในการพายบนเรือมังกรวัดงานระยะ 200 เมตร ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและประสิทธิภาพในการพายเรือมังกรของฝีพายเรือมังกรเพศหญิง. ปริญญานิพนธ์ (วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2561.

สมาคมกีฬากระดานโต้คลื่นแห่งประเทศไทย. (2563). ระเบียบและข้อบังคับการแข่งขันกระดานยืนพาย ประจำปี 2563-2564.

สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย. (2563). กฎกติกา STAND UP PADDLING BOARD.

อริศรา, พ. (2561). ความแตกต่างของความหนักระหว่างการพายเรือมังกรบนเครื่องวัดงานและบนน้ำในฝีพายเรือมังกรหญิงระดับมหาวิทยาลัย. วารสารคณะพลศึกษา ปีที่ 21, เล่มที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2561), หน้า 55-65.

ประวัติผู้เขียน