การวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนเมติคส์ในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำภายหลังการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม

ปนัดดา ลี้ยาง[1] เสาวณีย์ วรวุฒางกูร[2] และนงนภัส เจริญพานิช[1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
Received: 10 July 2561 / Revised: 17 April 2562 / Accepted: 10 March 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการว่ายน้ำใต้น้ำหลังกระโดดที่ระยะทางใกล้และระยะไกล (A maximum effort) ช่วงมุดน้ำ และช่วงว่ายน้ำใต้น้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 6 คน มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม (A track start) และเคยเข้าร่วมการแข่งขันระดับกีฬาแห่งชาติ กีฬามหาวิทยาลัย หรือการแข่งขันว่ายน้ำชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย โดยให้นักกีฬากระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะใกล้และไกล บันทึกภาพการเคลื่อนไหวใต้น้ำโดยกล้องความถี่สูงจำนวน 6 ตัว ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรม Qualisys Motion Capture เพื่อหาระยะที่ศีรษะลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ ระยะที่เท้าลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ ระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรก ความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำ และขณะว่ายน้ำใต้น้ำ ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรดังกล่าว ระหว่างเงื่อนไขโดยใช้การทดสอบค่าทีรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบช่วงว่ายน้ำใต้น้ำทั้ง 3 รอบการเตะด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\leq$ 0.05

ผลการวิจัย

การกระโดดน้ำที่ระยะไกลส่งผลให้ระยะที่ศีรษะและเท้าลงลึกที่สุด น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการกระโดดที่ระยะใกล้ ในขณะที่ระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรกไกลกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตาม ความเร็วในแนวราบไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การกระโดดที่ระยะใกล้มีความเร็วในแนวราบของการเตะขารอบที่ 1 น้อยกว่ารอบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัย การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะไกลใช้เวลาในการมุดน้ำไม่แตกต่างจากการกระโดดที่ระยะใกล้ อย่างไรก็ตามการกระโดดที่ระยะไกลส่งผลให้ศีรษะและเท้าจมน้ำน้อยกว่าซึ่งอาจส่งผลให้ใช้เวลาในช่วงออกตัวน้อยกว่าการกระโดดที่ระยะใกล้

คำสำคัญ : ชีวกลศาสตร์/คิเนมาติกส์/ช่วงมุดน้ำ/ช่วงว่ายน้ำใต้น้ำ

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

KINEMATIC ANALYSIS OF UNDERWATER UNDULATORY SWIMMING PHASE AFTER A TRACK START

Panadda Leeyang[1] Saowanee Woravutrangkul[2] and Nongnapas Charoenpanich[1]

[1]Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

[2]Faculty of Physical Therapy, Huachiew Chalermprakiet University

Received: 10 July 2018 / Revised: 17 April 2019 / Accepted: 10 March 2020

Abstract

Purpose: This study aimed to determine and compare the kinematic data of underwater undulatory swimming (UUS) after a short and long (maximum effort) distance jumping.

Methods: Six male swimmers aged 18-25 years old were recruited for this study. Each swimmer had experienced in swimming competition at either the University game or National game levels. Each swimmer was asked to jump with a track start at either a short or a long (farthest) distance. Six underwater high speed cameras were used to collect data at a swimming pool. Qualisys motion capture system was used for data analysis. Maximum depth of head and foot, a distance of first kick from a start point, a horizontal velocity of gliding and underwater swimming phases were recorded. The mean differences of all dependent variables were compared between jumping conditions by using a paired t-test and between three underwater kicks by using one-way ANOVA respectively. The statistical significant was set at p-value $\leq$ .05.

Results: A long-distance jumping produced the lesser depth of head and foot in the water compared with a short-distance jumping. Whereas, the first kick was start at the farther distance during a long jumping compared with shorter jumping, the horizontal velocity was not significant different between conditions. Moreover, a short distance jumping showed a significant less horizontal velocity of the first kick than of the third kick.

Conclusion: A long-distance of track swimming start showed no difference in time to gliding the water, but produced the lesser depth of head and foot in the water than a short-distance jumping. Thus, it can lead to the lesser time in a track start.

Key Words: Biomechanics/Kinematics/ Gliding phase/Underwater leg propulsion

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

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาว่ายน้ำเป็นหนึ่งในกิจกรรมทางกายที่มีผู้สนใจศึกษาวิจัยมากที่สุดเพื่อพัฒนาความสามารถในการว่ายน้ำ เพื่อชัยชนะในการแข่งขัน (Vilas-Boas et al, 2010) การว่ายน้ำสามารถแบ่งช่วงการว่ายออกเป็น 4 ช่วง คือช่วงออกตัว ช่วงว่ายน้ำ ช่วงกลับตัว (ในกรณีที่ว่ายระยะยาวกว่า 1 ช่วงสระว่ายน้ำ) และช่วงเข้าเส้นชัย (Vantorre, Chollet, and Seifert, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงออกตัว จัดเป็นช่วงที่สำคัญที่สุด เนื่องจากหากนักกีฬาออกตัวได้ดี จะสามารถออกนำได้ตั้งแต่เริ่มการแข่งขัน นักกีฬาก็จะสามารถเก็บแรงบางส่วนไว้ใช้ในการเร่งความเร็วในช่วงเข้าสู่เส้นชัยเพื่อเพิ่มโอกาสของการชนะการแข่งขัน (Cossor and Mason, 2001; Thow, Naemi, and Sanders, 2012)

สหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศ (Fédération Internationale de Natation: FINA) ได้นิยามช่วงการออกตัว หมายถึง ช่วงแรกของการแข่งขันนับตั้งแต่สัญญาณปล่อยตัวดัง ไปจนกระทั่งนักกีฬาเริ่มต้นว่ายน้ำสโตรคแรก โดยระยะดังกล่าวต้องไม่เกิน 15 เมตร (Cossor and Mason, 2001) สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block phases), ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight phases) และช่วงหลังลงน้ำ (Underwater phases) แต่ละช่วงใช้เวลาคิดเป็น 11%, 5% และ 84% ของช่วงเวลาในการออกตัวทั้งหมด ตามลำดับ (Slawson, Conway, Cossor, Chakravorti, and West, 2013) โดยช่วงหลังลงน้ำซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการออกตัวจะเริ่มต้นเมื่อศีรษะหรือมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร (Tor, Pease, and Ball, 2014) และสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงมุดน้ำ (Gliding phase) ซึ่งเริ่มต้นเมื่อศีรษะหรือมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำและสิ้นสุดเมื่อนักกีฬาเริ่มเตะขาใต้น้ำครั้งแรก และ ช่วงเตะขาใต้น้ำ (Underwater leg propulsion) เริ่มต้นเมื่อนักกีฬาเริ่มทำการเตะขาใต้น้ำครั้งแรก (Underwater kick) จนกระทั่งเริ่มว่ายน้ำสโตรคแรก (Lyttle and Benjanuvatra, 2005) การว่ายน้ำใต้น้ำในช่วงหลังลงสู่น้ำนี้เรียกรวมว่า ช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Underwater undulatory swimming: UUS) โดยจะมีการจัดลำตัว (Body position) ขณะว่ายโดยจะยืดตัวออกในแนวนอน แขนเหยียดตรงลู่ไปกับน้ำ ขาและลำตัวจะเคลื่อนไหวขึ้นลงต่อเนื่องกันคล้ายกับคลื่น (Arellano, Terrés-Nicol, and Redondo, 2006)

เนื่องจากประสิทธิภาพของช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำสามารถวัดได้จากความเร็วในการเคลื่อนที่ใต้น้ำ ดังนั้นในการเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำนักกีฬาจะต้องเพิ่มแรงขับเคลื่อนไปในน้ำ (Propulsive force) ในขณะเดียวกันต้องลดแรงต้านทานจากน้ำ (Drag force) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพบนแท่นออกตัว และช่วงขณะลงน้ำ (Sanders and Byatt-Smith, 2001) โดยจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า ประสิทธิภาพของช่วงขณะลงสู่น้ำต้องอาศัยส่วนประกอบของ ความเร็วแนวราบในการออกตัว (Horizontal velocity at take-off), มุมในการออกตัว (Take-off angle) และระยะทางที่นักกีฬาลงสู่น้ำ (Entry Distance) เป็นสำคัญ (Miller, Hay, and Wilson, 1984) นอกจากนี้มิลเลอร์และคณะ (Miller, Allen, and Pein, 2003) พบว่ามุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) ก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อความลึกในการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Underwater undulatory swimming) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อเนื่องไปยังแรงลาก (Drag force) และวิถีในการเคลื่อนไหวใต้น้ำของนักกีฬา นักกีฬาจะเริ่มช่วงเตะขาใต้น้ำได้ช้ากว่า หากกระโดดลงน้ำลงไปที่ความลึกในการมุดน้ำที่ลึกกว่า (Counsilman, Nomura, Endo, and Counsilman, 1988) โดยแรง

ลากจะแตกต่างกันไปตามความลึกของวิถีในช่วงเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งความลึก 0.5-0.8 เมตรจากผิวน้ำจัดเป็นความลึกที่เหมาะสมที่สุดที่ลดผลกระทบจากแรงลากที่เกิดขึ้นหลังการกระโดดลงน้ำ (Tor, Pease and Ball, 2015) เพอเรียราและคณะ (Pereira, Ruschel, and Araujo, 2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกในการมุดน้ำและตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ พบว่าความลึกในการมุดน้ำส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะทาง (Underwater phase distance) ระยะเวลา (Underwater phase time) และความเร็วเฉลี่ยในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Underwater phase average velocity) ซึ่งตัวแปรทั้งสามประการเริ่มวัดตั้งแต่จุดที่ศีรษะลงสู่น้ำจนเริ่มว่ายน้ำสโตรคแรก

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ระยะทางที่นักกีฬาลงน้ำเป็นตัวแปรสำคัญซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในช่วงขณะลงน้ำ และส่งผลต่อเนื่องไปยังช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ โดยในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำจะใช้เทคนิคการเตะขาแบบท่าผีเสื้อ (Underwater dolphin kick) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวของรยางค์ขาขึ้นลงต่อเนื่องกันคล้ายคลื่น หรือหางปลาอย่างพร้อมเพรียงกัน มีความเหมือนกับการเคลื่อนไหวของหางปลาโลมา (Ungerechts, 1987) ซึ่งอัตราส่วนของแอมพลิจูดของการเตะขา (Kick amplitude ratio) ดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงจังหวะ ได้แก่ ช่วงจังหวะเตะขาขึ้น (Up beat phase) ซึ่งเป็นการผสมผสานของการเหยียดสะโพก (Hip Extension) และการงอเข่า (Knee flexion) และช่วงจังหวะเตะขาลง (Down beat phase) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายในทิศทางตรงกันข้ามกับการเตะขาขึ้น ได้แก่ การพับสะโพก (Hip flexion) และ การยืดเข่า (Knee extension) อคิสันและคณะ (Atkison, Dickey, Dragunas, and Nolte, 2014) กล่าวว่าเฉพาะนักกีฬากลุ่มมีทักษะเท่านั้นที่สามารถเตะขาทั้งขาขึ้นและขาลงได้ดี ขณะที่นักกีฬาทั่วไปจะเตะขาได้ดีเฉพาะช่วงลงเท่านั้น ส่งผลให้สามารถทำความเร็วได้ดีกว่ากลุ่มไม่มีทักษะ สอดคล้องกับงานวิจัยของฮิกส์และคณะ (Higgs, Pease, and Sanders, 2016) ที่กล่าวว่าตัวแปรในจังหวะเตะขาขึ้นเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำได้ดีกว่าตัวแปรในจังหวะเตะขาลง

จากการศึกษานำร่องเกี่ยวกับระยะทางในการกระโดดของนักกีฬาว่ายน้ำชายช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี โดยกำหนดให้นักกีฬากระโดดจากแท่นกระโดดมาตรฐาน ด้วยท่าแบบเท้านำเท้าตาม (Track start) พบว่า นักกีฬาส่วนใหญ่ได้รับการฝึกฝนให้กระโดดออกตัวให้ไกลที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าหากนักกีฬาใช้ระยะเวลาบนแท่นออกตัวสั้นลง เพิ่มความเร็วในการออกตัว จะส่งผลให้นักกีฬาสามารถกระโดดลงน้ำได้ไกลขึ้น แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าประสิทธิภาพในการออกตัว (Start performance) ของนักกีฬาจะดีขึ้นเสมอไป เนื่องจากการออกตัวจากแท่นออกตัวด้วยความเร็วแนวราบที่สูงขึ้น (Horizontal velocity) จะช่วยเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงสู่น้ำ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องทำให้วงน้ำขณะที่นักกีฬาลงน้ำ (Entry hole) ขยายกว้างขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่า มีการศึกษาเปรียบเทียบระยะทางในการกระโดดน้ำที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อความเร็วในช่วงออกตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์กับระยะทางเฉลี่ย (Average distance) โดยกำหนดที่ระยะ 3.5±0.1 เมตร เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะการกระโดดต่อการว่ายน้ำใต้น้ำหลังกระโดด เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาช่วงออกตัวให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการว่ายน้ำใต้น้ำช่วงมุดน้ำ และช่วงว่ายน้ำใต้น้ำหลังกระโดดที่ระยะทางใกล้และระยะไกล (Maximum Effort)

สมมติฐานของการวิจัย

ระยะทางการกระโดดน้ำที่ไกลที่สุดเท่าที่สามารถกระโดดได้ จะส่งผลให้มีความเร็วในแนวราบของการมุดน้ำมากที่สุด ความลึกสูงสุดของศีรษะ และเท้าน้อย จึงเริ่มเตะขาครั้งแรกได้เร็วกว่าการกระโดดน้ำที่ระยะใกล้จึงสามารถทำความเร็วในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำได้ดีกว่า

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาว่ายน้ำชายระยะทางสั้น (ว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ ระยะไม่เกิน 200 เมตร) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยเทียบเคียงกับงานวิจัยของธอร์และคณะ (Tor, Pease, and Ball, 2015) โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการมุดน้ำของการกระโดดที่ระยะต่าง ๆ กัน มาคำนวณผ่านโปรแกรม G*power โดยกำหนดความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ($\alpha = 0.05$) ที่มีอำนาจในการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ 0.80 และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ระดับ 0.80 จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 13 คน แต่ Drop out ไป 7 คน เนื่องจากความยากของขั้นตอนในการเก็บข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จึงต้องมีการกระโดดน้ำหลายครั้ง กลุ่มตัวอย่างกลุ่มดังกล่าวจึงขอถอนตัวจากการเข้าร่วมงานวิจัย จึงมีกลุ่มตัวอย่างเหลืออยู่ จำนวน 6 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะกระโดดที่ระยะใกล้ (3.5±0.1 เมตร) และระยะที่ไกลที่สุดเท่าที่สามารถกระโดดได้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำชายที่สังกัดสมาคมหรือชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหรือมหาวิทยาลัยอื่นๆในกรุงเทพฯ และเคยแข่งขันในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง
2. มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำอย่างน้อย 3 ปี
3. ฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์
4. มีความถนัดในการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start)
5. ไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลกระทบต่อการว่ายน้ำ
6. ให้ความร่วมมือด้วยความสมัครใจ พร้อมทั้งลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยก่อนเริ่มการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 26 มกราคม 2561 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมการ

1.1 ศึกษารายละเอียดวิธีการใช้เครื่องมือและรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องมือทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

1.2 ผู้วิจัยได้มีหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น หรือชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหรือจากมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ พร้อมทั้งขออนุญาตในการศึกษาประวัติของนักกีฬาว่ายน้ำ เพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย

1.3 ผู้วิจัยและทีมผู้ช่วยวิจัยได้ทำการติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์วิเคราะห์การเคลื่อนไหวล่วงหน้า

ก่อนวันเก็บข้อมูลจริง ได้แก่ กล้องถ่ายภาพวิดีโอใต้น้ำ Qualisys Oqus Underwater ความถี่ 180 HZ (Qualisys Medical AB; Sweden) จำนวน 6 ตัว บริเวณขอบสระ ณ สระว่ายน้ำของโรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย ซึ่งเป็นสระว่ายน้ำที่มีแท่นกระโดดที่ได้มาตรฐาน โดยจัดตำแหน่งของกล้องให้สามารถเห็นการเคลื่อนไหวใต้น้ำครอบคลุมระยะการทดลอง และทำการ Calibrate ความแม่นยำของกล้องด้วยอุปกรณ์ T-wand เริ่มต้นด้วยการนำ L-Frame ไปวางไว้ที่ระยะ 5.5 เมตรจากขอบสระด้านที่นักกีฬาออกตัว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่กล้องทุกตัวสามารถจับภาพได้อย่างชัดเจน จากนั้นนำ T-Wand มาปรับเทียบการบอกตำแหน่งของกล้องทุกตัวให้เป็นตำแหน่งเดียวกันโดยการทำ Dynamic calibration บริเวณใต้ผิวน้ำ

2. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

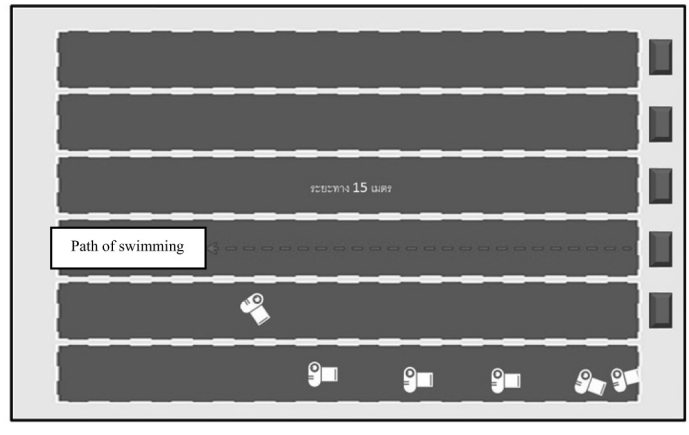
2.1 สอบถามข้อมูลพื้นฐานและทำการวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย เพื่อทำการคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย ผู้ผ่านเกณฑ์คัดเข้าเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำการทดสอบให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยโดยละเอียด

2.2 ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการติดมาร์กเกอร์จากผู้วิจัย (Retro reflective marker) โดยทำความสะอาดตำแหน่งที่ต้องการติดด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ และทำการติดมาร์กเกอร์ 3 จุด ที่ตำแหน่งปลายนิ้วกลาง (Tip of middle finger), ส่วนบนของศีรษะ (Vertex of the skull) และส่วนปลายของกระดูกฝ่าเท้าชิ้นที่ 5 (Left head of the fifth toe) (รูปที่ 2)

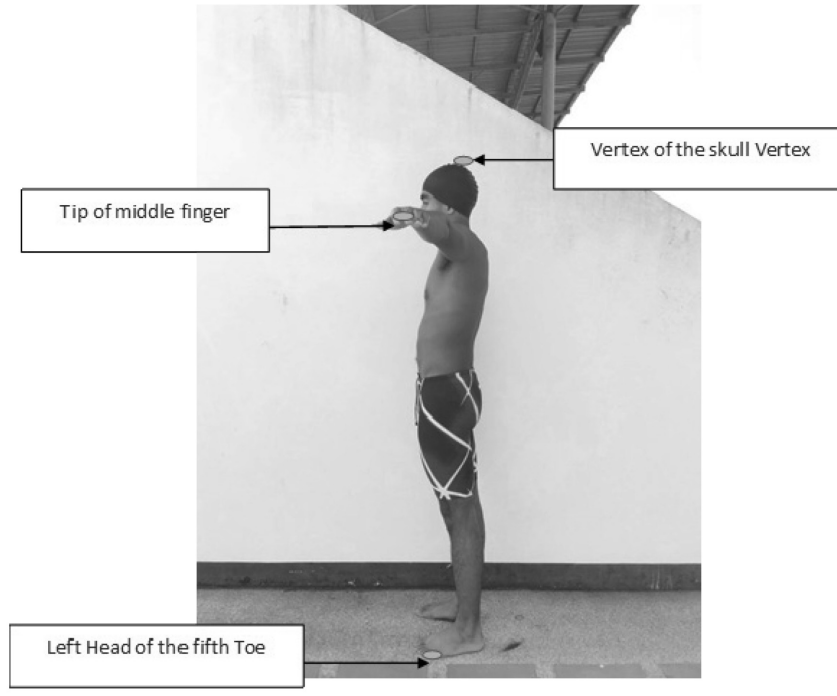
2.3 สุ่มลำดับระยะในการกระโดด (เงื่อนไข) โดยการจับสลาก โดยกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องกระโดดออกตัวแบบเท้านำเท้าตามด้วยความเร็วในการกระโดดออกตัวสูงสุด ที่ระยะการกระโดดใกล้ และระยะทางไกลที่ความสามารถสูงสุด (Maximum effort) โดยต้องทำการกระโดดรูปแบบละ 5 ครั้ง พัก 5 นาที ระหว่างครั้ง และพักระหว่างระยะการกระโดด 10 นาที

3. ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

นำผลการทดลองที่ได้มาระบุจุดมาร์เกอร์ (Tracking process) ในโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys motion capture system เพื่อหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ระยะที่ลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ และระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรก, ความเร็วแนวราบของนิ้วเท้าขณะเตะขาใต้น้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งการวางกล้องเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว



รูปที่ 2 แสดงมาร์กเกอร์บอกตำแหน่ง (Retro reflective marker)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical package for the social sciences) เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล ทดสอบการกระจายของข้อมูลปกติและความแปรปรวน โดยใช้สถิติ Shapiro Wilk test เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดน้อยกว่า 50 คน และ Levene test ตามลำดับ จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรระหว่างระยะการกระโดดโดยใช้ Paired t-test และเปรียบเทียบระหว่างการตีขาครั้งที่ 1-3 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้ Bonferroni โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักกีฬาว่ายน้ำเพศชายจำนวน 6 คน ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเคยแข่งขันในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง ซึ่งนักกีฬามีค่าเฉลี่ยของอายุ 22.00 ± 2.10 ปี ส่วนสูง 174.35 ± 6.37 เซนติเมตร น้ำหนัก 74.92 ± 8.95 กิโลกรัม ตามลำดับ มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำ 12.50 ± 2.88 ปี และระยะเวลาการฝึกซ้อมโดยเฉลี่ยสัปดาห์ละ 505.00 ± 423.59 นาที

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.
อายุ (ปี)	22.00	2.10
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.35	6.37
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	74.92	8.95
ดัชนีมวลกาย (BMI)	24.18	2.61
ประสบการณ์ในการว่ายน้ำ (ปี)	12.50	2.88
ระยะเวลาในการฝึกซ้อมต่อสัปดาห์ (นาที)	505.00	0.42

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเคลื่อนไหวช่วงมุดน้ำ เปรียบเทียบระหว่างระยะทางการกระโดดใกล้ และระยะทางการกระโดดไกล

ตัวแปร ช่วงมุดน้ำ (Gliding Phase)	ระยะทางกระโดดใกล้		ระยะทางกระโดดไกล		t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวราบของศีรษะหลังจากลงน้ำ (เมตร/วินาที)	4.07	1.14	4.10	0.84	-0.07	0.94
2. มุมในการมุดน้ำ (องศา)	37.75	12.69	41.84	8.47	-0.82	0.44
3. ระยะที่ศีรษะลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ (เมตร)	0.78	0.09	0.55	0.12	3.06	0.02*
4. ระยะที่เท้าลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ (เมตร)	1.11	0.11	0.96	0.16	3.15	0.02*
5. ระยะทางที่ศรีษะลงลึกที่สุด (เมตร)	4.74	1.10	4.85	0.61	-0.22	0.83
6. ระยะทางที่เท้าลงลึกที่สุด (เมตร)	4.63	0.92	5.02	0.27	-1.33	0.24
7. ระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรก (เมตร)	4.49	0.42	5.09	0.35	-2.67	0.04*
8. ระยะที่เท้าลงลึกขณะเตะขาครั้งแรกจากผิวน้ำ (เมตร)	1.10	0.12	1.07	0.06	1.15	0.30

* $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 2 พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวราบของศีรษะหลังจากลงน้ำของระยะทางการกระโดดระยะใกล้ และระยะทางการกระโดดไกล โดยวัดจากมาร์คเกอร์ บริเวณศีรษะ มีค่าเฉลี่ย 4.07 ± 1.14 เมตร และ 4.10 ± 0.84 เมตร ตามลำดับ มุมในการมุดน้ำวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณปลายนิ้วมือ มีค่าเฉลี่ย 37.75 ± 12.69 เมตร และ 41.84 ± 8.47 เมตร ตามลำดับ ระยะที่ศีรษะลงลึกที่สุดจากผิวน้ำวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณศีรษะ มีค่าเฉลี่ย 0.78 ± 0.09 และ 0.55 ± 0.12 เมตร ตามลำดับ ระยะที่เท้าลงลึกที่สุดจากผิวน้ำวัด

จากมาร์คเกอร์บริเวณปลายเท้า มีค่าเฉลี่ย 1.11 ± 0.11 เมตร และ 0.96 ± 0.16 เมตร ตามลำดับ ระยะทางที่หัวลงลึกที่สุดวัดจากมาร์คเกอร์บริวณศีรษะ มีค่าเฉลี่ย 4.74 ± 1.10 เมตร และ 4.85 ± 0.61 เมตร ตามลำดับ ระยะทางที่เท้าลงลึกที่สุดวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณปลายเท้า มีค่าเฉลี่ย 4.63 ± 0.92 เมตรและ 5.02 ± 0.27 เมตร ระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรกวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณปลายเท้า มีค่าเฉลี่ย 4.49 ± 0.42 เมตร และ 5.09 ± 0.35 เมตร ตามลำดับ ระยะที่เท้าลงลึกขณะเตะขาครั้งแรกจากผิวน้ำวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณปลายเท้า มีค่าเฉลี่ย 1.10 ± 0.12 เมตร และ 1.07 ± 0.06 เมตร ตามลำดับ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเงื่อนไข พบว่า ระยะที่ศีรษะและเท้าลงลึกที่สุดจากผิวน้ำ และระยะที่เริ่มเตะขาครั้งแรกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความเร็วแนวราบและความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำวัดจากมาร์คเกอร์บริเวณปลายเท้า ระหว่างวงรอบการเตะขา 1, 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดใกล้และระยะทางการกระโดดไกล พบว่า ความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำ ในวงรอบการเตะที่ 1 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดใกล้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำของระยะทางการกระโดดใกล้ ในวงรอบการเตะที่ 1 มีค่า 0.76 ± 0.54 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 2 มีค่า 1.29 ± 0.33 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 3 มีค่า 1.47 ± 0.50 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำของระยะทางการกระโดดไกล ในวงรอบการเตะที่ 1 มีค่า 0.96 ± 0.56 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 2 มีค่า 1.39 ± 0.33 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 3 มีค่า 1.00 ± 0.42 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ขณะที่ความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำของระยะทางการกระโดดใกล้ ในวงรอบการเตะที่ 1 มีค่า 1.15 ± 0.63 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 2 มีค่า 1.49 ± 0.27 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 3 มีค่า

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความเร็วแนวราบและความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำ ระหว่างวงรอบการตะขา 1, 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดใกล้และระยะทางการกระโดดไกล

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	F	p-value
ความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	ระหว่างระยะทางการกระโดดใกล้	4.719	0.036*
	ระหว่างระยะทางการกระโดดไกล	0.899	0.438
ความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	ระหว่างระยะทางการกระโดดใกล้	1.682	0.235
	ระหว่างระยะทางการกระโดดไกล	0.29	0.972

* $p \leq 0.05$

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยความเร็วแนวราบและความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำ ระหว่างวงรอบการตะขา 1, 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดใกล้และระยะทางการกระโดดไกล

ตัวแปร	รอบที่ 1 ($\bar{x}$ ± SD)	รอบที่ 2 ($\bar{x}$ ± SD)	รอบที่ 3 ($\bar{x}$ ± SD)
ระยะทางการกระโดดใกล้			
ความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	0.76 ± 0.54	1.29 ± 0.33	1.47 ± 0.50*
ความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	1.15 ± 0.63	1.49 ± 0.27	1.41 ± 0.22
ระยะทางการกระโดดไกล			
ความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	0.96 ± 0.56	1.39 ± 0.33	1.00 ± 0.42
ความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำ (เมตร/วินาที)	1.38 ± 0.26	1.39 ± 0.19	1.37 ± 0.35

* $p \leq 0.05$

1.41 ± 0.22 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเร็วแนวดิ่งขณะเตะขาใต้น้ำของระยะทางการกระโดดไกล ในวงรอบการเตะที่ 1 มีค่า 1.15 ± 0.63 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 2 มีค่า 1.49 ± 0.27 เมตรต่อวินาที วงรอบการเตะที่ 3 มีค่า 1.41 ± 0.22 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระยะทางการกระโดดของความเร็วแนวราบขณะเตะเขาใต้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 3

อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำผลการทดลอง ทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางคิเนมาติกส์ โดยแบ่งช่วงการเคลื่อนไหวออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงมุดน้ำ (Gliding phase) และช่วงเตะขาใต้น้ำ (Underwater dolphin kick) ช่วงมุดน้ำ โดยมีสมมุติฐาน คือ ระยะทางการกระโดดน้ำที่ไกลจะส่งผลให้มีความเร็วในแนวราบของการมุดน้ำมากที่สุด ความลึกของศีรษะและเท้าจากระดับผิวน้ำน้อย ทำให้เริ่มเตะขาครั้งแรกได้เร็ว จึงสามารถทำความเร็วในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำได้ดีกว่าการกระโดดน้ำที่ระยะใกล้ (3.5 เมตร)

ผลการวิจัยพบว่า ระยะที่ลงลึกที่สุดจากผิวน้ำและระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรก (First kick distance) เป็นตัวแปรในช่วงมุดน้ำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเตะขาใกล้และไกล ระยะที่ลงลึกที่สุดจากผิวน้ำเป็นตัวบ่งชี้ถึงความลึกในการมุดน้ำ (Depth of glide) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องแรงต้านประเภท (Active drag) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า เมื่อนักกีฬากระโดดน้ำระยะใกล้และระยะไกลจะมีความลึกสูงสุดของศีรษะจากผิวน้ำ (Maximum head depth of glide) เท่ากับ 0.78 ± 0.09 และ 0.55 ± 0.12 เมตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระยะกระโดดน้ำไกลจะส่งผลให้นักกีฬาลงน้ำไปถึงความลึกที่เหมาะสมกว่าซึ่งลดผลกระทบจากแรงลากได้ดีกว่าระยะกระโดดน้ำใกล้ สอดคล้องกับงานวิจัยของโคเฮน และคณะ (Cohen, Cleary, and Mason, 2012) ซึ่งนิยามประสิทธิภาพในช่วงมุดน้ำ (Gliding efficiency) ไว้ว่าหมายถึง ความสามารถของร่างกาย

ในการทำความเร็วสูงสุดขณะที่เผชิญกับแรงลาก (Drag force) และผลกระทบจากแรงลากจะแตกต่างกันไปตามความลึกในการมุดน้ำ พลศาสตร์ของแรงขับเคลื่อนในน้ำ (Hydrodynamic propulsion) มีองค์ประกอบสำคัญ คือ แรงต้าน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แรงต้านแบบแอคทีฟ (Active drag) และ แรงต้านแบบพาสซีฟ (Passive drag) ในช่วงออกตัวแรงต้านจึงเป็นแบบพาสซีฟ ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของแรงต้านดังกล่าว ได้แก่ รูปร่างและขนาดลำตัวของนักกีฬา ความเร็วในการออกตัว และความลึกในการมุดน้ำ (Novais et al., 2012) โวรอนซอฟ และรุมยันซีฟท์ (Vorontsov and Rumyantsev, 2000) พบว่า หากนักกีฬาว่ายน้ำที่ระดับความลึก 0.5-1.0 เมตร จากระดับผิวน้ำ จะสามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบจากแรงต้านนี้ได้ กล่าวคือ ความลึกในการเคลื่อนที่ใต้น้ำมีผลโดยตรงต่อแรงต้าน และสัมประสิทธิ์ของแรงต้าน (Drag coefficience) ในการเคลื่อนที่ใต้น้ำภายหลังการออกตัวและการกลับตัว สอดคล้องกับงานวิจัยของธอร์และคณะ (Tor, Pease, and Ball, 2015) ซึ่งพบว่า ในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ นักกีฬาควรว่ายที่ระดับความลึก 0.5 เมตรซึ่งเป็นความลึกที่เหมาะสม เนื่องจากในระดับความลึกดังกล่าว แรงลากจะลดลงมากถึง 70% และนักกีฬาไม่ควรว่ายที่ความลึกเกิน 1.0 เมตร เพราะอาจส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการกลับขึ้นสู่ผิวน้ำ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าระยะกระโดดน้ำไกลน่าจะช่วยให้นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้มากขึ้นในช่วงมุดน้ำ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากแรงลากน้อยกว่าระยะกระโดดน้ำใกล้ นอกจากนี้ความลึกในการมุดน้ำยังส่งผลต่อเนื่องมาถึงช่วงเวลาที่นักกีฬาเริ่มต้นเตะขาครั้งแรกอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เคาน์ซิลแมน และคณะ (Counsilman, Nomura, Endo, and Counsilman, 1988) กล่าวไว้ว่า นักกีฬาจะเริ่มช่วงเตะขาใต้น้ำได้ช้ากว่า หากกระโดดลงน้ำลงไปที่ความลึกในการมุดน้ำที่ลึกกว่า ถึงแม้ตัวแปรระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรก (First kick distance) ระหว่างนักกีฬาทั้งสองระยะกระโดดจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าระยะทางที่เริ่มเตะขาครั้งแรกเป็นผลต่อเนื่องมาจากระยะทางในการกระโดดน้ำ ดังนั้นเมื่อนักกีฬากระโดดลงน้ำระยะใกล้ระดับความลึกของศีรษะและเท้าจะมากกว่า ส่งผลให้การเริ่มต้นเตะขาครั้งแรกจึงเสียระยะทางไปกับการลอยตัวขึ้น เพื่อให้อยู่ในระดับความลึกที่เหมาะสม ส่งผลให้เริ่มต้นเตะขาครั้งแรกที่ระยะใกล้กว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระยะกระโดดน้ำไกล

งานวิจัยของ คอนนาบอย และคณะ (Connaboy, Moir, Coleman, and Sanders, 2010) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบความเที่ยง (Reliability) ในการศึกษาคิเนมาติกส์ของช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำขณะว่ายด้วยความเร็วสูงสุด พบว่า รอบการเตะขาจำนวน 3-6 รอบ เป็นจำนวนที่เหมาะสมในการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคิเนมาติกส์ในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งได้ศึกษาตัวแปรทางคิเนมาติกส์ระหว่างวงรอบการเตะขา 3 วงรอบ ผลปรากฏว่าความเร็วแนวราบขณะเตะขาใต้น้ำซึ่งวัดจากมาร์เกอร์บริเวณนิ้วเท้า (Horizontal Toe Velocity) ระหว่างวงรอบการเตะขาลำดับที่ 1, 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดใกล้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความเร็วแนวราบเฉลี่ยของรอบการเตะขารอบที่ 1 น้อยกว่ารอบการเตะขารอบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ จึงน่าจะเกิดจากการกระโดดที่ระยะใกล้ ส่งผลให้ส่วนของศีรษะและเท้าลงลึกเกินไปจึงต้องเสียความเร็วในการเคลื่อนที่ไปกับการลอยตัวขึ้นสู่ระดับความลึกที่เหมาะสม ความเร็วของการเตะขารอบที่ 1 จึงน้อยกว่าความเร็วในการเตะขารอบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ระหว่างวงรอบการเตะขา 1, 2 และ 3 ของระยะทางการกระโดดไกลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้พบว่า ระยะกระโดดที่ไกลที่สุดที่สามารถกระโดดได้ส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความลึกสูงสุดของศีรษะและเท้า รวมถึงระยะทางที่เริ่มตีขาครั้งแรก โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้หลังการกระโดดส่วนต่าง ๆ ของนักกีฬาอยู่ในความลึกที่เหมาะสมต่อการว่ายน้ำใต้น้ำ และพร้อมที่จะเริ่มการว่ายน้ำได้เร็วกว่าการกระโดดน้ำระยะใกล้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามสามารถนำไปปรับปรุงท่าทางการกระโดดและพัฒนาความเร็วในช่วงว่ายน้ำใต้น้ำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างจากชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทีมงานจากบริษัทยูไนเต็ตบีเมคที่ช่วยให้คำแนะนำและส่งทีมงานมาช่วยในการติดตั้งเครื่องมือ และกล้องใต้น้ำ ขอบคุณโรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

Arellano, R., Terrés-Nicol, J. M., and Redondo, J. M. (2006). Fundamental hydrodynamics of swimming propulsion. *Journal of Sports Sciences,* 10(1), 15-20.

Atkison, R.R., Dicky, J.P., Dragunas, A., and Nolte, V. (2014). Importance of sagittal kick symmetry for underwater dolphin kick performance. *Human Movement Science,* 33, 298-311.

Connaboy, C., Moir, G., Coleman, S., and Sanders, R. H. (2010). Measures of reliability in the kinematics of maximal underwater undulatory swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 42(4), 762-770

Cohen, R. C., Cleary, P. W., and Mason, B. R. (2012). Simulations of dolphin kick swimming using smoothed particle hydrodynamics. *Human Movement Science,* 31(3), 604-619 doi:10.1016/j.humov.2011.06.008

Cossor, J., and Mason, B. (2001). Swim start-performances at the Sydney 2000 Olympic Games, International Symposium on Biomechanics in Sports (ISBS), Blackwell JR, Sanders R, Editor, San Francisco. *International Society on Biomechanics in Sport,* 70-73.

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

Higgs, A., Pease, D., and Sanders, R. (2016). Relationships between kinematics and undulatory underwater swimming performance. *Journal of Sports Sciences. 35(10), 995-1003.* doi:10.1080/02640414.2016.1208836.

Lyttle, A., and Benjanuvatra, N. (2005). *Start Right? A biomechanical review of dive*

start performance. Retrieved from: http://www.coachesinfo.com/category/swimming/321.

Miller, J.A., Hay, J.G., and Wilson, B.D. (1984). Starting techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Sciences,* 2 (3), 213-223.

Miller, M., Allen, D., and Pein, R. (2003). A kinetic and kinematic comparison of the grab and track starts in swimming. *In J. C. Chatard (Ed.), Biomechanics and Medicine in Swimming IX. Saint-Étienne: University of Saint-Étienne,* 231-235.

Novais, M. L., Silva, A. J., Mantha, V. R., Ramos, R. J., Rouboa, A. I., Vilas-Boas, J. P., . . . Marinho, D. A. (2012). The effect of depth on drag during the streamlined glide: A three-dimensional CFD analysis. *Journal of Human Kinetics,* 33, 55-62. doi: 10.2478/v10078-012-0044-2

Pereira, S.M., Ruschel, C., and Araujo, L.G. (2006). Biomechanical analysis of the underwater phase in swimming starts. *Biomechanic*, 6 (Suppl. 2), 79-81.

Sanders, R., and Byatt-Smith, J. (2001). Improving feedback on swimming turns and starts exponentially. *In: XIXth International Symposium on Biomechanics in Sports. San Francisco,* 91-94.

Slawson, S., Conway, P., Cossor, J., Chakravorti, N., and 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.

Thow, J. L., Naemi, R., and Sanders, R. H. (2012). Comparison of modes of feedback on glide performance in swimming. *Journal of Sports Sciences,* 30(1), 43-52. doi:10.1080/02640414.2011.624537

Tor, E., Pease, D., and Ball, K. (2014). Characteristics of an elite swimming start. *Paper presented at the Biomechanics and Medicine in Swimming Conference* 2014, Canberra, 257-263. doi:10.13140/2.1.2350.2087

Tor, E., Pease, D. L., and Ball, K. A. (2015). Comparing three underwater trajectories of the swimming start. *Journal of Science and Medicine in Sport,* 18(6), 725-729. doi:10.1016/j.jsams.2014.10.005

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

Vilas-Boas, J., Costa, L., Fernandes, R., Ribeiro, J., Figueiredo, P., Marinho, D., and Machado, L. (2010). Determination of the drag coefficient during the first and second gliding positions of the breaststroke underwater stroke. *Journal of Applied Biomechanics,* 26, 324-331.

Vorontsov AR., and Rumyantsev Va. (2000). *Propulsive forces in swimming.* In V. Zatsiorsky (Ed.),. Biomechanics in Sports, (pp. 205-231). Malden. MA: Blackwell Science Ltd.