

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอลใน รายการส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย

สุธาศินี ทองศิริ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 11 December 2018 / Revised: 22 April 2020 / Accepted: 16 May 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอลในรายการส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติที่แข่งขันท่าฟรอนท์ ครอล (front crawl) ในการแข่งขันซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี 2560 เพศชาย จำนวน 7 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ครอลในรายการส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย ในอุโมงค์น้ำ (Water flume) โดยการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 75% ของความเร็วเฉลี่ยสูงสุดที่ได้จากการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ ครอล ระยะ 200 เมตรในสระว่ายน้ำ 50 เมตร นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ และทดสอบความแตกต่างของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ 4 ช่วง ได้แก่ ช่วง 1 (20-40 เมตร) ช่วง 2 (70-90 เมตร) ช่วง 3 (120-140 เมตร) และช่วง 4 (170-190 เมตร)

โดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติแบบความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measure ANOVA with post-hoc LSD) กำหนดระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย พบว่า มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ (Body's angle of attack) มุมของข้อเท้า (Angle of the ankle) มุมของหัวเข่า (Angle of the knee) มุมของสะโพก (Angle of the hip) ความเร็วของข้อเท้า (Velocity of the ankle) ความเร็วของหัวเข่า (Velocity of the knee) และความเร็วของสะโพก (Velocity of the hip) ในขณะว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอล ทั้ง 4 ช่วง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่า เมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำลดลง ขณะที่มุมของข้อเท้า หัวเข่าและสะโพกเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของรายการส่วนล่างในขณะว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอล มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะทางในการว่ายน้ำที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ / รายการส่วนล่าง / ท่าฟรอนท์ ครอล

CHANGES IN BIOMECHANICAL VARIABLES DURING 200-M FRONT CRAWL ON LOWER LIMB IN THAI NATIONAL SWIMMERS

Suthasinee Thongsiri and Chaipat Lawsirirat

Faculty of Sport Science, Chulalongkorn University

Received: 11 December 2018 / Revised: 22 April 2020 / Accepted: 16 May 2022

Abstract

Purpose The purpose of this study was to determine the changes in biomechanical variables during 200-M front crawl on a lower limb in male Thai national swimmer.

Methods Seven male Thai national front crawl swimmers who participated in the 29th SEA GAMES in Malaysia, 2017 volunteered for this study. Changes in biomechanical variables of 200-M front crawl on a lower limb were recorded in the swimming flume. Where the participants were asked to swim at 75% of the maximum 200-M front crawl speed in the swimming pool. The analysis was divided into 4 laps, which were 20-40 m, 70-90 m, 120-140 m, and 170-190 m. The differences in mean values of joint angles and joint velocities were compared using one-way repeated measure ANOVA at the significant level of .05.

Results Overall, the biomechanical variables of a lower limb, including attacking body angle, the angles of ankle joint, knee joint, and hip joint, and the velocities of ankle joint, knee joint, and hip joint were statistically different across 4 phases during a 200-M front crawl swim (all, $P < .05$). As the swimming distance increased, the attacking body angle decreased while the angles of ankle joint, knee joint, and hip joint increased.

Conclusion These findings indicated that biomechanical variables of lower limb change as a function of swimming distance during a 200-M front crawl.

Key Words: Biomechanical variables / Lower limb / Front crawl

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีตนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยประสบความสำเร็จอย่างสูงในการแข่งขันว่ายน้ำระดับนานาชาติอย่างไรก็ตามในปัจจุบันที่ผ่านมาผลงานของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยในการแข่งขันว่ายน้ำระดับนานาชาติประสบความสำเร็จน้อยลง ซึ่งเห็นได้จากสถิติการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาโดยในปี ค.ศ. 2005 นักกีฬาทีมชาติไทยได้เหรียญทองจากการแข่งขันถึง 6 เหรียญ และในปี ค.ศ. 2007 2009 2011 2013 และ 2015 นักกีฬาทีมชาติไทยคว้าเหรียญทองได้ 5 2 8 7 และ 1 เหรียญตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ ครั้งที่ 28 ปี ค.ศ. 2015 ที่ประเทศสิงคโปร์ครั้งล่าสุด นักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยได้เพียง 1 เหรียญทองเท่านั้น ลดลงจากปีก่อนหน้า คือปี ค.ศ. 2013 ได้มากถึง 7 เหรียญทอง กล่าวโดยสรุปถือว่าผลงานในการแข่งขันของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยประสบความสำเร็จน้อยลงเป็นอย่างมาก จึงเห็นได้ว่าความเร็วในการแข่งขันของนักกีฬาทีมชาติไทยยังไม่สามารถสู้นักกีฬาทีมชาติในแถบเอเชียได้ (Chainok et al., 2020)

ความเร็วในการว่ายน้ำ จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการแสดงความสามารถของการว่ายน้ำ (Chengalur and Brown, 1992) การที่นักกีฬาว่ายน้ำจะว่ายน้ำได้ความเร็วที่สูงที่สุดขึ้นอยู่กับปัจจัยไม่ว่าจะเป็น การสร้างสโตรคแขนบริเวณใต้น้ำที่เหมาะสม (Deschodt and Arzac, 2004; Maglischo, 1986) เมื่อ stroke length ลดลง stroke frequency เพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วในการว่ายน้ำของนักกีฬาก็จะลดลงด้วย (Figueiredo et al., 2013) นอกจากความเร็วในการว่ายน้ำจะขึ้นอยู่กับแขนแล้วนั้น การเคลื่อนไหวของขา ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกับการเคลื่อนไหวของแขน (Gatta et al., 2012) ในการว่ายน้ำ การเตะขาสามารถแบ่งได้เป็นสองช่วง คือ ช่วง propulsive phase (downbeat) และช่วง recovery phase (upbeat) ในช่วง propulsive phase คือ จังหวะในการเตะขาลง (downbeat) เริ่มจากการงอของสะโพก โดยการ

ทำงานของกล้ามเนื้อ iliopsoas และกล้ามเนื้อ rectus femoris จะทำหน้าที่ในการเหยียดขา ซึ่งเป็นช่วงเวลานั้นๆ หลังจากเกิดการงอสะโพก ส่วนกล้ามเนื้อ vastus lateralis กล้ามเนื้อ vastus intermedius และกล้ามเนื้อ vastus medialis จะร่วมช่วยในการเหยียดขาด้วยเช่นกัน ในช่วง recovery phase จะเริ่มที่บริเวณสะโพก จากการทำงานของกล้ามเนื้อ gluteal muscles และตามมาด้วยการหดตัวอย่างรวดเร็วของกลุ่มกล้ามเนื้อ hamstrings ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อ biceps femoris กล้ามเนื้อ semitendinosus และกล้ามเนื้อ semimembranosus ซึ่งกล้ามเนื้อทั้งสองกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการเหยียดสะโพก ตลอดการเคลื่อนไหวของการเตะเท่านั้น เท้าจะอยู่ในลักษณะของการงอ (plantarflexed) โดยการทำงานของกล้ามเนื้อ gastrocnemius และ กล้ามเนื้อ soleus ทำให้เกิดแรงผลักที่กระทำกับน้ำในระหว่างช่วงของการเตะขา (McLeod, 2010) แม้ว่ารยางค์ส่วนล่างหรือขาไม่ได้เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนไหวในการว่ายน้ำโดยตรงแต่สามารถช่วยทำให้แกนกลางลำตัวมั่นคงได้ (stabilize the trunk's position) พร้อมทั้งช่วยเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำได้ (Deschodt et al., 1999) และยังพบว่าแรงต้านของน้ำในการว่ายน้ำที่กระทำกับมุมของลำตัวมีผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาหรือมีผลต่อความเร็วในการว่ายน้ำเช่นเดียวกัน (Strzata and Krezatek, 2010) ในขณะที่ leg kick quantity (LKQ) ที่ six beat kick ก็มีอิทธิพลต่อ stroke length แสดงให้เห็นว่า leg kick quantity (LKQ) มีความสำคัญกับความสามารถหรือความเร็วในการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอล (SORTWELL, 2011) เนื่องจากการว่ายน้ำแรงที่ใช้ในการผลักตัวไปด้านหน้าส่วนหนึ่งได้จากร่างกายส่วนล่างคือการเตะขานั้นเอง (Chollet et al., 2000) ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแล้วส่งผลกระทบต่อความเร็วในการว่ายน้ำ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ครอลในยางค์

ส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำยังมีอยู่น้อย ซึ่งปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ก็มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวของนักกีฬานักกีฬาว่ายน้ำ เช่น ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ด้านมุมของการเคลื่อนไหว ซึ่งอาจเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคนิคที่จำเป็นในการพัฒนาความสามารถในการเตะขา (de Jesus et al., 2011) การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางจลนศาสตร์อาจช่วยในการพัฒนาความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาว่ายน้ำได้ (Strzata et al., 2012) ดังนั้นการทราบถึงตัวแปรทางชีวกลศาสตร์จะเป็นความรู้พื้นฐานที่ทำให้ทราบถึงลักษณะของการขับเคลื่อนไปข้างหน้าของการว่ายน้ำได้ (Callaway, 2015) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอลในรยางค์ส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยเพื่อเปรียบเทียบตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในช่วงระยะที่นักกีฬาว่ายน้ำ 4 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก 20-40 เมตร ช่วงสอง 70-90 เมตร ช่วงสาม 120-140 เมตร และช่วงสี่ 170-190 เมตร โดยตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ที่ทำการศึกษาในรยางค์ส่วนล่าง ได้แก่ มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ (Body's angle of attack) มุมของข้อเท้า (Angle of the ankle) มุมของหัวเข่า (Angle of the knee) มุมของสะโพก (Angle of the hip) ความเร็วของข้อเท้า (Velocity of the ankle) ความเร็วของหัวเข่า (Velocity of the knee) และความเร็วของสะโพก (Velocity of the hip) ในการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอล 200 เมตร เพื่อที่จะใช้เป็นประโยชน์ทั้งต่อการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำของประเทศไทยในปัจจุบันในเชิงลึก และการต่อยอดองค์ความรู้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการว่ายน้ำต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอลในรยางค์ส่วนล่างของนักกีฬาว่ายน้ำชายทีมชาติไทย

สมมติฐานของการวิจัย

ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของรยางค์ส่วนล่างในขณะว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอล มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติที่แข่งขันท่าฟรอนท์ ครอล (front crawl) ระยะ 50 เมตร 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 1,500 เมตร ในการแข่งขันซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี พ.ศ. 2560 จำนวน 7 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติที่ได้รับคัดเลือกเข้าร่วมการแข่งขันซีเกมส์ ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี พ.ศ. 2560
2. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติเพศชายที่แข่งขันท่าฟรอนท์ครอลระยะ 50 เมตร 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 1,500 เมตร ในการแข่งขันซีเกมส์ครั้งที่ 29 ณ ประเทศมาเลเซีย ปี พ.ศ. 2560
3. ไม่มีอาการบาดเจ็บที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำ
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยสมัครใจเข้าร่วม

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยขอถอนตัวจากการศึกษาวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดการบาดเจ็บจนเป็นอุปสรรคต่อการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ดำเนินการเก็บข้อมูลเบื้องต้นนักกีฬาว่ายน้ำ ณ สระว่ายน้ำ 50 เมตร ชั้น M ศูนย์กีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลเบื้องต้น	ความเร็วในการว่ายน้ำ (m/s)	ส่วนสูง (cm.)	น้ำหนัก (kg.)	ดัชนีมวลกาย (kg/m ²)
Mean	1.13	173.00	71.67	23.95
SD	0.08	5.07	3.54	0.58

1.1) วัดสัดส่วนร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำ และสอบถามประสบการณ์ในกีฬาว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง

1.2) กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดเหยียดแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) 10 นาที

1.3) กลุ่มตัวอย่างลงอบอุ่นร่างกายในสระ ว่ายน้ำ โดยใช้ความเร็วในการว่ายน้ำที่ระดับกลางของ ความเร็วสูงสุด (medium level of effort) ที่นักกีฬา สามารถว่ายน้ำได้เป็นเวลา 5 นาที

1.4) กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำด้วยความเร็ว สูงสุดที่ตนสามารถว่ายน้ำได้ ในระยะทาง 200 เมตร โดย ออกตัวจากขอบสระ (ไม่ใช้การกระโดด) พร้อมทำการ บันทึกภาพวิดีโอการว่ายน้ำ ด้วยความถี่ 120 เฮิรท์ ตลอดระยะทาง 200 เมตร โดยเฟรมของกล้องต้อง มองเห็นขอบสระทั้ง 2 ด้าน

1.5) นำภาพวิดีโอมาหาความเร็วในการ ว่ายน้ำระยะทาง 200 เมตร

1.6) นำความเร็วที่ได้ไปใช้ในการกำหนด ความเร็วในอุโมงค์น้ำ(Water flume) ที่ 75% ของ ความเร็วสูงสุด

2. ดำเนินการเก็บข้อมูลการทดสอบการ เปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ 200 เมตรท่าฟรอนท์ครอว์ลในรายการค์ส่วนล่างของ นักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย ณ ห้องปฏิบัติการอุโมงค์น้ำ (Water flume) อาคารจุฬาพัฒน์ 10 ชั้น 1 คณะ วิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1) กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย โดยการยืดเหยียดแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) 10 นาที

2.2) ผู้วิจัยติดตั้งอุปกรณ์มาร์กเกอร์ (Marker) สำหรับเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหว 3 มิติ จำนวน 6จุด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Shoulder บริเวณกระดูก Acromion

2.2.2) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Trunk บริเวณกระดูก T8: Thoracic Vertebra

2.2.3) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Hip บริเวณกระดูก Greater trochanter

2.2.4) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Knee บริเวณกระดูก Lateral condyle of the femur

2.2.5) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Ankle บริเวณกระดูก Lateral malleolus

2.2.6) ติดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ Toe บริเวณกระดูก Head of first metatarsal

2.3) ตั้งค่า (Calibration) เครื่องมือในการ บันทึกการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวตัวแปรทาง ชีวกลศาสตร์ โดยใช้ชุดกล้องการวิเคราะห์การ เคลื่อนไหวสำหรับอุโมงค์น้ำ (Qualisys motion capture system) สำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรทาง ชีวกลศาสตร์ทั้งหมด ประกอบด้วยกล้องจำนวน 16 ตัว

2.3.1) กล้องจับภาพการเคลื่อนไหว เหนือ น้ำ Oqus 7+ Series จำนวน 8 ตัว

2.3.2) กล้องจับภาพการเคลื่อนไหว ใต้น้ำ Oqus 7+ Series Underwater จำนวน 7 ตัว

2.3.3) กล้องวิดีโอความเร็วสูงเหนือ
น้ำ Oqus 210c จำนวน 1 ตัว

2.4) กลุ่มตัวอย่างลงอบอุ่นร่างกายใน
อุโมงค์น้ำ โดยใช้ความเร็วในการว่ายน้ำที่ระดับกลางของ
ความเร็วสูงสุด (medium level of effort) ที่นักกีฬา
สามารถทำได้ เพื่อทำความคุ้นเคยและเพื่อตรวจดู
ความเรียบร้อย ของอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นเวลา 5 นาที

2.5) กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบในอุโมงค์น้ำด้วยท่าฟรอนท์ ครอล โดยใช้ความเร็วที่ได้จากการ
คำนวณในระยะทาง 200 เมตร จากการเก็บข้อมูลที่
สระว่ายน้ำก่อนมาเก็บข้อมูลตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ที่
อุโมงค์น้ำ และบันทึกภาพวิดีโอแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบในอุโมงค์น้ำด้วย
ท่าฟรอนท์ครอล

2.6) นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพ
วิดีโอมาหาค่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ โดยแบ่งช่วง
การวิเคราะห์ ดังนี้

- 2.6.1) ช่วง 20-40 เมตร
- 2.6.2) ช่วง 70-90 เมตร
- 2.6.3) ช่วง 120-140 เมตร
- 2.6.4) ช่วง 170-190 เมตร

2.7) เปรียบเทียบข้อมูลทางตัวแปรทาง
ชีวกลศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics
23

2.8) สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัว
แปรทางชีวกลศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS
Statistics 23

2. ทดสอบความแตกต่างของตัวแปรทาง
ชีวกลศาสตร์ของนักว่ายน้ำโดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติ
แบบความแปรปรวนทางเดียว (One-way repeated
measure ANOVA with post-hoc LSD) ในทุกการ
วิเคราะห์ทางสถิติผู้วิจัยใช้ระดับความแตกต่างอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

1. จากตารางที่ 1 จะพบว่า ค่าเฉลี่ยตัวแปร
ทางชีวกลศาสตร์ มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำกับ
 34.00 ± 4.94 องศา มุมของข้อเท้าเท่ากับ
 148.39 ± 14.33 องศา มุมของหัวเข่าเท่ากับ
 158.97 ± 11.29 องศา มุมของสะโพกเท่ากับ
 166.67 ± 5.77 องศา ความเร็วของข้อเท้าเท่ากับ
 1.07 ± 0.41 เมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวเข่าเท่ากับ
 0.51 ± 0.20 เมตรต่อวินาที และความเร็วของสะโพก
เท่ากับ 0.42 ± 0.20 เมตรต่อวินาที

2. จากตารางที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทาง
เดียวชนิดวัดซ้ำ ของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ ได้แก่ มุมที่
ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ มุมของข้อเท้า มุมของ
หัวเข่า มุมของสะโพก ความเร็วของข้อเท้า ความเร็วของ
หัวเข่า และความเร็วของสะโพก ในการว่ายน้ำช่วง
20-40 เมตร ช่วง 70-90 เมตร ช่วง 120-140 เมตร และ
ช่วง 170-190 เมตร พบว่า ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์มี
ความแตกต่างกันเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทดสอบผลต่างเป็นรายคู่
โดยวิธีแอล เอส ดี ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05
พบว่า มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำในการเคลื่อนไหวใน
ระยะ 170-190 เมตร แตกต่างกับมุมที่ลำตัวกระทำต่อ
ผิวน้ำในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 20-40 เมตร
70-90 เมตร และ 120-140 เมตร มุมที่ลำตัวกระทำต่อ
ผิวน้ำในการเคลื่อนไหวในระยะ 70-90 เมตร แตกต่างกับ

มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำในการเคลื่อนไหวของสะโพก ในระยะ 120-140 เมตร มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในระยะ 20-40 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในระยะ 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร มุมการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 170-190 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 20-40 เมตร และ 70-90 เมตร มุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 20-40 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร มุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 70-90 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร มุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 120-140 เมตร แตกต่างกับมุมการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 170-190 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ระยะ 120-140 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของข้อเท้าระยะ 20-40 เมตร และ 70-90 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 120-140 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 20-40 เมตร 70-90 เมตร และ 120-140 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 70-90 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของหัวเข่าในระยะ 20-40 เมตร และ 170-190 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 20-40 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 70-90 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 120-140 เมตร ความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 120-140 เมตร แตกต่างกับความเร็วในการเคลื่อนไหวของสะโพกในระยะ 170-190 เมตร

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานของการวิจัยที่ว่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของรยางค์ส่วนล่างในขณะว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ ครอล มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ ได้แก่ มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ มุมของข้อเท้า มุมของหัวเข่า มุมของสะโพก ความเร็วของข้อเท้า ความเร็วของหัวเข่า และความเร็วของสะโพกในการว่ายน้ำในช่วง 20-40 เมตร 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร มีความแตกต่างกันเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงเป็นไปตามสมมติฐาน

เนื่องจากข้อมูลวิเคราะห์ที่ได้จาก Qualisys motion capture system ได้ออกมาค่อนข้างจะยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้สร้างโมเดลอธิบายการเคลื่อนไหวตัวแปรรยางค์ส่วนล่างด้วยวิธีการ Least Square เมื่อเทียบกับการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion รูปแบบ Damped Spring ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการอธิบายการเคลื่อนที่ได้ดังนี้ $x(t) = Ae^{-bt} \cos(2\pi t + \theta)$ เมื่อ $x(t)$ คือมุมหรือความเร็วของข้อต่อ A คือค่าคงที่ใดๆ ทั้งนี้ในการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion หมายถึงแอมพลิจูด หรือหมายถึงระยะการกระจัดสูงสุดของคลื่น b คือค่าคงที่ใดๆ เป็นค่า discounted factor ของ Damped Spring t คือ ลำดับเฟรมหรือเวลา และ θ คือ เฟสมุมการเคลื่อนที่หรือความเร็วการเคลื่อนที่เริ่มต้นจากกราฟ cosine จากสมการพหุคูณสามารถทำนายมุมการเคลื่อนไหวของมุมข้อเท้า ได้ถูกต้องมากกว่า 90% หัวเข่า 80% ในขณะที่สามารถพยากรณ์มุมการเคลื่อนไหวของสะโพกได้แม่นยำถึง 87% และความเร็วเฉลี่ยของข้อเท้า หัวเข่า ได้ถูกต้องมากกว่า 70%

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรทางสรีรศาสตร์ในการว่ายน้ำช่วง 20-40 เมตร 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 เมตร

ตัวแปร	ช่วงของระยะทางการว่ายน้ำ										F	P-value
	20-40 เมตร		70-90 เมตร		120-140 เมตร		170-190 เมตร		ค่าเฉลี่ย			
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD		
ทางชีวกลศาสตร์												
มุมที่ลำตัวกระทำต่อน้ำ (องศา)	35.83	2.54	36.81	5.88	34.95	2.13	27.10	1.84	34.00	4.94	94.708	0.000*
มุมของข้อเท้า (องศา)	136.74	7.24	139.46	3.56	158.44	13.19	159.32	12.27	148.39	14.33	122.023	0.000*
มุมของหัวเข่า (องศา)	157.61	3.46	157.00	3.76	159.28	18.10	161.91	11.91	158.97	11.29	3.102	0.027*
มุมของสะโพก (องศา)	165.36	4.19	162.37	5.22	167.70	6.24	171.88	2.08	166.67	5.77	56.925	0.000*
ความเร็วของข้อเท้า (เมตรต่อวินาที)	0.98	0.49	1.06	0.37	1.19	0.36	1.07	0.40	1.07	0.41	3.592	0.014*
ความเร็วของหัวเข่า (เมตรต่อวินาที)	0.48	0.19	0.41	0.14	0.64	0.17	0.51	0.21	0.51	0.20	23.268	0.000*
ความเร็วของสะโพก (เมตรต่อวินาที)	0.45	0.31	.38	0.04	0.54	0.15	0.33	0.09	0.42	0.20	19.406	0.000*

ผลการวิจัยทำให้ทราบว่า เมื่อระยะทางในการว่ายน้ำมากขึ้น มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ ในการว่ายน้ำช่วง 20-40 เมตร 70-90 เมตร 120-140 เมตร และ 170-190 มีความแตกต่างกันโดยมุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ สเตตาและเคซาเทก ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมลำตัวที่กระทำกับผิวน้ำ ในการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอลกับค่าเฉลี่ยของความเร็วในการว่ายน้ำ ที่ว่าเมื่อมุมปะทะลดลงความเร็วในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น (Strzata and Krezatek, 2010) และจากการศึกษายังพบค่ามุมลำตัวที่กระทำกับผิวน้ำ เปลี่ยนไปในทิศทางลดลง แสดงให้เห็นว่ามุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ มีความสำคัญต่อความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬา และประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ

นอกจากนี้ ในตัวแปรทางชีวกลศาสตร์อื่นๆ ยังพบว่า มุมของข้อต่อของรยางค์ล่างซึ่งคือขา อันได้แก่ มุมของข้อเท้า มุมของหัวเข่า และมุมของสะโพก มีความแตกต่างกันเมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มมากขึ้นหรือระยะทางไกลขึ้น ซึ่งการเพิ่มความกว้างของมุมอาจเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ ในขณะที่ความเร็วของข้อต่อในแต่ละช่วงในการว่ายน้ำแตกต่างกันด้วย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของข้อต่อในช่วงที่หนึ่ง (20-40 เมตร) จะยังคงไม่แตกต่างจากช่วงที่สอง (70-90 เมตร) อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับช่วงที่สาม (120-140 เมตร) ความเร็วของข้อต่อจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งในช่วงที่สามนี้ความเร็วในการเตะขาก็เพิ่มขึ้นด้วย โดยระยะเวลาในการเตะขาลดลง ขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้น ข้อมูลนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ที่ศึกษาความเร็วในการเตะขาในท่าฟรีสไตล์ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเตะขาเพิ่มขึ้น ความถี่ในการเตะขาจะลดลง (Fulton, Pyne, & Burkett, 2009) ดังนั้นการศึกษการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร จึงสำคัญต่อการว่ายน้ำตามที่ เจซัส กล่าวว่า ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ด้านมุมของการเคลื่อนไหวเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคนิคที่จำเป็นในการพัฒนา

ความสามารถในการเตะขา (de Jesus et al., 2011) และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางจลนศาสตร์ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาว่ายน้ำได้ (Strzata, Krezatek, Kaca, Gtab, Ostrowski, Stanula and Tyka, 2012)

การศึกษการเคลื่อนไหวของการเตะขาขณะว่ายน้ำในท่าฟรอนท์ ครอลของนักกีฬาว่ายน้ำ พบว่าในช่วง propulsive phase (downbeat) หรือช่วงที่นักกีฬาว่ายน้ำเตะขาลงนั้น ใช้ระยะเวลาประมาณ 60% ของการเตะขาขึ้นลงหนึ่งครั้ง และช่วง recovery phase (upbeat) หรือช่วงเตะขาขึ้นของนักกีฬาว่ายน้ำใช้ระยะเวลาอีกประมาณ 40% ในการเตะขาขึ้นกลับไปเพื่อที่จะกลับมาเข้าสู่ช่วง propulsive phase (downbeat) อีกครั้ง หากวิเคราะห์ห้วงรอบของการเตะขา 1 ครั้ง ของข้อเท้า จะพบความสัมพันธ์ของมุมและความเร็วในการเคลื่อนที่ของข้อเท้า โดยในจังหวะ propulsive phase (downbeat) มุมของข้อเท้าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นพร้อมกับความเร็วของข้อเท้าที่มากในช่วงประมาณ 20% แรกของการเตะขา 1 ครั้ง และความเร็วลดลงหลังจากช่วงประมาณ 20% ของการเตะขา 1 ครั้ง ในขณะที่นักกีฬาเตะขาลง (downbeat) เท้าจะอยู่ในลักษณะของการงอ (plantarflexed) มุมของข้อเท้าก็เพิ่มมากขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 40% ในขณะที่ความเร็วของข้อเท้าลดลงเรื่อยๆ จนถึง 40% ของวงรอบการเตะขา 1 ครั้ง ในช่วงประมาณ 40-60% เป็นช่วงเข้าสู่ ช่วง recovery phase (upbeat) มุมของข้อเท้าค่อยๆ ลดลง ความเร็วของข้อเท้าจะเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ และเมื่อเข้าสู่ช่วง recovery phase (upbeat) มุมของข้อเท้าค่อนข้างคงที่ และความเร็วของข้อเท้าลดลง

มุมของหัวเข่าและความเร็วของหัวเข่าของวงรอบของการเตะขา 1 ครั้ง พบว่า ในจังหวะ downbeat มุมของหัวเข่าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนค่าของมุมมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ความเร็วของหัวเข่าจากมากในตอนเริ่มเตะขาค่อยๆ ลดลงจนถึงประมาณ 60% หรือเข้าสู่ช่วง upbeat หลังจากจบช่วง downbeat

เมื่อเริ่มจังหวะ upbeat มุมของหัวเข่าจะค่อยๆ ลดลง และความเร็วของหัวเข่าเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อที่จะกลับเข้าสู่ช่วง downbeat จนครบวงจรของการเตะขา 1 ครั้ง

มุมของสะโพกและความเร็วของสะโพกของวงจรของการเตะขา 1 ครั้ง เนื่องจากสะโพกเป็นข้อต่อที่มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดของข้อต่อร่างกาย ส่วนล่าง ในช่วง downbeat มุมของสะโพกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในประมาณช่วง 20% แรกของวงจรของการเตะขา 1 ครั้ง และค่อยๆ ลดลงจนครบวงจรของการเตะขา 1 ครั้ง ส่วนความเร็วของสะโพกในช่วง downbeat ค่อนข้างคงที่ขึ้นลงบ้างเล็กน้อย และช่วง upbeat จะสังเกตเห็นว่าความเร็วของสะโพกมีความเร็วที่มากขึ้นเป็นช่วงๆ เป็นเพราะการบิดลำตัวทำให้สะโพกมีความเร็วมากขึ้น ในจังหวะ upbeat

ดังนั้น การเคลื่อนไหวของขาหรือร่างกายส่วนล่างในการว่ายน้ำท่าฟรอนท์ครอว์ล ที่มีระยะทางเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเคลื่อนไหวของลำตัว การเคลื่อนไหวของมุมข้อต่อส่วนล่าง สะโพก เข่า และข้อเท้า ในการเตะขา

สรุปผลการวิจัย

ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของร่างกายส่วนล่างในขณะว่ายน้ำ 200 เมตร ท่าฟรอนท์ครอว์ล ได้แก่ มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำ (Body's angle of attack) มุมของข้อเท้า (Angle of the ankle) มุมของหัวเข่า (Angle of the knee) มุมของสะโพก (Angle of the hip) และความถี่ในการเตะขา (Leg-Kick frequency) มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น โดยเมื่อระยะทางในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น มุมที่ลำตัวกระทำต่อผิวน้ำจะลดลง ขณะที่มุมของข้อเท้า หัวเข่า และสะโพกจะเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรทำการศึกษาตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาเพิ่มเติม เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ แลคเตทในเลือด ฯลฯ

2. ควรทำการศึกษาตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในขณะว่ายน้ำเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Callaway, A. J. (2015). Measuring Kinematic Variables in Front Crawl Swimming Using Accelerometers: A Validation Study. *Sensors*, 15(5), 11363-11386.
- Chainok, P., Nakkanueng, H., Sowhasun, I., and Matjiur, R. (2020). Analysis of Specific Pacing Strategy of the 200M and Individual Medley Swimmers in the 45th Thailand National Game. *Journal of Sports Science and Health*, 21(2), 207-221.
- Chengalur, S. N., & Brown, P. L. (1992). An analysis of male and female Olympic swimmers in the 200-meter events. *Canadian journal of sport sciences*, 17(2), 104-109.
- Chollet, D., Chalias, S., & Chatard, J. (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21(1), 54-59.
- de Jesus, K., de Jesus, K., Figueiredo, P., Gonçalves, P., Vilas-Boas, J. P., and Fernandes, R. J. (2011). *Lower Limbs Joints Motion During Submaximal 100-M Butterfly*. Paper presented at the ISBS-Conference Proceedings Archive.

- Deschodt, V., Arsac, L., and Rouard, A. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25- m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(3), 192-199.
- Deschodt, V.J., and Arsac, L.M. (2004). Morning vs. evening maximal cycle power and technical swimming ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 149-154.
- Figueiredo, P., Rouard, A., Vilas-Boas, J.P., and Fernandes, R. J. (2013). Upper- and lower-limb muscular fatigue during the 200-m front crawl. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(7), 716-724.
- Gatta, G., Cortesi, M., and Di Michele, R. (2012). Power production of the lower limbs in flutter-kick swimming. *Sports Biomechanics*, 11(4), 480-491.
- Maglischo, C. , Maglischo, E. , Higgins, J. , Hinricks, R., Luedtke, D., Schleihau, R., and Thayer, A. (1986). A biomechanical analysis of the 1984 US Olympic swimming team: The distance freestylers. *Journal of Swimming Research*, 2(3), 12-16.
- McLeod, I. (2010). *Swimming anatomy*. Human Kinetics Champaign, IL.
- Strzala, M., Krężalek, P., Kaca, M., Głab, G., Ostrowski, A., Stanula, A., and Tyka, A. (2012). Swimming speed of the breaststroke kick. *Journal of human kinetics*, 35(1), 133-139.