



## กรณีศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ ระบบหายใจ และระบบพลังงานขณะพายเรือ แบบยืนพาย 200 เมตร ในนักกีฬาชาย

ธนัท เผือกจิตต์ นุชรี เสนาคำ และถนอมศักดิ์ เสนาคำ

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ ระบบหายใจ และระบบพลังงานในการพายเรือแบบยืนพาย 200 เมตร ในนักกีฬาชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬา 6 คน ที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันพายเรือแบบยืนพายเป็นเวลาเฉลี่ย 1 ปี ทุกคนทำการทดสอบโดยการพายเรือแบบยืนพาย 200 เมตร อย่างเต็มความสามารถบนเครื่องวัดงานในการพายเรือ ทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการพาย ร่วมกับการวัดค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาและชีวกลศาสตร์ทุกๆ 50 เมตร และตลอดช่วงของการพาย 200 เมตร ทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาในระหว่างการพายเรือเทียบกับขณะพัก และของค่าตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ในช่วง 50 เมตรสุดท้าย เทียบกับ 50 เมตรแรก ผลการวิจัยพบว่า ในระหว่างการพายเรือ อัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที ปริมาณการใช้ออกซิเจน (ลิตร/นาที) การออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และการมีส่วนร่วมของการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต ต่อการใช้พลังงานมีการเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย  $67.55 \pm 27.01\%$ ,  $982.19 \pm 721.00\%$ ,  $977.19 \pm 661.29\%$ ,  $2,248.60 \pm 3,050.77\%$  และ  $62.08 \pm 48.49\%$  ตามลำดับ ขณะที่การออกซิเดชันของไขมันและการมีส่วนร่วมของการออกซิเดชันของไขมันต่อการใช้พลังงานมีการลดลงโดยเฉลี่ย  $411.78 \pm 489.01\%$  และ  $71.35 \pm 32.70\%$  ตามลำดับ นอกจากนี้ มีการลดลงของความเร็วในการพายในช่วง 50 เมตรสุดท้าย เมื่อเปรียบเทียบกับช่วง 50 เมตรแรก สรุปได้ว่า การพายเรือแบบยืนพาย 200 เมตร มีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก และมีผลอย่างมากต่อการทำงานของระบบหัวใจและหายใจ

**คำสำคัญ:** การพายเรือแบบยืนพาย; ระบบหัวใจ; ระบบหายใจ; ระบบพลังงาน; การตอบสนองทางสรีรวิทยา



## CASE STUDY ON THE RESPONSES OF CARDIORESPIRATORY AND ENERGY SYSTEMS TO 200-METER STAND-UP PADDLE IN MALE ATHLETES

Tanat Phukkjit, Nutcharee Senakham and Tanormsak Senakham

Faculty of Physical Education, Sports and Health, Srinakharinwirot University

### Abstract

This research aimed to investigate the responses of the cardiorespiratory and energy systems to 200-meter stand-up paddle (SUP) in male athletes. Subjects were 6 athletes with an average of one year of experience in SUP competitions. All completed a test by paddling SUP for 200 meters at maximal effort on a paddle ergometer. The paddling time was recorded along with the measurements of an average value of the physiological and biomechanical parameters every 50 meters and throughout the 200-meter paddling. The percentage change in the value of physiological variables during paddling compared with rest and in the value of biomechanical variables during the last 50 meters compared with the first 50 meters were analyzed. The results revealed that during the SUP paddling, heart rate, minute ventilation, oxygen consumption (L/minute), carbohydrate oxidation, and the contribution of carbohydrate oxidation to energy utilization increased by an average of  $67.55 \pm 27.01\%$ ,  $982.19 \pm 721.00\%$ ,  $977.19 \pm 661.29\%$ ,  $2,248.60 \pm 3,050.77\%$ , and  $62.08 \pm 48.49\%$ , respectively, while fat oxidation and the contribution of fat oxidation to energy utilization decreased by an average of  $411.78 \pm 489.01\%$  and  $71.35 \pm 32.70\%$ , respectively. In addition, there was a decrease in paddling speed in the last 50 meters compared with the first 50 meters. In conclusion, the 200-meter SUP paddling is fueled primarily by carbohydrate, and has profound effect on the functioning of the cardiorespiratory system.

**Keywords:** Stand-up paddle, Cardiorespiratory system, Energy system, Physiological response



## บทนำ

การพายเรือแบบยืนพาย (Stand-up paddle) หรือซัพ (SUP) เป็นกีฬาทางน้ำในกลุ่มเรือพายที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยมีการพายเรือแบบยืนพายเพื่อสุขภาพ เพื่อการท่องเที่ยว รวมถึงการแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศ ซึ่งในด้านกีฬาเพื่อความเป็นเลิศนั้น การพายเรือแบบยืนพายมีการแข่งขันหลายรูปแบบ ทั้งในระดับนานาชาติและระดับประเทศ โดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ สปรินต์ (Sprint) 200 เมตร การแข่งเทคนิค (Technical race) 5–8 กิโลเมตร และการแข่งระยะไกล (Long distance race) 18–22 กิโลเมตร (The Rowing & Canoeing Association of Thailand, 2020) ซึ่งรูปแบบที่ได้รับความนิยมในการจัดการแข่งขันมากที่สุด คือ Sprint 200 เมตร โดยมีการแข่งขันในระดับนานาชาติ เช่น เวิร์ลแชมเปียนชิพ (2022 ICF Stand Up Paddling World Championships) เวิร์ลคัพอาเกียส นิโคลาส (2023 ICF Stand Up Paddling World Cup Agios Nikolaos) เป็นต้น (International Canoe Federation, 2017) และการแข่งขันในประเทศไทย เช่น การแข่งขันเรือพายชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ซึ่งถ้วยพระราชทานพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ประจำปี 2565 (สนาม 3) กีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 48 ดอกจานบ้านเชียงเกมส์ 2023 การแข่งขันเรือพายชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย ซึ่งถ้วยพระราชทานพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ประจำปี 2566 (เก็บคะแนนสนามที่ 1) เป็นต้น (The Rowing & Canoeing Association of Thailand, 2020)

ผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การพายเรือเป็นกิจกรรมทางกายที่ต้องใช้กล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายเป็นหลัก (Ruess, Kristen, Eckelt, Mally, Litzenberger, & Sabo, 2013) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นอย่างมาก โดยผลการศึกษาในกีฬาเรือมั่งกร พบว่า การพายเรือมั่งกรบนเครื่องวัดงานในการพายเรือแบบสปรินต์ ระยะทาง 200 เมตร ซึ่งใช้เวลาประมาณ 54 วินาที ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate: HR) เพิ่มขึ้นเป็น 75% ปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption:  $VO_2$ ) เพิ่มขึ้นเป็น 32.7 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที สัดส่วนการมีส่วนร่วมของระบบพลังงานแอโรบิก (Aerobic energy contribution) เพิ่มขึ้นประมาณ 10% เมื่อเทียบกับขณะพัก ส่วนด้านชีวกลศาสตร์นั้น กลุ่มตัวอย่างมีการใช้ความถี่ในการพาย 74 สโตรก/นาที ใช้แรง 117 นิวตัน และมีพลังในการพาย 194 วัตต์ (Senakham et al., 2020) การศึกษาผลของความถี่ในการพายเรือมั่งกร ระยะทาง 200 เมตร พบว่า การพายเรือมั่งกรบนเครื่องวัดงานในการพายเรือที่ความถี่ 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 (Nutcharat Cnimbanra & Tanormsak Senakham, 2017) นอกจากนี้ ผลการวิจัยในนักกีฬาเรือแคนู พบว่า ขณะพายเรือคายัคบนน้ำอย่างเต็มความสามารถ ระยะทาง 250 เมตร ค่า  $VO_2$  อยู่ที่ประมาณ 2.5 ลิตร/นาที สัดส่วนการมีส่วนร่วมของระบบพลังงานแอโรบิก ระบบพลังงานแอนแอโรบิกแลคติก และระบบพลังงานแอนแอโรบิกอะแลคติกอยู่ที่ประมาณ 0.64, 0.59 และ 0.35 กิโลวัตต์ตามลำดับ (Zamparo, 1999)

ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาการกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งของระบบหัวใจ ระบบหายใจ และระบบพลังงานมีความสำคัญ เพราะเป็นระบบหลักที่ทำงานขณะนักกีฬาทำการฝึกซ้อมและแข่งขัน อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์กับสมรรถนะในการพายเรือ และเป็นปัจจัยชี้วัดความสำเร็จของนักกีฬาเรือพาย (Tanormsak Senakham, 2015; Michael, Rooney, & Smith 2008; Ho, Smith, Chapman, Sinclair, & Funato, 2013; Álvarez-yates,



García-García, 2021) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีความวิจัยที่การศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาในการพายเรือแบบยืนพาย ที่แม้ว่าจะมีการใช้กล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายเหมือนกับเรือประเภทอื่นๆ แต่ยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และกล้ามเนื้อขาช่วยด้วยเพื่อรักษาสมดุลในการพาย และช่วยในการส่งแรงไปยังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายในจังหวะการพาย (Ruess et al., 2013) ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันในกีฬาเรือพายแต่ละประเภท ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในกีฬาเรือพายประเภทอื่นมาใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการพายเรือแบบยืนพายได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ หายใจ และพลังงานในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ในนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมและการแข่งขันพายเรือแบบยืนพาย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการตอบสนองของระบบหัวใจ ระบบหายใจ และระบบพลังงานในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ข้อพิจารณาทางด้านจริยธรรม

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขรับรอง SWUEC/E/G-341/2564

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มเป้าหมาย)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาพายเรือแบบยืนพายของสมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย และชมรมกีฬาเรือพายมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน ....คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาพายเรือแบบยืนพายของสมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย และชมรมกีฬาเรือพายมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 6 คน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่วิจัย ดังนี้ (1) เป็นเพศชาย (2) อายุ 18–25 ปี (3) มีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมพายเรือแบบยืนพายอย่างน้อย 5 ครั้ง/สัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 เดือน และ (4) ไม่มีอาการบาดเจ็บหรือป่วยด้วยโรคใดๆ

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวิเคราะห์แก๊ซออกซิเจน (COSMED K5, Italy)

จักรยานวัดงาน (Wattbike Pro, United Kingdom)

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Garmin HRM-Dual 010-12883-00, Switzerland)

เครื่องวัดงานในการพายเรือ (Weba Sport, Austria)

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (TANITA UM-073, Japan)

เครื่องวัดความดันโลหิต (Omron HEM-7130, Japan)

ที่วัดส่วนสูง (Meterex II D97, Denmark)

#### ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนก่อนการทดสอบ : ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย น้ำหนักตัว ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตขณะพัก และ HR ขณะพัก และให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบเพื่อประเมินปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen consumption:  $VO_{2max}$ ) โดยการปั่นจักรยานวัดงานด้วย

โปรแกรม Submaximal Ramp Test ซึ่งเริ่มด้วยการปั่นจักรยานที่ความเร็ว 50–60 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกาย หลังจากนั้นจึงปั่นจักรยานต่อเนื่องโดยเริ่มที่ 100 วัตต์ และเพิ่มค่าวัตต์ขึ้น 15 วัตต์ ทุกๆ 1 นาที จนกลุ่มตัวอย่างมีสภาวะ 2 ใน 3 ข้อ ดังต่อไปนี้จึงยุติการทดสอบ (1) ค่า HR อยู่ที่ 85% ของ HR สูงสุดที่คำนวณโดย  $220 - \text{อายุเป็นปี}$  (2) ค่า RPE ของ Borg 1–10 scale อยู่ที่ระดับ 7 และ (3) กลุ่มตัวอย่างหมดแรงไม่สามารถรักษาความเร็วรอบในการปั่นจักรยานไว้ได้ ผู้วิจัยทำการประเมิน HR โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจไว้ที่หน้าอกของกลุ่มตัวอย่าง และโปรแกรมที่ติดตั้งไว้กับจักรยานวัดงานจะทำการประมวลผล และวิเคราะห์ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate:  $HR_{\max}$ ) พร้อมทั้งคำนวณค่า  $VO_{2\text{peak}}$  ของกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนการทดสอบ : หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และประเมินค่า  $VO_{2\text{peak}}$  อย่างน้อย 5 วัน กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร เริ่มจากการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว และการพายเรือแบบยืนพายบนเครื่องวัดงานในการพายเรือซึ่งมีการตั้งค่าให้อยู่ใน Canoe mode เป็นระยะเวลา 5 นาที หลังจากนั้น กลุ่มตัวอย่างอยู่ในท่าเตรียมพร้อมสำหรับการพายเรือแบบยืนพาย และทำการพายอย่างเต็มความสามารถภายหลังการได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย เมื่อทำการพายเรือครบระยะ 200 เมตร แล้วกลุ่มตัวอย่างทำการคลายอบอุ่นร่างกายได้ตามความต้องการและความถนัดของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการบันทึกเวลาที่กลุ่มตัวอย่างใช้ในการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร และบันทึกเวลาที่ใช้ในการพายทุก ๆ 50 เมตร (ช่วง 0–50 เมตร 50–100 เมตร 100–150 เมตร และ 150–200 เมตร) รวมทั้งทำการประเมิน HR,  $VO_2$  ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก (Carbondioxide output,  $VCO_2$ ) ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที (Minute ventilation,  $V_E$ ) และ RER ขณะพักก่อนการอบอุ่นร่างกาย ทุกๆ 50 เมตร ในระหว่างการพาย และตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ผู้วิจัยนำค่าเฉลี่ยของ HR และ  $VO_2$  ตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับค่า  $HR_{\max}$  และ  $VO_{2\text{peak}}$  ที่ได้ในขั้นตอนก่อนการทดสอบ ตามลำดับ และนำค่าเฉลี่ยของ  $VO_2$ ,  $VCO_2$  และ RER ขณะพักก่อนการอบอุ่นร่างกาย ทุกๆ 50 เมตร ในระหว่างการพาย และตลอดระยะทางในการพาย 200 เมตร ไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate oxidation,  $CHO_{ox}$ ) การออกซิเดชันของไขมัน (Fat oxidation,  $FAT_{ox}$ ) และสัดส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (%CHO) และไขมัน (%FAT) โดยใช้สูตรตามที่ปรากฏในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Li, Xue, Hong, Song, & He, 2020) นอกจากนี้ มีการนำค่าของข้อมูลทางสรีรวิทยาที่บันทึกได้ในระหว่างการทดสอบ ได้แก่ HR,  $VO_2$ ,  $V_E$ ,  $CHO_{ox}$ ,  $FAT_{ox}$ , %CHO และ %FAT ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับขณะพัก

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

## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยประเภท Single case research design มีการรายงานข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล และรายงานค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ (Visual Analysis of Graphic Data)

## ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง : กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย  $22.67 \pm 4.13$  ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย  $81.83 \pm 23.45$  กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย  $175.67 \pm 9.69$  เซนติเมตร ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย  $26.33 \pm 5.17$  กิโลกรัม/ตารางเมตร ความดันโลหิตขณะพักเฉลี่ย  $121.00 \pm 10.03$  /  $74.66 \pm 7.99$  มิลลิเมตรปรอท HR ขณะพักเฉลี่ย  $75.66 \pm 5.61$  ครั้ง/นาที และ  $VO_{2peak}$  เฉลี่ย  $1.52 \pm 0.43$  ลิตร/นาที ( $23.80 \pm 6.14$  มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) โดยมีข้อมูลรายบุคคล และค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกลุ่มตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างรายบุคคลและโดยเฉลี่ย

| ข้อมูลทั่วไป                                         | กลุ่มตัวอย่าง |       |       |       |       |       | ค่าเฉลี่ยและ         |
|------------------------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
|                                                      | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| อายุ (ปี)                                            | 20            | 21    | 21    | 22    | 21    | 31    | $22.67 \pm 4.13$     |
| น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)                                | 60.0          | 91.0  | 90.0  | 58.0  | 72    | 120   | $81.83 \pm 23.45$    |
| ส่วนสูง (เซนติเมตร)                                  | 174           | 177   | 170   | 163   | 178   | 192   | $175.67 \pm 9.69$    |
| ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)                  | 20.8          | 29.0  | 31.1  | 21.8  | 22.7  | 32.6  | $26.33 \pm 5.17$     |
| ความดันซิสโตลิกขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)                | 129           | 126   | 118   | 123   | 122   | 115   | $121.00 \pm 10.03$   |
| ความดันไดแอสโตลิกขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)              | 76            | 68    | 76    | 72    | 70    | 70    | $74.66 \pm 7.99$     |
| อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)                 | 76            | 74    | 75    | 74    | 69    | 86    | $75.66 \pm 5.61$     |
| ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ลิตร/นาที)               | 1.83          | 2.69  | 1.85  | 1.52  | 1.55  | 1.72  | $1.52 \pm 0.43$      |
| ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) | 30.49         | 29.56 | 20.60 | 26.27 | 21.57 | 14.34 | $23.80 \pm 6.14$     |

ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยา : ค่า HR,  $VO_2$ ,  $V_E$ ,  $CHO_{ox}$ ,  $FAT_{ox}$ , %CHO และ %FAT ขณะพักและตลอดช่วงของการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ของกลุ่มตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 จากตารางดังกล่าว พบว่า ค่าตัวแปรในระหว่างการพายเรือของกลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ย ได้แก่ HR,  $VO_2$ ,  $V_E$ ,  $CHO_{ox}$  และ %CHO มีการเพิ่มขึ้น ขณะที่  $FAT_{ox}$  และ %FAT มีการลดลง โดยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงของการพาย 200 เมตร เฉลี่ย  $67.55 \pm 27.01\%$ ,  $977.19 \pm 661.29\%$ ,  $982.19 \pm 721.00\%$ ,  $2,248.60 \pm 3,050.77\%$ ,  $411.78 \pm 489.01\%$ ,  $62.08 \pm 48.49\%$  และ  $-71.35 \pm 32.70\%$  ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 50 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 1

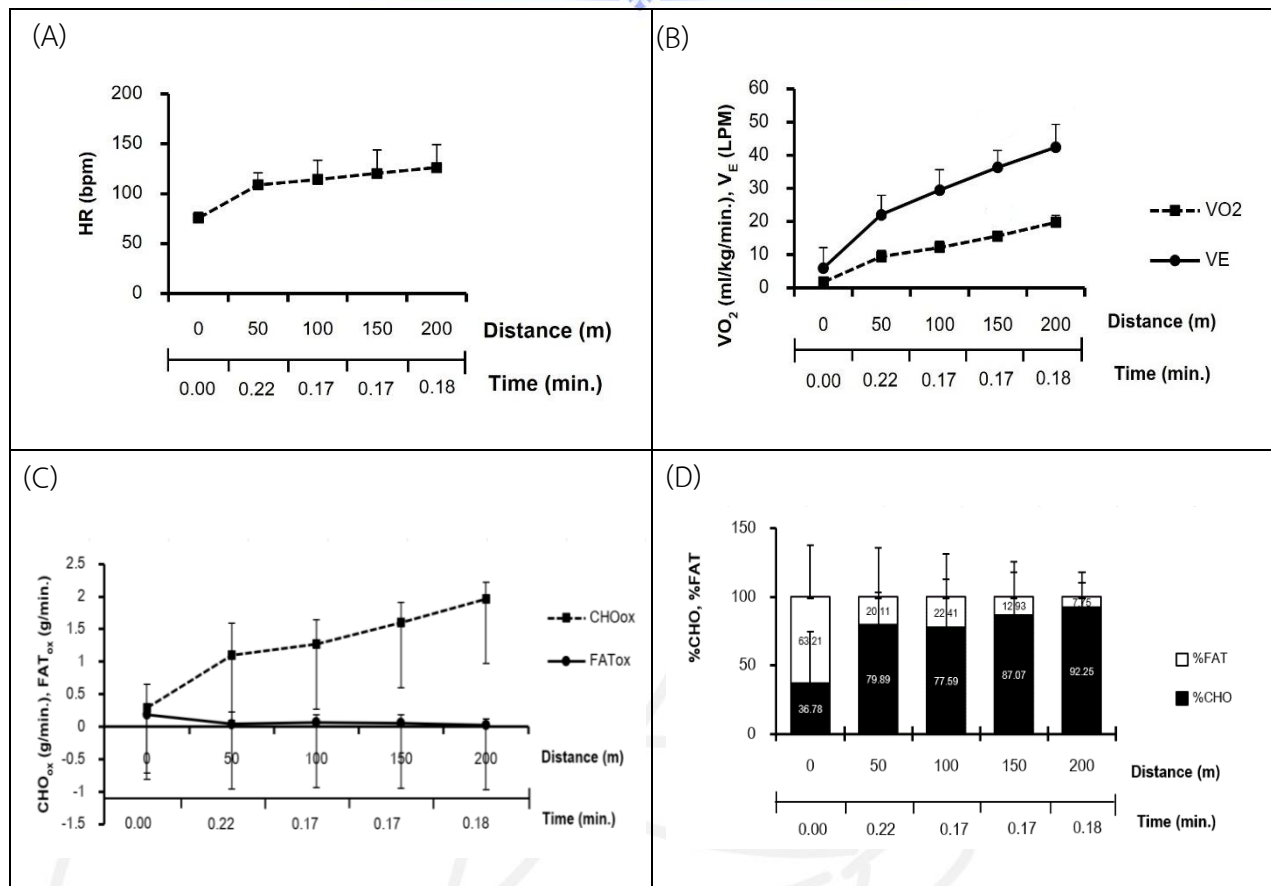
เมื่อเทียบกับค่า  $HR_{max}$  พบว่า ค่า HR ในระหว่างการพายเรือของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 อยู่ที่  $50.76\%$ ,  $57.07\%$ ,  $74.11\%$ ,  $73.10\%$ ,  $64.47\%$  และ  $64.51\%$  ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับค่า  $VO_{2peak}$  พบว่า ค่า  $VO_2$  ในระหว่างการพายเรือของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 อยู่ที่  $60.68\%$ ,  $51.67\%$ ,  $72.82\%$ ,  $72.86\%$ ,  $67.60\%$  และ  $83.70\%$  ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ  $64.51 \pm 9.16\%$  และ  $81.51 \pm 11.08\%$  ตามลำดับ



ตารางที่ 2 ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาขณะพักและในระหว่างการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนและโดยเฉลี่ย

| ตัวแปร                        |                 | กลุ่มตัวอย่าง |        |          |          |          |          | ค่าเฉลี่ยและ<br>ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|------------------------------------------|
|                               |                 | 1             | 2      | 3        | 4        | 5        | 6        |                                          |
| HR<br>(bpm)                   | ขณะพัก          | 76            | 74     | 75       | 74       | 69       | 86       | 75.67±5.61                               |
|                               | ขณะพายเรือ      | 100           | 113    | 146      | 144      | 127      | 127      | 126.17±17.72                             |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | 31.58         | 52.70  | 94.67    | 94.59    | 84.06    | 47.67    | 67.55±27.01                              |
| VO <sub>2</sub><br>(L/min.)   | ขณะพัก          | 0.05          | 0.13   | 0.22     | 0.09     | 0.10     | 0.52     | 0.19±0.17                                |
|                               | ขณะพายเรือ      | 1.11          | 1.39   | 1.35     | 1.11     | 1.05     | 1.44     | 1.24±0.17                                |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | 2120.00       | 969.23 | 513.64   | 1133.33  | 950.00   | 176.92   | 977.19±661.29                            |
| V <sub>E</sub><br>(L/min.)    | ขณะพัก          | 1.49          | 3.84   | 7.14     | 2.53     | 3.09     | 18.10    | 6.03±6.22                                |
|                               | ขณะพายเรือ      | 33.28         | 38.57  | 42.91    | 40.07    | 25.96    | 41.68    | 37.08±6.39                               |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | 2133.56       | 904.43 | 500.98   | 1483.79  | 740.13   | 130.28   | 982.19±721.00                            |
| CHO <sub>ox</sub><br>(g/min.) | ขณะพัก          | 0.42          | 0.99   | 0.13     | 0.02     | 0.12     | 0.11     | 0.30±0.37                                |
|                               | ขณะพายเรือ      | 2.76          | 2.14   | 1.83     | 1.69     | 1.72     | 2.12     | 2.04±0.40                                |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | 557.14        | 116.16 | 1,307.69 | 8,350.00 | 1,333.33 | 1,827.27 | 2,248.60±3,050.77                        |
| FAT <sub>ox</sub><br>(g/min.) | ขณะพัก          | 0.17          | 0.33   | 0.37     | 0.04     | 0.01     | 0.22     | 0.19±0.15                                |
|                               | ขณะพายเรือ      | -0.14         | 0.07   | -0.01    | -0.23    | -0.12    | -0.07    | -0.08±0.11                               |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | -182.35       | -78.79 | -102.70  | -675.00  | -        | -131.82  | -411.78±489.01                           |
| %CHO                          | ขณะพัก          | 43.10         | 56.90  | 41.38    | 42.28    | 74.14    | 74.14    | 56.32±14.82                              |
|                               | ขณะพายเรือ      | 86.64         | 98.28  | 96.55    | 55.17    | 98.27    | 87.93    | 87.14±16.49                              |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | 101.02        | 72.72  | 133.33   | 14.27    | 32.55    | 18.60    | 62.08±48.49                              |
| %FAT                          | ขณะพัก          | 56.90         | 43.10  | 58.62    | 51.72    | 25.86    | 25.86    | 43.68±14.82                              |
|                               | ขณะพายเรือ      | 12.5          | 1.72   | 3.45     | 44.83    | 1.73     | 12.07    | 12.72±16.49                              |
|                               | %การเปลี่ยนแปลง | -78.03        | -96.01 | -94.11   | -13.32   | -93.31   | -53.33   | -71.35±32.70                             |

อักษรย่อ bpm = beats per minute, CHO<sub>ox</sub> = Carbohydrate oxidation, FAT<sub>ox</sub> = Fat oxidation, g/min. = gram per minute, HR = Heart rate, L/min. = Liter per minute, V<sub>E</sub> = Minute ventilation, VO<sub>2</sub> = Oxygen consumption, %CHO = Contribution of carbohydrate oxidation, %FAT = Contribution of fat oxidation



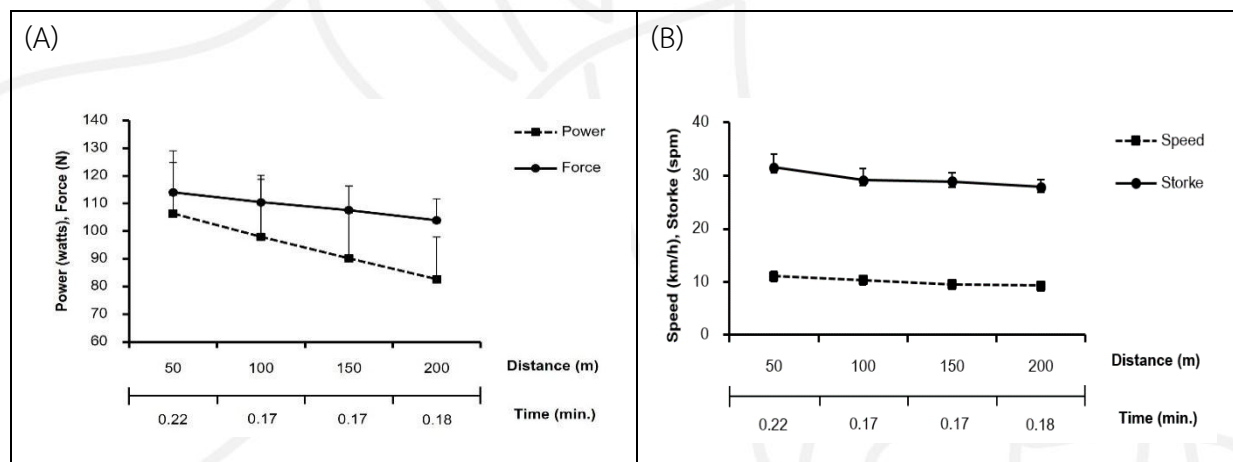
ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ (A) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) เป็น ครั้ง/นาที (bpm), (B) ปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO<sub>2</sub>) เป็น มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที (ml/kg/min) และปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที (V<sub>E</sub>) เป็น ลิตร/นาที (LPM), (C) อัตราออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต (CHO<sub>ox</sub>) และไขมัน (FAT<sub>ox</sub>) เป็น กรัม/นาที (g/min.) และ (D) สัดส่วนการมีส่วนร่วมต่อการใช้พลังงานจากออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต(%CHO) และไขมัน (%FAT) ทุก ๆ 50 เมตร ของการพายเรือแบบยืนพาย

ข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์ : ข้อมูลระยะเวลา ความเร็ว ความถี่ แรง และพลัง ในระหว่างการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร ของกลุ่มตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 จากตารางดังกล่าวพบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้ระยะเวลา ความเร็ว ความถี่ แรง และพลังในการพายเรือ 200 เมตร เฉลี่ย  $1.14 \pm 0.11$  นาที  $9.90 \pm 1.59$  กิโลเมตร/ชั่วโมง  $28.42 \pm 4.63$  สเต็ป/นาที  $103.58 \pm 18.25$  นิวตัน และ  $80.92 \pm 35.30$  วัตต์ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์ตลอดช่วงของการพายเรือแบบยืนพาย ระยะทาง 200 เมตร และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงในช่วง 50 เมตรสุดท้าย เทียบกับ 50 เมตรแรก ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนและโดยเฉลี่ย

| ตัวแปร                      |                   | กลุ่มตัวอย่าง |        |        |        |        |        | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|-----------------------------|-------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|
|                             |                   | 1             | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |                                  |
| เวลา(นาท)                   | ตลอดช่วง 200 เมตร | 1.14          | 1.08   | 1.07   | 1.32   | 1.02   | 1.18   | 1.14±0.11                        |
|                             | %การเปลี่ยนแปลง   | -52.94        | -60.00 | -11.76 | -8.00  | -20.00 | 0.00   | -22.94±24.97                     |
| ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) | ตลอดช่วง 200 เมตร | 11.10         | 8.80   | 9.30   | 7.60   | 10.80  | 11.80  | 9.90±1.59                        |
|                             | %การเปลี่ยนแปลง   | -18.98        | -17.99 | -17.89 | -3.30  | -21.09 | -27.80 | -18.58±8.03%                     |
| ความถี่ (สโตรก/นาท)         | ตลอดช่วง 200 เมตร | 33.00         | 26.50  | 24.00  | 23.00  | 30.00  | 34.00  | 28.42±4.63                       |
|                             | %การเปลี่ยนแปลง   | -25.31        | -18.14 | -3.85  | 5.47   | -20.87 | -13.34 | -13.37±11.52                     |
| แรง (นิวตัน)                | ตลอดช่วง 200 เมตร | 109.00        | 88.50  | 99.00  | 81.00  | 112.00 | 132.00 | 103.58±18.25                     |
|                             | %การเปลี่ยนแปลง   | -8.76         | -2.37  | -7.36  | -3.23  | -15.39 | -15.85 | -9.64±5.79                       |
| พลัง (วัตต์)                | ตลอดช่วง 200 เมตร | 108.00        | 53.50  | 65.00  | 35.00  | 97.00  | 127.00 | 80.92±35.30                      |
|                             | %การเปลี่ยนแปลง   | -19.21        | 40.97  | -29.86 | -10.99 | -58.01 | -32.32 | -13.22±33.09                     |

การเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ความถี่ แรง และพลัง ในระหว่างการพายทุกๆ 50 เมตร ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3 จากภาพดังกล่าว พบว่า มีการลดลงของความเร็ว ความถี่ แรง และพลังในการพายเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 50 เมตรสุดท้าย (ระยะทาง 150–200 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วง 50 เมตรแรก เฉลี่ย  $-18.58\pm 8.03\%$ ,  $-13.37\pm 11.52\%$ ,  $-9.64\pm 5.79\%$  และ  $-13.22\pm 33.09\%$  ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ (A) พลัง (Power) เป็น วัตต์ (watts) และแรง (Force) เป็น นิวตัน (N) และ (B) ความเร็ว (Speed) เป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง (km/h) และความถี่ในการพาย (Stroke) เป็น สโตรก/นาท (spm) ทุก ๆ 50 เมตร ของการพายเรือแบบยืนพาย

ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงว่า การพายเรือแบบยืนพาย 200 เมตร อย่างเต็มความสามารถบนเครื่องพายเรือวัดงาน ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย  $1.14\pm 0.11$  นาที มีความหนักในระดับปานกลาง ( $64.51\pm 9.16\%$  ของ  $HR_{max}$  หรือ  $81.51\pm 11.08\%$  ของ  $VO_{2peak}$ ) ทำให้ HR,  $V_E$ ,  $VO_2$  (ลิตร/นาท),  $VO_2$  (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท),  $CHO_{ox}$  และ %CHO เพิ่มขึ้น  $67.55\pm 27.01\%$ ,  $982.19\pm 721.00\%$ ,  $977.19\pm 661.29\%$ ,  $2,248.60\pm 3050.77\%$  และ

62.08±48.49% ตามลำดับ ขณะที่  $FAT_{ox}$  และ %FAT ลดลง -411.78±489.01% และ -71.35±32.70% ตามลำดับ พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของ HR ในช่วง 50 เมตรแรก ส่วนของ  $V_E$ ,  $VO_2$ ,  $CHO_{ox}$  และ  $FAT_{ox}$  เกิดขึ้นในช่วง 50-100 เมตร นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงว่า %CHO มีค่าสูงกว่า %FAT ในทุก ๆ ช่วง 50 เมตรของการพาย และความเร็วในการพายลดลงชัดเจนในช่วง 50 เมตรสุดท้าย (ระยะทาง 150-200 เมตร)

### อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อตอบสนองความต้องการของกล้ามเนื้อและอวัยวะต่าง ๆ ที่ต้องใช้พลังงานในระหว่างการพาย โดยเฉพาะในระยะ 50 เมตรแรก ซึ่งเป็นช่วงออกตัวในการพาย เพื่อเอาชนะความเฉื่อยของเรือ รวมทั้งแรงต้านของน้ำและอากาศ หลังจากนั้นอัตราการเต้นของหัวใจยังคงสูงจนสิ้นสุดการพาย 200 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้ออกซิเจน และปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที ที่มีการเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ช่วง 50 เมตร ในขณะที่พาย เพื่อตอบสนองความต้องการของระบบพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์สารพลังงาน (อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต) ขึ้นมาใหม่ให้เพียงพอกับการทำงานของร่างกายเพื่อให้นักกีฬามีความสามารถสูงสุดในการพาย (Tanormsak Senakham, 2015; Ho et al., 2013)

อัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมีการเพิ่มขึ้นในทุก ๆ 50 เมตร และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงระยะ 100 เมตร จนกระทั่งสิ้นสุดระยะ 200 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านระยะออกตัว แสดงว่า ร่างกายมีการใช้คาร์โบไฮเดรตที่สูงขึ้นแทนการใช้ไขมัน เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานหลักในการพาย อัตราการเผาผลาญไขมันมีการลดลงในทุก ๆ 50 เมตร หลังจากระยะ 100 เมตร จนกระทั่งสิ้นสุดระยะทาง 200 เมตร สอดคล้องกับสัดส่วนการเผาผลาญไขมันที่ลดลง แสดงว่า การพายเรือแบบยืนพาย 200 เมตร มีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเป็นหลักเช่นเดียวกับการพายเรือประเภทอื่น เช่น เรือยาวสากล ประเภทเรือมังกร เรือคายัค เป็นต้น (Schram et al., 2019; Arisara Puntularp, & Tanormsak Senakham, 2018; Tanormsak Senakham, 2015)

ตัวแปรด้านชีวกลศาสตร์ ได้แก่ พลัง แรง และสโตรกการพาย มีความคงที่ในขณะที่พาย แต่ความเร็วมีการลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 50 เมตรสุดท้าย เป็นเพราะโดยธรรมชาติของกีฬาประเภทเรือพายนั้น มีเทคนิคการพายในช่วงออกตัวเพื่อเอาชนะความเฉื่อยของเรือ รวมทั้งแรงต้านของน้ำและอากาศ หลังจากนั้นจะมีการคงสโตรกการพาย และเพิ่มสโตรกการพายอีกครั้งก่อนจะเข้าเส้นชัย อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างอาจมีความเหนื่อยล้าจากการพายในช่วงออกตัว จึงทำให้ความเร็วลดลงในช่วง 150 - 200 เมตร สอดคล้องกับอัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณการใช้ออกซิเจน ปริมาตรลมหายใจเข้าออกใน 1 นาที ที่เพิ่มสูงขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของระบบพลังงาน ที่สูงขึ้นตามพลังและแรงในการเอาชนะแรงเฉื่อยในขณะที่พายเรือแบบยืนพาย (Schram et al., 2019; Arisara Puntularp, & Tanormsak Senakham, 2018; Tanormsak Senakham, 2015)

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการพายเรือแบบยืนพายของนักกีฬา โดยผู้ฝึกสอน นักกีฬา และผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม การวางกลยุทธ์ในการแข่งขัน การให้การดูแลด้านโภชนาการ หรือการป้องกันการบาดเจ็บในนักกีฬา



ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาการพายเรือแบบยืนพายในระยะทางอื่นๆ เช่น การแข่งเทคนิค (Technical race) 5–8 กิโลเมตร และการแข่งระยะไกล (Long distance race) 18–22 กิโลเมตร หรือทำการศึกษาในนักกีฬาหญิง หรือศึกษาในการแข่งขันจริง เพื่อให้มีข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาและชีวกลศาสตร์ของการพายเรือแบบยืนพายมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณ นางสาวคณิดา คุ่มสิงสัน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์สำหรับการทดสอบต่าง ๆ และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

### References

- Álvarez-Yates, T., & García-García, O. (2021). Determinants of flatwater canoeing and kayaking performance: a systematic review. *Medicina dello Sport*, 74(3), 355 - 383.
- Arisara Puntularp, & Tanormsak Senakham. (2018). Difference in the intensity between on - ergometer and on - water dragon boat paddling in university - level female dragon boat paddlers. *Journal of Faculty of Physical Education*, 21(2), 55 - 65.
- 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.
- International Canoe Federation. (2017). *Sup canoe racing competition rules 2017*. Retrieved from <https://www.canoeicf.com/rules#SUP>
- Li, S., Xue, J. J., Hong, P., Song, C., & He, Z. H. (2020). comparison of energy expenditure and substrate metabolism during overground and motorized treadmill running in Chinese middle-aged women. *Scientific Reports*, 10(1), 1-7.
- Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. (2008). The metabolic demands of kayaking: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 7(1), 1.
- Nutcharat cnimbanra, & Tanormsak Senakham. (2017). Effect of frequencies in 200-meter paddling on physiological parameters and paddling efficiency in female dragon boat paddlers. *Journal of Faculty of Physical Education*, 20(2), 114 - 125.
- 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.
- Schram, B., Furness, J., Kemp-Smith, K., Sharp, J., Cristini, M., Harvie, D., ... & Becker, M. (2019). A biomechanical analysis of the stand-up paddle board stroke: A comparative study. *PeerJ*, 7, e8006.



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.

Tanormsak Senakham. (2015). Prediction of 500-m sprint dragon boat performance. *Journal of Faculty of Physical Education*, 18(1), 69 - 78.

The Rowing & Canoeing Association of Thailand. (2020). *Stand - up paddling board rules*.

Retrieved from <https://www.rcat.or.th/wp-content/uploads/2020/10/ICF-SUP-Rules.pdf>

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

Received: September 30, 2024

Revised: July 14, 2025

Accepted: July 16, 2025