

การเปรียบเทียบผลของมุมเข้าขณะวางเท้าบนแท่นออกตัวด้วยระยะความยาวกระดูกหน้าและระยะถนัดที่มีต่อ ความสามารถในการสร้างแรงในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

The Comparison of Knee Angle while Foot placed on the Starting Block among Shin and Dominant Length on Ability to Produce Force in Young Swimmers

ธนษฐ์พงษ์ สุขวงศ์¹, ธนวรรษ บำรุงวงศ์², ปกนิวิช เมฆศิริวิชัย³, ธนกร ไชมุสิก⁴,
มานพ ภูสุวรรณ์⁵, ณัฐธิดา บังเมฆ⁶, ลดาวัลย์ ชุตินากุล⁷, และ วรเมธ ประจงใจ^{8*}

Thanatpong Sukwong¹, Thanawat Bumrungwong², Papinwit Meksiriwit³, Thanakorn Kaimusik⁴,
Manop Phoosuan⁵, Nattida Bungmek⁶, Ladawan Chutimakul⁷, and Vorramate Prajongjai^{8*}

1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

⁷ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 Department of Sports and Exercises Science, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, Thailand

⁷ College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ของมุมเข้าขณะวางเท้าบนแท่นออกตัวด้วยระยะความยาวกระดูกหน้าและระยะถนัดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแรงในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน กลุ่มตัวอย่าง นักกีฬาว่ายน้ำที่ฝึกซ้อมสำหรับการแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศ สโมสรโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน อายุ 14-18 ปี จำนวน 11 คน โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยที่สัปดาห์แรกดำเนินการวัดมุมเข้าของขาที่อยู่ด้านหลังของกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในท่าทางการออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ในระยะถนัด จากนั้นทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูลในมุมเข้าที่วัดมา สัปดาห์ต่อมา ดำเนินการวัดมุมเข้าของขาที่อยู่ด้านหลังของกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในท่าทางการออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ในระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง จากนั้นทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูลในมุมเข้าที่วัดมา การวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการวัดมุมเข้าโดยไม้มิเตอร์วัดมุม (Goniometer) บนแท่นสตาร์ทแบบมีที่ถีบเท้าหลัง (Kick Plate) และทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูลบนแท่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น ความถี่ในการเก็บข้อมูล 600 เฮิรตซ์ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยการทดสอบค่า “ที” และค่า “ซี” กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัยพบว่า แรงสูงสุดสัมพันธ์ และอัตราการพัฒนาแรงสูงสุดสัมพันธ์ 5 วินาที และ ณ ช่วงเวลา 30, 90, และ 150 มิลลิวินาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากท่าทางการออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ของระยะห่างและมุมเข้าทั้ง 2 นั้น ไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าในระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งนั้นสามารถสร้างแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ได้ดีกว่า มากไปกว่านั้น ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างยังคงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ฝึกสอนและนักวิทยาศาสตร์การกีฬาควรให้ความสำคัญและผสมผสานอยู่ในแผนการฝึกซ้อมเสมอ

คำสำคัญ: ว่ายน้ำ การออกตัวว่ายน้ำ แรงสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง

* Corresponding author : p.vorramate@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to compare the relative peak force and rate of force development between the dominant and shin-length feet placed on the starting block in youth swimmers. By using selective sampling, 11 swimmers from the Pathumwan school club at Srinakharinwirot University were selected. The kick start position was shown by participants during the first week of data collection, and their back leg's knee angle was measured. After that, isometric mid-thigh pull testing (IMTP) with a similar knee angle was performed. Participants exhibited the kick start posture on the starting block the following week while data collection was taking place, and they also measured the back leg's knee angle. After that, IMTP testing with a similar knee angle was performed. This current research was measured knee angle by goniometer on starting block (HX-09, FINN Forest) and utilized 600Hz force plate to performing IMTP testing (400S+, Fitness Technology). The mean, standard deviation, and comparison of the data were determined using the paired simple T-test and the Wilcoxon signed rank test, with statistical significance set at the 0.05 level. The findings demonstrated that there was no statistically significant difference at 0.05 between the dominant and shin lengths of feet placed on the starting block in terms of relative peak force and 5 second rate of peak force development, 30, 90, and 150 milliseconds because the length and knee angle were the same. Although, the results were no different between dominant and shin length, shin length showed slightly higher in relative peak force and rate of force development. Additionally, coaches and sports scientists should continue to emphasize the value of lower-body strength and power and include it in training plans.

Keywords: Swim, Swim Start, Peak Force, Rate of Force Development

1. บทนำ

กีฬาว่ายน้ำ เป็นอีกหนึ่งชนิดกีฬาที่มีผู้สนใจเข้าร่วมการแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศหรือเล่นเพื่อพัฒนาสุขภาพก็ตาม เมื่อกล่าวถึงกีฬาว่ายน้ำเพื่อความเป็นเลิศนั้น กล่าวได้ว่า เป็นกีฬาอีกชนิดหนึ่งที่ตัดสินด้วยระยะเวลาในการแข่งขัน บางประเภทในการแข่งขันนั้นใช้ระยะเวลาไม่ถึงหนึ่งนาทีก็ส่งผลให้รู้ผลแพ้ชนะ โดยสามารถสังเกตได้จากสถิติโลกจากการแข่งขันที่ถูกรับรองโดยสหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศ (Fédération Internationale De Natation: FINA) ยกตัวอย่างเช่น ในประเภทฟรีสไตล์ ชาย 50 และ 100 เมตร ระยะเวลาเร็วที่สุด 20.91 และ 46.86 วินาที ตามลำดับ และหญิง ระยะเวลาเร็วที่สุด 23.67 และ 51.71 วินาที ตามลำดับ (Fédération Internationale De Natation, 2022) เป็นต้น ในกีฬาว่ายน้ำหรือในการแข่งขันว่ายน้ำนั้นได้มีการแบ่งช่วงของการว่ายออกเป็นหลาย ๆ ช่วง โดยที่เริ่มต้นจากช่วงของการออกตัว ช่วงของการเริ่มว่ายน้ำ ช่วงของการกลับตัว (ขึ้นอยู่กับระยะที่ว่ายและระยะของสระ) และช่วงของการแตะขอบสระ (Vantorre et al., 2014) จากการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ความสำคัญกับช่วงของการออกตัว เนื่องจากเป็นช่วงแรกสุดของการเริ่มต้นในการแข่งขันและยังถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (Arellano et al., 2000; Cossor & Mason, 2001; Welcher et al., 2008)

สำหรับกีฬาว่ายน้ำนั้นเป็นกีฬาที่มีผู้สนใจศึกษาและวิจัยมากที่สุด จากการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมาของ Slawson et al. (2012) กล่าวว่า 4 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการแข่งขันว่ายน้ำ ได้แก่ การออกตัว ท่าทางการว่ายน้ำ การกลับตัว และการเข้าเส้นชัย จากองค์ประกอบทั้ง 4 นั้น การออกตัว นั้นสามารถคิดเป็นหนึ่งในสี่ของระยะเวลาในการแข่งขัน โดยในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้นในมหกรรมกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อน ณ นครซิดนีย์เมื่อปี 2000 พบว่า เวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นถูกคิดเป็น 0.8 - 26.1% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมด (Tor et al., 2014) โดยการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์นั้นมาจากระยะทางที่สั้นลงในการแข่งขัน (Hay, 1993) มากไปกว่านั้น ช่วงของการออกตัวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความเร็วในแนวราบสูงสุดในขณะออกตัวนั้น

ประมาณ 4 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วกว่า 2 เท่าของช่วงการว่ายน้ำทางต่าง ๆ (Kiuchi et al., 2010) เพราะฉะนั้น เมื่อใดก็ตามที่นักกีฬาว่ายน้ำนั้นมีความสามารถในการออกตัวได้ดั้น หรือออกตัวแล้วสามารถเป็นผู้นำได้ตั้งแต่เริ่มต้น ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการเป็นผู้ชนะในการแข่งขันครั้งนั้น ๆ ได้ รวมถึงเป็นการช่วยลดความกดดันและความเครียดได้อีกด้วย (Cossor & Mason, 2001; Okuno et al., 2002; Slawson, 2010) ดังนั้น การออกตัวจากแท่นออกตัวนั้นจึงเป็นช่วงที่สร้างความได้เปรียบและโอกาสของการเป็นผู้ชนะในการแข่งขันครั้งนั้น ๆ ได้เป็นอย่างดี

จะเห็นได้ว่า รูปแบบและวิธีการออกตัวจากแท่นออกตัวนั้นมีความสำคัญเป็นอันดับแรกที่จะช่วยสนับสนุนให้นักกีฬาว่ายน้ำนั้นมีโอกาสที่จะเป็นผู้ชนะในการแข่งขันครั้งนั้น ๆ ได้ ที่ผ่านมารูปแบบการออกตัวในนักกีฬาว่ายน้ำนั้นแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การยืนออกตัวบนแท่นออกตัวโดยเท้าทั้ง 2 ข้างขนานกัน (Grab Start) และการยืนออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Track Start) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า การยืนออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Track Start) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในหมู่นักว่ายน้ำระดับสูง (Cossor, J., & Mason, B., 2001) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการยืนออกตัวบนแท่นออกตัวของ 2 รูปแบบนั้น พบว่า การยืนออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Track Start) ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า และได้ระยะทางในการลอยตัวไกลกว่า (Miller et al., 2003) ต่อมาในปี 2009 เป็นต้นมา สหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศได้อนุมัติการใช้แท่นออกตัวแบบที่ถีบด้านหลัง (Omega, OSB11) ในการแข่งขันในระดับนานาชาติ จึงเกิดการศึกษาและวิจัยของ Honda et al. (2010) เปรียบเทียบระหว่างการยืนออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Track Start) และการออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าบนแท่นออกตัว มีความเร็วและแรงในแนวราบที่สูงกว่าอีกด้วย นอกเหนือไปจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาของ Cicienia et al. (2019) ศึกษา เกี่ยวกับตำแหน่งของที่ถีบด้านหลังของแท่นออกตัวที่ส่งผลให้เกิดการออกตัวที่ดีที่สุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งของที่ถีบด้านหลังควรอยู่ห่างจากสันเท้าหน้าทีระยะความยาวของกระดูกหน้าแข้งนั่นเอง

อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับ การออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) ยังเป็นที่ถกเถียงกันเป็นอย่างมาก เนื่องจาก ตำแหน่งของที่ถีบด้านหลังมีระยะจำกัด ตำแหน่งที่ดีที่สุดของนักกีฬาแต่ละคนไม่น่าจะเป็นตำแหน่งเดียวกัน และยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแรงและอัตราการพัฒนาแรง ดังนั้น ผู้วิจัยและคณะจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบแรงสูงสุดสัมผัสและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ระหว่างการออกตัวบนแท่นออกตัวโดยยืนแบบเท้าหน้าเท้าตามวางบนที่ถีบด้านหลัง (Kick Start) โดยระยะห่างระหว่างเท้าเป็นระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะที่ถีบด้านหลังในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นผลย้อนกลับให้กับผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา และนักกีฬาว่ายน้ำ เพื่อพัฒนาความสามารถต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ของมุมเข้าขณะวางเท้าบนแท่นออกตัวด้วยระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถีบด้านหลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างแรงในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร

นักกีฬาว่ายน้ำแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศ สโมสรโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำ สโมสรโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน อายุ 14-18 ปี จำนวน 11 คน (เพศชาย 7 คน เพศหญิง 4 คน) โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์ ดังนี้

3.2.1 เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการศึกษา (Inclusion Criteria)

- 1) เป็นนักกีฬาที่แข่งขันเพื่อความเป็นเลิศเฉพาะ ท่าฟรีสไตล์ (Crawl Stroke), ท่ากบ (Breaststroke), และท่าผีเสื้อ (Butterfly) หรือทำเดี่ยวผสม (Individual Medley) ที่มีอายุ 14-18 ปี
- 2) มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำหรือแข่งขันอย่างน้อย 2 ปี และฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
- 3) มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้าหน้าเท้าตาม (Track Start)
- 4) ไม่เคยมีประวัติหรือได้รับบาดเจ็บ ที่รุนแรงหรือมีการบาดเจ็บเรื้อรัง
- 5) มีความสนใจในการเข้าร่วมการศึกษาค้างนี้ และยินยติลงนามในเอกสารยินยอม

3.2.2 เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

- 1) มีการบาดเจ็บ หรือมีเหตุที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้ เช่น การบาดเจ็บบริเวณขา เอ็นข้อต่อต่าง ๆ จากการฝึกซ้อม หรือประสบอุบัติเหตุ เป็นต้น
- 2) เป็นโรคติดต่อร้ายแรง
- 3) ไม่สามารถเข้าร่วมการศึกษาค้างนี้ ได้ครบถ้วนตามรูปแบบที่กำหนดไว้

3.2.3 การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเข้าพบผู้ฝึกสอนและกลุ่มตัวอย่าง โดยแนะนำตนเอง และอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการศึกษา และชี้แจงให้ทราบว่าการเข้าร่วมในการศึกษาเป็นการเข้าร่วมโดยสมัครใจ สามารถแจ้งการขอออกจากการศึกษาได้ก่อนที่จะสิ้นสุดลง โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่ผลอันใดต่อกลุ่มตัวอย่างและครอบครัว ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างถือเป็นความลับ และนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้างนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม ทั้งนี้ ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมด้วยตนเอง หากผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดอาการบาดเจ็บในขณะดำเนินการทดลองหรือเป็นผลมาจากการทดลอง ผู้วิจัยจะพาไปพบแพทย์และจะเป็นผู้ดำเนินการออกค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งหมด

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แท่นสตาร์ทแบบมีที่ถีบเท้าหลัง (Kick Plate) รุ่น HX-09 ตราสินค้า FINN Forest

3.3.2 แท่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น ขนาด 90 เซนติเมตร x 90 เซนติเมตร รุ่น 400S+ ตราสินค้า Fitness Technology

1) ความถี่ในการเก็บข้อมูล 600 Hz

2) รับสัญญาณจาก 4 ช่องสัญญาณ ได้แก่ Fz1, Fz2, Fz3 และ Fz4

3.3.3 โครงสร้างเหล็กสำหรับการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูลและบาร์เบล (Mid-Thigh Pull Rig)

3.3.4 ซอฟต์แวร์ควบคุม Ballistic Measurement System Software ตราสินค้า Fitness Technology

3.3.5 ไบรด์วัดมุม (Goniometer)

3.3.6 อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกาย รับประกันโดย มอก. (Measurement Tape)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลไปยัง โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จังหวัด กรุงเทพมหานคร

3.4.2 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย ระยะเวลาในการวิจัย และสถิติการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูล ให้กับกลุ่มตัวอย่างได้ทราบเพื่อปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด และสิทธิประโยชน์ของผู้เข้าร่วมวิจัย เช่น สิทธิที่จะได้รับการปกปิดข้อมูลเป็นความลับ การตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัย สามารถตัดสินใจในการเข้าร่วมได้อย่างอิสระ

3.4.3 ผู้วิจัยดำเนินการวัดและบันทึก ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง

3.4.4 ผู้วิจัยดำเนินการวัดและบันทึก ระยะความยาวหน้าแข้ง โดยวัดจาก Lateral Tibial Condyle จนถึง The Lateral Malleolus เพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างการวางเท้าหน้าและเท้าตามบนแผ่นออกตัว

3.4.5 กลุ่มตัวอย่าง อยู่ในท่าเตรียมพร้อมในการออกตัวบนแผ่นออกตัว โดยระยะห่างระหว่างเท้าหน้าและเท้าตามเป็นไปตามระยะความยาวหน้าแข้ง

3.4.6 ผู้วิจัยดำเนินการวัดและบันทึก มุมเข้าของขาที่อยู่ด้านหลัง เพื่อกำหนดมุมเข้าในการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูล

3.4.7 กลุ่มตัวอย่าง อยู่ในท่าเตรียมพร้อมในการออกตัวบนแผ่นออกตัว โดยระยะห่างระหว่างเท้าหน้าและเท้าตามเป็นไปตามระยะที่ถนัด

3.4.8 ผู้วิจัยดำเนินการวัดและบันทึก มุมเข้าของขาที่อยู่ด้านหลัง เพื่อกำหนดมุมเข้าในการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูล

3.4.9 กลุ่มตัวอย่าง อบอุ่นร่างกาย ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เวลา 15 นาที

3.4.10 กลุ่มตัวอย่าง ทำความคุ้นเคยกับชุดโครงสร้างเหล็กสำหรับการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูล โดยยืนบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยา โดยกำหนดมุมมองขาของข้อเข่าที่ได้จากการวัดและบันทึกตามระยะความยาวหน้าแข้งและระยะถนัด ตามลำดับ จากนั้นมือทั้ง 2 ข้างจับบาร์เบลที่ความกว้าง 100% จากความกว้างของปุ่มกระดูกหัวไหล่ และออกแรงดึงบาร์เบลด้วยความสามารถ 50% ระยะเวลา 5 วินาที

3.4.11 กลุ่มตัวอย่าง ยืนบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยา โดยกำหนดมุมมองขาของข้อเข่าที่ได้จากการวัดและบันทึกตามระยะความยาวหน้าแข้ง จากนั้นมือทั้ง 2 ข้างจับบาร์เบลที่ความกว้าง 100% จากความกว้างของปุ่มกระดูกหัวไหล่ และออกแรงดึงบาร์เบลด้วยความสามารถ 100% ระยะเวลา 5 วินาที จำนวน 2 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 5 นาที

3.4.12 กลุ่มตัวอย่าง ยืนบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยา โดยกำหนดมุมมองขาของข้อเข่าที่ได้จากการวัดและบันทึกตามระยะถนัด จากนั้นมือทั้ง 2 ข้างจับบาร์เบลที่ความกว้าง 100% จากความกว้างของปุ่มกระดูกหัวไหล่ และออกแรงดึงบาร์เบลด้วยความสามารถ 100% ระยะเวลา 5 วินาที จำนวน 2 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 5 นาที

3.4.13 ผู้วิจัยให้สัญญาณ “เริ่ม” และ “หยุด” ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยก่อนดึงทุกครั้งผู้วิจัยจะแนะนำว่า “ดึงและเหยียบลงด้วยความสามารถสูงสุด ดึงและเหยียบลงด้วยความเร็วที่สุดและแรงสุด” โดยกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนดำเนินการทดสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

3.4.14 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 นำค่าแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงที่ดีที่สุดจาก 2 ครั้งจากการเก็บรวบรวมจากการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง มาหารด้วยน้ำหนักร่างกายของแต่ละบุคคล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป IBM SPSS version 21 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

3.5.2 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป

3.5.3 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงสูงสุดสัมพัทธ์ และอัตราการพัฒนาแรงสัมพัทธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, และ 150 มิลลิวินาที

3.5.4 วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลที่ได้มา (Normality Test) ด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk Test)

1) หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงสูงสุดสัมพัทธ์และอัตราการพัฒนาแรงสัมพัทธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ของระยะความยาวหน้าแข้งและระยะถนัด ด้วยวิธีการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (Paired Sample T-test)

2) หากข้อมูลแจกแจงแบบไม่ปกติ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงสูงสุดสัมพัทธ์และอัตราการพัฒนาแรงสัมพัทธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ของระยะความยาวหน้าแข้งและระยะถนัด ด้วยวิธีการทดสอบค่าที่แบบวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Rank Test)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาในครั้งนี้ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 15.30 ± 1.49 ปี ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 61.10 ± 10.27 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยส่วนสูงเท่ากับ 170.60 ± 7.66 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวหน้าแข้งเท่ากับ 42.65 ± 1.76 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยระยะห่างการวางเท้าถนัดเท่ากับ 41.92 ± 1.01 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยระยะห่างการวางเท้าตามระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งเท่ากับ 42.65 ± 1.76 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยมุมเข่าหลัง ระยะถนัดเท่ากับ 89.00 ± 8.04 องศา และค่าเฉลี่ยมุมเข่าหลัง ความยาวกระดูกหน้าแข้งเท่ากับ 90.40 ± 6.45 องศา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	$\bar{x}$	SD
อายุ (ปี)	15.30	1.49
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.10	10.27
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.60	7.66
ระยะห่างการวางเท้าถนัด (เซนติเมตร)	41.92	1.01
ระยะห่างการวางเท้าตามระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง (เซนติเมตร)	42.65	1.76
มุมเข่าหลัง ระยะถนัด (องศา)	89.00	8.04
มุมเข่าหลัง ความยาวกระดูกหน้าแข้ง (องศา)	90.40	6.45

ผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดของการวางเท้าบนแท่นออกตัวในนักกีฬาวัยน้ำเยาวชน พบว่า มีค่าเฉลี่ยระยะห่างการวางเท้าถนัดและระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง เท่ากับ 41.92 ± 1.01 และ 42.65 ± 1.76 เซนติเมตร ตามลำดับค่าเฉลี่ยมุมเข่าหลัง ระยะถนัดและระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง เท่ากับ 89.00 ± 8.04 และ 90.40 ± 6.45 องศา ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดสัมพันธ์ระยะถนัดของการวางเท้า และระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง เท่ากับ 24.31 ± 7.40 และ 24.52 ± 3.38 นิวตัน/กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์สูงสุด 5 วินาทีของระยะถนัด และระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง เท่ากับ 77.25 ± 26.09 และ 111.02 ± 71.38 นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ของระยะถนัด และระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง ณ ช่วงเวลา 30 มิลลิวินาที เท่ากับ 9.98 ± 5.68 และ 9.48 ± 6.47 นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ของระยะถนัด และระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง ณ ช่วงเวลา 90 มิลลิวินาที เท่ากับ 23.68 ± 12.05 และ 28.76 ± 11.06 นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ของระยะถนัด และระยะความยาวกระดูกหน้าแข้ง ณ ช่วงเวลา 150 มิลลิวินาที เท่ากับ 32.20 ± 15.60 และ 34.50 ± 11.08 นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการเปรียบเทียบ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดของการวางเท้าบนแท่นออกตัวในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

การเปรียบเทียบ	ระยะถนัด	ระยะความยาว กระดูกหน้าแข้ง	ค่าสถิติ	p-value
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
ระยะห่างการวางเท้า (เซนติเมตร)	41.92 $\pm$ 1.01	42.65 $\pm$ 1.76	1.927	0.086
มุมมองขาเข้า (องศา)	89.00 $\pm$ 8.04	90.40 $\pm$ 6.45	1.413	0.191
แรงสูงสุดสัมพันธ์ (นิวตัน/กิโลกรัม)	24.31 $\pm$ 7.40	24.52 $\pm$ 3.38	t = 0.083	0.935
อัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์สูงสุด 5 วินาที (นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม)	77.25 $\pm$ 26.09	111.02 $\pm$ 71.38	z = 0.968	0.333
ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ ณ ช่วงเวลา 30 มิลลิวินาที (นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม)	9.98 $\pm$ 5.68	9.48 $\pm$ 6.47	z = 0.255	0.799
ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ ณ ช่วงเวลา 90 มิลลิวินาที (นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม)	23.68 $\pm$ 12.05	28.76 $\pm$ 11.06	z = 1.274	0.203
ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์ ณ ช่วงเวลา 150 มิลลิวินาที (นิวตัน/มิลลิวินาที/กิโลกรัม)	32.20 $\pm$ 15.60	34.50 $\pm$ 11.08	t = 0.540	0.602

*p<0.05

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบ ระยะห่างการวางเท้า มุมองศาขาเข้าหลัง แรงสูงสุดสัมพันธ์ และอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ระหว่างระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดของการวางเท้าบนแท่นออกตัวในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ปรากฏว่า ผลการเปรียบเทียบไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจาก ระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดในการวางเท้าของนักกีฬาที่นำมากำหนดระยะของการวางเท้านั้นมีความใกล้เคียงกันมาก โดยสังเกตได้จากผลของการเปรียบเทียบระยะห่างการวางเท้าของทั้ง 2 รูปแบบซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากไปกว่านั้น ระยะห่างการวางเท้าทั้ง 2 รูปแบบที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อมุมของข้อเข้าของทั้ง 2 รูปแบบที่มาใช้เป็นตัวกำหนดในการทดสอบไอโซเมตริกมิดไทด์พูลซึ่งผลปรากฏว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน นอกเหนือไปจากนี้สัดส่วน ความยาวของร่างกายเป็นปัจจัยที่ควรจะนำมาพิจารณาช่วยในการศึกษาครั้งต่อไป

ประการต่อมา ความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของการเปรียบเทียบระหว่างแรงสูงสุดสัมพันธ์และอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ของระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดของการวางเท้าบนแท่นออกตัวในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนนั้น เมื่อสังเกตค่าเฉลี่ยแล้วมีความเป็นไปได้ว่า การวางเท้าบนแท่นออกตัวด้วยระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งนั้นสามารถสร้างแรงสูงสุดสัมพันธ์และอัตราการพัฒนาแรงสัมพันธ์สูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ได้ดีกว่าระยะถนัด

จากข้อสังเกตดังกล่าวนี้ สามารถเสนอแนะได้ว่า การวางเท้าบนแท่นออกตัวด้วยระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งนั้นอาจจะมีประสิทธิภาพได้มากกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Taber et al. (2016) ที่กล่าวว่า อัตราการพัฒนาแรงสัมผัสเป็นกุญแจสำคัญในการส่งเสริมทักษะเฉพาะเจาะจงด้านกีฬาที่ต้องการแรงสูงสุดในช่วงเวลาที่จำกัด เช่น การวิ่ง การกระโดด การขว้าง และการเตะ เป็นต้น ซึ่งการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำนั้นลักษณะเป็นการถ่วงตัวคล้ายคลึงกับการกระโดดนั่นเอง ซึ่งต้องอาศัยแรงสูงสุดในช่วงระยะเวลาอันสั้น ยิ่งถ้าเป็นนักกีฬายู่นี้นั้นการออกตัวได้เร็วและได้ไกลส่งผลต่อระยะเวลาในการว่ายทั้งสิ้นซึ่งสอดคล้องกับ Cossor & Mason. (2001) และ Hannula & Thornton. (2001) สรุปได้ว่า ระยะเวลาที่ใช้บนแท่นออกตัวในการกระโดดนั้นยิ่งน้อยยิ่งส่งผลดีต่อนักกีฬายู่นี้นั้นมากกว่าระยะไกล และการออกตัวที่ดีที่สุดจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกจากแท่นกระโดดได้อย่างรวดเร็วและสามารถลงน้ำได้อย่างรวดเร็วในมุมที่เหมาะสมซึ่งส่งผลต่อความเร็วได้อีกด้วย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถเสนอแนะได้ว่า ตำแหน่งในการวางเท้าหลังของนักกีฬายู่นี้นั้นในการออกตัวบนแท่นออกตัวนั้น หากมีการวางเท้าห่างกันมากขึ้น โดยปรับตำแหน่งของที่ถีบเท้าหลัง (Kick Plate) ให้ไกลออกไปนั้น มีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถสร้างแรงได้ดีกว่า สอดคล้องกับ Cicienia et al. (2019) สรุปได้ว่า ตำแหน่งที่ถีบเท้าหลังถ้าอยู่ไกลจะช่วยเรื่องการลดระยะเวลาปฏิบัติได้ แต่ถ้าไกลออกไปจะช่วยสนับสนุนในการสร้างแรงในการถ่วงตัวออกจากแท่น มากไปกว่านั้น Slawson et al. (2012) ศึกษาตำแหน่งมุมเข่าด้านหลังและการสร้างแรงโดยจัดตำแหน่งที่ถีบเท้าหลัง (Kick Plate) โดยกล่าวว่า การสร้างแรงในแนวราบมีมากที่สุดเมื่อมุมเข่าด้านหลังของนักกีฬายู่นี้นั้นอยู่ระหว่าง 100-110 องศา และออกแรงในแนวตั้งมากที่สุดที่ 90 องศา ในทางปฏิบัติ นอกเหนือไปจากนี้ หากสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายในนักกีฬายู่นี้นั้นได้ จะช่วยส่งผลให้มีความสามารถในการออกตัวได้ดีขึ้นอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Tor et al. (2015) กล่าวว่า นักกีฬายู่นี้นั้นหากสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าต่อสัญญาณปล่อยตัวได้ดีและการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย จะส่งผลลดระยะบนแท่นออกตัวได้ดีซึ่งมีผลต่อระยะเวลาในการแข่งขันนั้น ๆ นอกเหนือไปจากนี้ การศึกษาของ West et al. (2011) สรุปว่า หลักฐานสำคัญจากการศึกษาและวิจัยให้ความสำคัญกับความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายที่ส่งผลต่อช่วงเวลาในการออกตัวในนักกีฬายู่นี้นั้นระยะ 50 เมตรระดับนานาชาติ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบข้อจำกัดบางประการที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการศึกษา ได้แก่ การทดสอบไอโซเมตริกมิเตอร์พูล เป็นการทดสอบแรงบนแท่นวัดแรงปฏิบัติในแนวตั้ง แต่การสร้างแรงในการออกตัวของนักกีฬายู่นี้นั้นมีการผสมผสานกันมากกว่า 1 แกน ดังนั้น การศึกษาในครั้งต่อไป ควรใช้แท่นวัดแรงที่มีมากกว่า 1 แนวแรงในการวัด หรือใช้แท่นกระโดดที่มีแท่นวัดแรงติดตั้งอยู่แทนที่ปัจจุบัน

6.สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า ระยะทางการวางเท้า มุมองศาเข่าขาหลัง แรงสูงสุดสัมผัส และ อัตราการพัฒนาแรงสัมผัสสูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาที ระหว่างระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งและระยะถนัดของการวางเท้าบนแท่นออกตัวในนักกีฬายู่นี้นั้น โดยระยะความยาวกระดูกหน้าแข้งของกลุ่มตัวอย่าง มีความเป็นไปได้ว่าเป็นระยะการวางเท้าที่ดีที่สุด แต่หากเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างเท้าหน้าและเท้าหลังนั้น อาจจะส่งผลที่ดีขึ้น ตามลำดับ ทั้งนี้ ปัจจัยเรื่องสัดส่วนและความยาวของร่างกายควรนำมาพิจารณาด้วย

สำหรับ แรงสูงสุดสัมผัส และอัตราการพัฒนาแรงสัมผัสสูงสุด 5 วินาทีและ ณ ช่วงเวลา 30, 90, 150 มิลลิวินาทีสามารถนำมาพยากรณ์บอกได้ว่านักกีฬาคณะใดที่มีความสามารถในการออกตัวจากแท่นได้ไกล และได้เร็วกว่ากัน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทางด้านตัวแปรทางสรีรวิทยากับความสามารถในการสร้างแรง เช่น คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ, เปรียบเทียบความสูงและความยาวของร่างกายในท่าทางกระโดดที่ดีที่สุด เป็นต้น

7.2 ผู้ฝึกสอน และนักวิทยาศาสตร์การกีฬา สามารถนำค่าเฉลี่ยมุมข้อเข่าและระยะห่างระหว่างเท้าทั้ง 2 ข้างไปใช้เป็นแนวทางของรูปแบบการฝึกซ้อมในการออกตัวบนแท่นให้กับนักกีฬาได้ดีควรพิจารณาสัดส่วนของร่างกายและความยาวร่างกายร่วมด้วย

7.3 ฝึกสอน และนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ควรมีโปรแกรมการฝึกและพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายผสมผสานอยู่ในแผนการฝึกซ้อมด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน จังหวัด กรุงเทพมหานครที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้ และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาวัยน้ำของ สโมสรและโรงเรียนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ได้อนุเคราะห์ให้นักศึกษาช่วยเก็บข้อมูล และให้ยืมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถภาพ จนการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- Arellano, R., Pardillo, S., De La Fuente, B., & García, F. (2000, 25-30 June). A system to improve the swimming start technique using force recording, timing and kinematic analyses. *18 International symposium on biomechanics in sports*, Hong Kong, China.
- Cicenia, A., Oster, C., & Mokha, M. (2019). Kick plate position and track start biomechanics in elite swimmers. *Journal of Exercise and Nutrition*, 2(3), 12.
- Cossor, J., & Mason, B. (2001). Swim Start Performances at the Sydney 2000 Olympic Games. *19 International symposium on biomechanics in sports*, San Francisco, USA.
- Fédération Internationale De Natation. (2022). *Swimming world records*. <https://www.fina.org/>
- Hannula, D. L., & Thornton, N. (2001). *The swim coaching bible* (Vol. 1). Human Kinetics, Inc.
- Hay, J. C. (1993). *The biomechanics of sports techniques* (Vol. 4). Benjamin-Cummings publishing company, USA.
- Honda, K., Sinclair, P., Mason, B., & Pease, D. (2010). A biomechanical comparison of elite swimmers start performance using the traditional track start and the new kick start. *XIth International symposium on biomechanics and medicine in swimming*, Oslo, Norwegian
- Kiuchi, H., Nakashima, M., Cheng, K. B., & Hubbard, M. (2010). Modelling fluid forces in the dive start of competitive swimming. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 5(4), 314-328. <https://doi.org/10.1299/jbse.5.314>
- Miller, M., Allen, D., & Pein, R. (2003, June 21-23). A kinetic and kinematic comparison of the grab and track starts in swimming. *IXth International symposium on biomechanics and medicine in swimming*, Saint-Etienne.
- Okuno, K., Ikuta, Y., Wakayoshi, K., Nomura, T., Takagi, H., Ito, S., Ogita, F., Ohgi, Y., Tachi, M., Miyashita, M. (2002). Stroke characteristics of world class male swimmers in freestyle events of the 9th FINA world swimming championships 2001 Fukuoka. *IXth International symposium on biomechanics and medicine in swimming*, University of Saint-Etienne, France.
- Slawson, S. (2010). *A novel monitoring system for the training of elite swimmers* [Loughborough University]. Loughborough University, United Kingdom.

- Slawson, S., Chakravorti, N., Conway, P., Cossor, J., & West, A. (2012). The effect of knee angle on force production, in swimming starts, using the OSB11 block. *Procedia Engineering*, 34, 801-806.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.137>
- Taber, C., Bellon, C., Abbott, H., & Bingham, G. E. (2016). Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power. *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 71-78.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000193>
- Tor, E., Pease, D., & Ball, K. (2014). Characteristics of an elite swimming start. *XIIth International symposium for biomechanics and medicine in swimming*, Canberra, Australian.
- Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of sports sciences*, 33(13), 1313-1321.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: A review. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 223-231.
- Welcher, R. L., Hinrichs, R. N., & George, T. R. (2008). Front-or rear-weighted track start or grab start: which is the best for female swimmers? *Sports biomechanics*, 7(1), 100-113.
<https://doi.org/10.1080/14763140701683247>
- West, D. J., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2011). Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(4), 950-955. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c8656f>