การวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามในนักกีฬาว่ายน้ำชายระดับมหาวิทยาลัย

ทัตพิชา พงษ์ศิริ[1] ดวงพร เบญจนราสุทธิ์[2] และ นงนภัส เจริญพานิช[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2]คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Received: 6 October 2561 / Revised: 29 January 2563 / Accepted: 6 March 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ (Maximum Effort)

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างคือ นักกีฬาว่ายน้ำชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 13 คน ทำการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามด้วยความเร็วในการออกตัวสูงสุดจำนวน 10 ครั้ง เลือกครั้งที่ออกตัวได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวด้วยกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ ทำการติดมาร์คเกอร์ตามรูปแบบ Plug-In Gait Body Marker Placement จำนวน 4 จุด ส่วนยอดของกะโหลกศีรษะ, ปลายนิ้วกลางข้างซ้าย, ปุ่มกระดูกอุ้งเชิงกรานข้างซ้าย และส่วนปลายของนิ้วเท้าที่ห้าข้างซ้าย นำค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลทางคิเนเมติกส์เปรียบเทียบผลระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุด ด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า ความเร็วในแนวราบขณะออกตัว มุมในการออกตัว ระยะเวลาในการลอยตัว มุมในการลงสู่น้ำ และระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะทางในการออกตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการลอยตัวเพิ่มขึ้น ขณะที่มุมในการลงสู่น้ำ และระยะเวลาในการมุดน้ำน้อยลง อย่างไรก็ตาม ความเร็วในแนวราบขณะลงสู่น้ำออกตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การกระโดดออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่มีประสิทธิภาพควรมีระยะทางในการกระโดดออกตัวไกลที่สุดเท่าที่นักกีฬาสามารถทำได้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลงสู่น้ำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งควรมีระยะประมาณ 2 เท่าของความสูงของนักกีฬา

คำสำคัญ: ช่วงออกตัว / การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม / คิเนเมติกส์ / ระยะทางการกระโดด

Corresponding Author: อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
E-mail: nongnapas.C@chula.ac.th

KINEMATIC ANALYSIS OF A TRACK SWIMMING START IN MALE UNIVERSITY SWIMMERS

Tatpicha Pongsiri[1] Duangporn Benjanarasut[2] and Nongnapas Charoenpanich[1]

[1]Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

[2]Faculty of Physical Therapy, Huachiew Chalermprakiet University

Received: 6 October 2018 / Revised: 29 January 2020 / Accepted: 6 March 2020

Abstract

Purpose: The purpose of this research was to study and compare the kinematics data of track swimming start during short and long flight distance in male university swimmers.

Methods: Thirteen male swimmers from Chulalongkorn University were recruited for this study. Each swimmer performed a track swimming start with a maximum start speed ten times in which the shortest and the longest flight distance were chosen for analysis. 3-D kinematic was captured with four markers were placed on vertex of the skull, tip of left middle finger, tip of left iliac crest and head of left fifth metatarsal based on the Plug-In Gait Body Marker Placement. The paired t-test was used to compare differences in kinematics data of short and long flight distance. A level of significant was set at p-value $\leq$ 0.05.

Results: The results showed that the horizontal velocity at take-off, take-off angle, flight time, entry angles, and time to entry were differences ($p<0.05$) between the longest and shortest flight distance. When the flight distance increased, the flight time increased but not time to entry. However, the horizontal velocity to entry was not significant different between two flight distances.

Conclusion: A long-flight distance (about 2 times the height of athlete) is more effective in allowing swimmers to enter the water quickly compared to a short-flight distance.

Keywords: Swimming Start / Track Swimming Start / Kinematics / Flight Distance

Corresponding Author: Nongnapas Charoenpanich, Ph.D., Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand; E-mail: nongnapas.C@chula.ac.th\

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาว่ายน้ำ เป็นกีฬาที่ต้องตัดสินกันด้วยเวลาซึ่งการแข่งขันบางประเภทใช้เวลาในการแข่งขันไม่ถึงหนึ่งนาที ซึ่งผลแพ้ชนะขึ้นอยู่กับเวลาเพียงเสี้ยววินาที ในการแข่งขันว่ายน้ำ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีผลแพ้ชนะมี 4 ปัจจัย ได้แก่การออกตัว ท่าทางการว่ายน้ำท่าทางต่าง ๆ ความเร็วในการกลับตัว และเทคนิคการเข้าเส้นชัย จากปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยนี้ การออกตัว จัดเป็นปัจจัยที่ช่วยให้นักกีฬาว่ายน้ำออกนำได้ตั้งแต่เริ่มการแข่งขัน ส่งผลให้เพิ่มโอกาสชนะ และลดความเครียดของนักกีฬาได้ (Slawson, Conway, Cossor, Chakravorti, and West, 2013) โดยได้มีการแบ่งช่วงการว่ายออกเป็นหลายส่วน เริ่มจากช่วงออกตัว, ช่วงของการว่ายน้ำ, ช่วงกลับตัว และช่วงแตะขอบสระ (Vantorre, Chollet, and Seifart, 2014) ช่วงออกตัว (Swimming start) หมายถึงช่วงแรกสุดของการเริ่มต้นการแข่งขันว่ายน้ำ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (Sprint event) ตัวอย่างเช่น การแข่งขันว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์หญิง ในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่กรุงปักกิ่ง ปี 2008 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 26% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมด (Slawson, Conway, Justham, Le Sage, and West, 2010) และพบว่า นักกีฬาสามารถทำเวลาในช่วงออกตัวได้ดีเท่าใด จะส่งผลให้สามารถทำความเร็วในช่วงอื่น ๆ ได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากช่วงออกตัวเป็นช่วงที่นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้สูงสุด (Arellano et al., 2001; Cossor and Mason 2001; Welcher, Hinrichs, and George, 2008) ดังนั้นในการแข่งขันว่ายน้ำโดยเฉพาะการแข่งขันระยะสั้น ช่วงออกตัวจึงเป็นช่วงสำคัญที่ช่วยในการเพิ่มโอกาสการชนะการแข่งขันได้มากขึ้น (Hay, 1986)

ในปัจจุบันมีการออกตัว 2 รูปแบบที่ใช้สำหรับการว่ายน้ำ 3 ท่า ได้แก่ การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start) และ การออกตัวแบบจับแท่น (Grab start) โดยการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม เริ่มต้นโดย Hanauer ในปี ค.ศ. 1960 โดยมีลักษณะเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นออกตัว และเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นออกตัว ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่บริเวณด้านหน้าของแท่น ส่วนการออกตัวแบบจับแท่น ถูกคิดค้นโดย Fitzgerald ในปี ค.ศ. 1973 (Jorgic et al., 2010) โดยมีลักษณะเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นออกตัว และเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นออกตัว ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่ด้านหน้าของแท่น การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลอยู่ทางด้านหน้ามากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น จึงทำให้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่น และช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อกที่สั้นกว่า มีเวลาการเคลื่อนไหวและเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่น (Blanksby, Nicholson, and Elliott, 2002; Lee, Huang, and Lee, 2012)

นอกจากนี้ ระยะทางในการออกตัว (Flight distance) ก็เป็นหนึ่งตัวแปรสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพของการออกตัวของนักกีฬาในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น ที่ส่งผลต่อเนื่องไปยังความเร็วของช่วงหลังลงน้ำหรือช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งระยะทางดังกล่าวเป็นผลต่อเนื่องมาจากแรงส่งจากช่วงบนแท่นออกตัว และลักษณะของลำตัวขณะออกตัว (Malischo, 2003) โดยช่วงการออกตัวมีวิถีการเคลื่อนที่ 2 แบบ ได้แก่ แบบโค้ง (Pike start) และแบบราบ (Flat start) จากงานวิจัยพบว่า ลักษณะของลำตัวขณะออกตัว แบบโค้ง (Pike Start) มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการออกตัว (Take-off angle) และมุมในการลงน้ำ (Entry angle) ได้ดีกว่า

โดยมีมุมในการออกตัว อยู่ระหว่าง 40-60 องศา (เทียบกับแนวราบ) และลักษณะของลำตัวขณะออกตัวแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่า เนื่องจากระยะทางที่มือจะสัมผัสกับผิวน้ำนั้นมากกว่า (Counsilman, Nomura, Endo, and Counsilman, 1988) ซึ่งการออกตัวที่มีประสิทธิภาพนี้จะส่งผลให้ความเร็วในแนวราบขณะลงน้ำ (Horizontal velocity at entry) สูง จึงส่งผลให้ความเร็วเริ่มต้นของการลงสู่ใต้ผิวน้ำสูงด้วย

จากการศึกษานำร่อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระยะทางในการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามด้วยความเร็วในการออกตัวสูงสุด ในนักกีฬาว่ายน้ำชายระดับมหาวิทยาลัย พบว่า นักกีฬาทุกคนออกตัวด้วยระยะทางใกล้เคียงกับระยะทาง 2 เท่าของความสูงของตนเอง ซึ่งระยะการออกตัวดังกล่าว สอดคล้องกับระยะที่นักกีฬาใช้ในการแข่งขันจริง ซึ่งเป็นระยะทางในการออกตัวที่นักกีฬาเชื่อว่าสามารถทำให้ลงสู่น้ำได้เร็วที่สุด และส่งผลต่อเนื่องทำให้นักกีฬาสามารถทำความเร็วในช่วงหลังลงน้ำได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม การออกตัวในรูปแบบที่ดีที่สุดที่จะส่งผลมายังการว่ายน้ำได้ดีที่สุดยังคงมีข้อขัดแย้งกันอยู่ว่า ควรจะพุ่งลงน้ำให้เร็วที่สุดในระยะการออกตัวที่สั้นที่สุด หรือควรออกตัวในวิถีโค้งเพื่อให้มีระยะทางในการออกตัวที่เพิ่มขึ้นจึงจะส่งผลให้นักกีฬาสามารถลงสู่น้ำได้อย่างรวดเร็วและยังคงมีแรงส่งในแนวราบเพื่อให้เกิดความเร็วในการเคลื่อนที่ใต้น้ำมากที่สุด ดังนั้นระยะทางในการออกตัวที่แตกต่างกันดังกล่าวจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการศึกษารูปแบบการลงน้ำที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการออกตัวที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวก่อนลงน้ำ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางชีวกลศาสตร์เป็นพื้นฐานของการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการออกตัวของนักกีฬาว่ายน้ำต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์ ได้แก่ ความเร็วแนวราบขณะออกตัว มุมในการออกตัว ระยะเวลาในการลอยตัว มุมในการลงสู่น้ำ ระยะเวลาในการมุดน้ำ และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ขณะออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

สมมติฐานของการวิจัย

การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด น่าจะมีมุมในการออกตัวน้อยกว่า ระยะเวลาในการลอยตัวสั้นกว่า มุมในการลงสู่น้ำมากกว่า ใช้เวลาในการมุดน้ำน้อยกว่า และมีความเร็วในแนวราบในการมุดน้ำน้อยกว่าการกระโดดที่ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2561

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาว่ายน้ำชายระดับมหาวิทยาลัย คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยเทียบเคียงกับงานวิจัยของ โฮม และคณะ (Holmes, 2013) โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณผ่านโปรแกรม G*power โดยกำหนดความเชื่อมั่น เท่ากับ 95% (α เท่ากับ 0.05) อำนาจในการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.80 และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.80 ได้ขนาดกลุ่ม

ตัวอย่างจำนวน 13 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำชายที่สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเคยแข่งขันในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง

2. นักกีฬามีประสบการณ์ในการว่ายน้ำอย่างน้อย 3 ปี และทำการฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. มีความถนัดในการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start)

4. เป็นบุคคลผู้ไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลกระทบต่อการว่ายน้ำ

5. กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดให้ความร่วมมือด้วยความสมัครใจ พร้อมทั้งลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยก่อนเริ่มการทดลอง

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

2. กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบตามรูปแบบที่กำหนด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

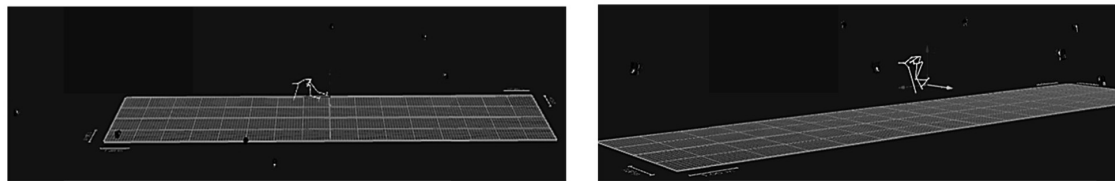
1. เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย

2. ติดตั้งอุปกรณ์วิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยวางกล้องจำนวน 7 ตัว (Infrared base จำนวน 6 ตัว และ Video base จำนวน 1 ตัว) ติดตั้งกล้องบนขาตั้งที่ความสูง 2 เมตร มุมมองการรับภาพของเลนส์ 54 องศา กำหนดความละเอียดในการจับภาพ (Resolution) 4096 x 3072 พิกเซล กำหนดความถี่ในการจับภาพ (Capture frame rate) 300 Hz ทำการสอบเทียบความแม่นยำของการวัดจนได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไม้สอบเทียบความแม่นยำ (Wand) ไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร กำหนดให้แกนตั้งเป็น Z แกนหน้าหลังเป็น Y และแกนตามขวางเป็น X และตรวจสอบปริมาตรการวัดการเคลื่อนไหวทั้งหมดให้ครอบคลุมช่วงการเคลื่อนไหวในการออกตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย

3. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที

4. ทำการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) เพื่อเป็นจุดอ้างอิงตามรูปแบบ Plug-In Gait Body marker placement ซึ่งประกอบด้วยมาร์คเกอร์ทั้งหมดจำนวน 4 จุด บริเวณ Vertex of the skull, Tip of left middle finger, Tip of left iliac crest และ Head of left fifth metatarsal โดยทำความสะอาดตำแหน่งที่ต้องการติดมาร์กเกอร์ก่อน

5. กลุ่มตัวอย่างยืนบนแท่นออกตัวด้วยตำแหน่งการยืนในท่าเริ่มต้นแบบเท้านำเท้าตาม ออกคำสั่งปล่อยตัวให้กลุ่มตัวอย่างออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม ด้วยความเร็วในการออกตัวสูงสุด กลุ่มตัวอย่างกลับมายืนอยู่บนแท่นออกตัวในท่าเริ่มต้น เพื่อรอคำสั่งปล่อยตัวต่อไป



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งการวางกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

6. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม 10 ครั้งที่สมบูรณ์ โดยพักระหว่างครั้งของการออกตัวเป็นเวลา 5 นาที

7. ทำการคูลดาวน์โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที

ขั้นตอนการบันทึกข้อมูล

1. ทำการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัยจนครบทั้ง 13 คน แล้วบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่บันทึกไว้จะถูกนำมาจัดการจำแนกมาร์คเกอร์แบบอัตโนมัติ (Automatic identification of marker) ให้เป็นไปตามรูปแบบ Skinmarker รวมถึงการเติมเต็มข้อมูลของมาร์คเกอร์ที่หายไปบางส่วนด้วยเครื่องมือ Gap-filled with trajectory preview โดยใช้วิธีการเติมเต็มข้อมูลแบบ Polynomial สำหรับข้อมูลของมาร์คเกอร์ที่หายไปแบบเป็นเส้นโค้ง และใช้วิธีการเติมเต็มข้อมูลแบบ Linear สำหรับข้อมูลของมาร์คเกอร์ที่หายไปแบบเป็นเส้นตรง

2. กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติครบ 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การออกตัวได้สมบูรณ์หมายถึง การออกตัวที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้ โดยที่ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่ออกตัวได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่ออกตัวได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล)

3. ทำการบันทึกข้อมูล โดยการเก็บข้อมูลจากมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys motion capture system และ Visual-3D ดังนี้

3.1 ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block phases) คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณปล่อยตัวเริ่มต้นดังไปจนถึงระยะที่นักกีฬาออกตัวออกจากแท่นออกตัว

- ระยะทางการออกตัว (Flight distance) คือ ระยะทางในแนวราบจากจุดที่เท้าของนักกีฬาสัมผัสแท่นกระโดดครั้งสุดท้าย ไปจนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง ขอบของแท่นออกตัว และมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger มีหน่วยเป็นเมตร

- ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) คือ ความเร็วแนวราบในขณะที่เท้ามีการสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงเริ่มมีการเคลื่อนไหวในการออกตัว (Movement onset) จนกระทั่งเท้าสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

- มุมในการออกตัว (Take-off angle) คือ มุมในการเคลื่อนที่ของมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ขณะออกตัว เทียบกับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นองศา

3.2 ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight phase) คือ ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่น จนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ และช่วงลงสู่น้ำ

- ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) คือ เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งสุดท้ายของเท้ากับแท่นออกตัวและการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Head of left fifth metatarsal และมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger มีหน่วยเป็นวินาที

- มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) คือ มุมในการเคลื่อนที่ของมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงก่อนลงน้ำเล็กน้อย จนกระทั่งลงน้ำ เทียบกับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นองศา

3.3 ช่วงลงสู่น้ำ (Water entry phase) คือ

ช่วงต้นของช่วงหลังลงน้ำ (Underwater phases) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ จนกระทั่งปลายเท้าของนักกีฬาจมลงใต้น้ำ

- ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry) คือ เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger และมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Head of left fifth metatarsal มีหน่วยเป็นวินาที

- ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity at entry) คือ ความเร็วในแนวราบระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

4. นำผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys motion capture system และ Visual-3D มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 23 (Statistical package for the social sciences) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

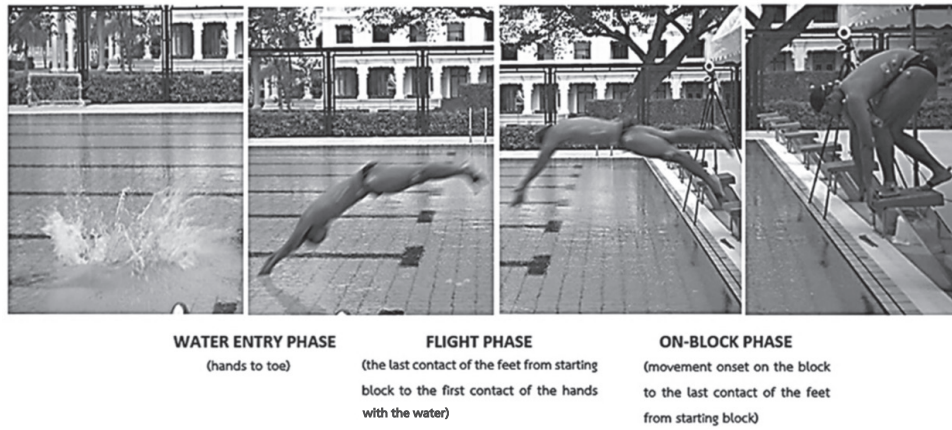
1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย (BMI)

2. วิเคราะห์ข้อมูลว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ โดยใช้การทดสอบของ Shapiro-Wilk test วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ค่าที (Paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของระยะทางการออกตัว 2 ระยะ

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 13 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.31 ± 1.89 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 176.31 ± 7.54 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 74.10 ± 8.94 กิโลกรัม และดัชนีมวลกายเท่ากับ 23.83 ± 2.28 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดและการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ระยะทางในการ



รูปที่ 2 การวิเคราะห์ทางคิเนเมติกส์ในช่วงการออกตัว

ออกตัว ระยะเวลาในการลอยตัว มุมในการลงสู่น้ำ ระยะเวลาในการมุดน้ำ และความเร็วในการมุดน้ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว และมุมในการออกตัว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด

ข้อมูลพื้นฐาน	$\bar{x}$	SD
อายุ (ปี)	21.31	1.89
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	176.31	7.54
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	74.10	8.94
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	23.83	2.28

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ข้อมูลทางคิเนเมติกส์	การออกตัวระยะใกล้		การออกตัวระยะไกล		t	p-value
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
ระยะทางในการออกตัว (เมตร)	3.29	0.39	3.89	0.53	-6.84	0.01*
ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (เมตรต่อวินาที)	4.23	0.46	4.47	0.41	-2.13	0.06
มุมในการออกตัว (องศา)	26.57	6.79	28.00	5.42	-1.57	0.14
ระยะเวลาในการลอยตัว (วินาที)	0.28	0.06	0.33	0.06	-5.57	0.01*
มุมในการลงสู่น้ำ (องศา)	37.26	4.54	33.62	4.05	4.32	0.01*
ระยะเวลาในการมุดน้ำ (วินาที)	0.34	0.04	0.30	0.03	4.79	0.01*
ความเร็วในการมุดน้ำ (เมตรต่อวินาที)	2.73	0.45	3.21	0.45	-4.83	0.01*

*$p \leq 0.05$

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จึงอภิปรายผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับ ค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากระยะทางในการออกตัวขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของนักกีฬาว่ายน้ำ (รูปร่าง และสัดส่วนของนักกีฬา) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังขา และระดับทักษะความสามารถของนักกีฬา (Lyttle and Benjanuvatra, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับ กีมารานช์ และเฮย์ (Guimaraes and Hay, 1985) กล่าวว่า ระยะทางการออกตัว เป็นผลมาจากแรงต้านทานในอากาศ ประสบการณ์การเรียนรู้และการฝึกฝน ท่าทางในขณะที่นักกีฬาลอยตัว ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ระยะทางการออกตัวที่แตกต่างกัน อาจจะเกิดจากลักษณะทางบุคคลในการจัดท่าทาง การจัดร่างกายขณะลอยตัวและขณะลงสู่น้ำ

2. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด เนื่องมาจากการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด มีการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลขณะอยู่บนแท่นออกตัวมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าที่มากกว่า (Murrell and Dragunas, 2012) จึงทำให้มีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดด และช่วงเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่า มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่า (Lee, Huang, and Lee, 2012) ความสัมพันธ์นี้มีความสำคัญกับผู้ฝึกสอนสำหรับใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการออกตัว

3. ค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำที่มากกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด เนื่องมาจากลักษณะการเคลื่อนที่ที่คล้ายคลึงกับรูปแบบของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไตล์ในทางฟิสิกส์ส่งผลต่อระยะทางของการเคลื่อนที่ กล่าวคือเมื่อความสูงสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก มุมที่เหมาะสมต่อการเคลื่อนที่จึงควรเป็นมุมที่มีขนาดน้อยกว่า 45 องศา ในรูปแบบการเคลื่อนไหวนี้ เมื่อระยะทางในการออกตัวใกล้ ก็จะมีมุมในการออกตัวที่สูงกว่าระยะทางออกตัวที่ไกล (Alptekin, 2014) โดยการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดจะมีลักษณะของลำตัวขณะออกตัวแบบโค้ง (Pike Start) ซึ่งทำให้มีมุมในการลงสู่น้ำที่เล็กกว่า ด้วยความเร็วในการมุดน้ำที่สูง (Kirner, Bock, and elch, 1989)

4. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบ

ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำที่สั้นกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด เนื่องมาจากมุมในการลงสู่น้ำที่ต่ำกว่าของการออกตัวระยะไกลมีลักษณะเป็นมุมแหลม แสดงให้เห็นว่าลักษณะการจัดระเบียบร่างกายขณะแทรกตัวผ่านกระแสน้ำของนักกีฬาที่จะก่อให้เกิดปริมาณแรงลากด้านหลัง อยู่ในลักษณะเพรียวน้ำ (Kiuchi, Nakashima, Cheng, and Hubbard, 2010) จากลักษณะการจัดระเบียบร่างกายลักษณะนี้ทำให้ลดแรงลาก (Drag force) ที่เกิดจากน้ำกระทำกับร่างกาย ส่งผลให้ระยะเวลาในการมุดน้ำนั้นสั้นลง (Costill, 1992: Kirner, Bock, and elch, 1989)

5. ค่าเฉลี่ยของความเร็วในการมุดน้ำ ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของความเร็วในการมุดน้ำที่สูงกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด 17.58% เนื่องมาจาก การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัวที่สูงกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ และมีค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำที่เล็กกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ โดยจะมีลักษณะของลำตัวขณะออกตัวแบบโค้ง ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) ได้ดีกว่า อีกทั้งนักกีฬายังมีระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) ที่นานกว่า ในการส่งแรงเพื่อพุ่งตัวลงน้ำ นอกจากนั้นยังส่งผลให้เกิดความเร็วในการลงสู่น้ำได้เร็วกว่าการออกตัวระยะใกล้ ทำให้เกิดความเร็วในการมุดน้ำสูง

สรุปผลการวิจัย

ระยะทางในการออกตัว (Flight distance) เป็นตัวแปรสำคัญตัวแปรหนึ่งที่กำหนดประสิทธิภาพของการออกตัวของนักกีฬาในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้นที่ส่งผลต่อเนื่องไปยังความเร็วของช่วงหลังลงน้ำหรือช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งมุมในการออกตัวของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามควรจะมีลักษณะของลำตัวขณะออกตัวแบบโค้ง (Pike start) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) ได้ดีกว่า อีกทั้งนักกีฬายังมีระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) ที่นานกว่าในการส่งแรงเพื่อพุ่งตัวลงน้ำ นอกจากนั้นลักษณะของลำตัวขณะออกตัวแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่า ซึ่งการออกตัวที่มีประสิทธิภาพนี้จะส่งผลให้ความเร็วในการลงสู่น้ำสูง โดยการออกตัวที่มีประสิทธิภาพควรมีระยะทางในการออกตัวไกลที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ประมาณ 2 เท่าของความสูงของนักกีฬา

เอกสารอ้างอิง

Alptekin, A. (2014). Body Composition and Kinematic Analysis of the Grab Start in Youth Swimmers *Journal of Human Kinetics*, 42, 15-26. doi:10.2478/hukin-2014-0057

Arellano, R., Cossor, J., Wilson, B., Cjatard, J., Riewald, S., & Mason, B. (2001). Modelling competitive swimming in different strokes and distances upon regression analysis: a study of the female participants of Sydney 2000 Olympic Games. Blackwell JR, Sanders RH XIXth International Symposium on Biomechanics in Sports. San Francisco; University of California, 53-56.

Blanksby, B., Nicholson, L., & Elliott, B. (2002). A biomechanical comparison of the grab, swing and track starts in swimming. *Journal of Human Movement Studies,* 39, 277-293.

Cossor, J., & Mason, B. (2001). *Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games.* Paper presented at the XIXth International Symposium on Biomechanics in Sports, San Francisco.

Costill D.L. (1992). *Handbook of sports medicine and science: swimming.* Oxford, Blackwell Scientific.

Counsilman, J., Nomura, T., Endo, M., & Counsilman, B. (1988). A study of three types of grab start for competitive swimming. *National Aquatics Journal,* 4 (2), 2-6

Guimaraes, A., & Hay, J. (1985). A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International Journal of Sport Biomechanics,* 1, 25-35

Hay, J.C. (1986). Swimming Biomechanics: A brief review. Swimming Technique. *Journal of Biomechanics,* 23(3), 15-21.

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. Retrieved 18 February 2017 from http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com__content&view=article&id=10308:a-biomechanical-comparison-of-eliteswimmers-start-performance-using-the-traditional-track-start-and-the-new-kick-start&catid=34:swimming-general-articles&Itemid=334

Jorgic, B., Puletic, M., Stankovic, R., Okicic, T., Bubanj, S., & Bubanj, R. (2010). The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. *Journal of Physical Education and Sport,* 8(10), 31-36

Kirner, K., Bock, M., & elch, J. (1989). A comparison of four different start combinations. *Journal of Swimming Research,* 5(2), 5-11

Kiuchi, H., Nakashima, M., Cheng, K., & Hubbard, M. (2010). Modeling fluid forces in the dive start of competitive swimming. *Journal of Applied Biomechanics and Engineering,* 5(4), 314-328.

Lee, C.Y., Huang, C.F., & Lee, C.W. (2012). *Biomechanical analysis of the grab and track swimming starts.* Paper presented at the 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports Melbourne, Australia.

Lyttle, A., & Benjanuvatra, N. (2005). *Start right? A biomechanical review of dive start performance.* Retrieved from: http://coachesinfo.com/index.php?option =com__content&view=article&id=89:swimming-start-style&catid=49:swimmingcoaching&Itemid=86

Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest. Human Kinetics.* Champaign, Illinois, U.S.A.

Murrell, D., & Dragunas, A. (2012). A comparison of two swimming start techniques from the Omega OSR11 Block. *Western Under-*

graduate Research Journal: Health and Natural Sciences, 3. doi:10.5206/wurjhns.2012-13.1

Slawson, S., Conway, P., Justham, L., Le Sage, T., & West, A. (2010). Dynamic signature for tumble turn performance in swimming. *Procedia Engineering, 2*(2), 3391-3396.

Slawson, S., Conway, P., Cossor, J., Chakravorti, N., & West, A. (2013). The categorisation of swimming start performance with reference to force generation on the main block and footrest components of the Omega OSB11 start blocks. *Journal of Sports Sciences,* 31(5), 468-478.

Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim start: A review *Sports Science and Medicine,* 13(2), 223-231.

Welcher, R. L., Hinrichs, R. N., & George, T. R. (2008). Front or rearweighted track start or grab start: Which is the best for female swimmers? *Sports Biomechanics,* 7(1), 100-113.