การวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

KINEMATIC ANALYSIS OF TRACK SWIMMING START IN MALE SWIMMERS AGED 18-25 YEARS

Miss Tatpicha Pongsiri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี
โดย	นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เบญจพล เบญจพลากร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทัตพิชา พงษ์ศิริ : การวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี (KINEMATIC ANALYSIS OF TRACK SWIMMING START IN MALE SWIMMERS AGED 18-25 YEARS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. นงนภัส เจริญพานิช, หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการกระโดดขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ (Maximum Effort) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ทั้งหมด 13 คน ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนรับการทดลองทำการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยทำการกระโดด 10 ครั้ง ด้วยความเร็วในการกระโดดออกตัวสูงสุด โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง (กลุ่มกระโดดใกล้) และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง (กลุ่มกระโดดไกล) เก็บข้อมูลโดยการวิเคราะห์จากภาพ 3 มิติ โดยทำการติดตั้ง Marker บริเวณ Vertex of the skull, Tip of left middle finger, Tip of left iliac crest และ Head of left fifth metatarsal ทั้งหมด 4 จุด บันทึกภาพการกระโดดโดยกล้องความเร็วสูง จำนวน 7 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Motion Capture System นำค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลทางคิเนเมติกส์เปรียบเทียบผลระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ p-value ≤ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะทางในการกระโดดใกล้ และไกล โดยกลุ่มกระโดดไกลแสดงเวลาในการลอยตัวนานกว่า มุมในการลงสู่น้ำและเวลาในการมุดน้ำน้อยกว่ากลุ่มกระโดดใกล้ อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ความเร็วในแนวราบขณะกระโดดทั้ง 2 ระยะทาง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่า แม้ว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดเท่าที่สามารถทำได้จะใช้เวลาในการลอยตัวในอากาศนานกว่า แต่ขณะลงสู่น้ำจะมีมุมในการมุดน้ำน้อยกว่า และใช้เวลาในการมุดน้ำน้อยกว่า ดังนั้นการกระโดดน้ำในระยะไกลจึงใช้เวลาในการออกตัวน้อยกว่าการกระโดดน้ำระยะใกล้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5978309139 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: SWIMMING START / TRACK SWIMMING START / KINEMATICS / FLIGHT DISTANCE / SWIMMERS

TATPICHA PONGSIRI: KINEMATIC ANALYSIS OF TRACK SWIMMING START IN MALE SWIMMERS AGED 18-25 YEARS. ADVISOR: NONGNAPAS CHAROENPANICH, Ph.D., pp.

The purposes of this study were to study and compare the kinematic data of track swimming start between short and long jump start distances in male swimmers aged 18-25 years. Thirteen male swimmers were required to perform track swimming start tests in jump start ten times with maximum jump start speed, the shortest distance (short group), and the longest distance (long group). Four markers were placed at Vertex of the skull, Tip of left middle finger, Tip of left iliac crest and Head of left fifth metatarsal. Seven high speed cameras were used to collect each jumping movement. The data was analyzed by Qualisys Motion Capture System. The paired t-test was used to compare mean and standard deviation of kinematics data of short and long distance jumping start by determining the level of significance at p-value ≤ 0.05.

The results were as follows: The long group showed more flying time, less diving angle and less time of dive than the data of short group significantly. On the other hand, there was no significant difference between groups of the horizontal velocity at take-off and take-off angle. In conclusion, although the longest track swimming start distance showed significant greater flying time, but the diving angle and time to dive were significant less than the data of short group. Therefore, the long group used time of jumping start less than short group.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2017 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร และรองศาสตราจารย์.ดร.ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ อันส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ และความถูกต้องยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ แขนงวิทยาศาสตร์การกีฬา และแขนงอื่น ๆ ทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำต่าง ๆ และกำลังใจ และผู้ช่วยวิจัย นักกีฬาว่ายน้ำชาย ของชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาและแรงกาย เพื่อให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาตลอดมา ทั้งทางด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ ทำให้ผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์มาได้ และส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในการเรียนครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

ปัญหาในการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 6

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 7

ข้อจำกัดของการวิจัย 7

คำจำกัดความของการวิจัย 8

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

กีฬาว่ายน้ำ 11

การออกตัว (Swimming Start) 13

ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) 20

การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Postural Analysis) 28

งานวิจัยต่างประเทศ 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

กรอบแนวคิดในการวิจัย 46
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 47
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 47
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 49
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 50
การวิเคราะห์ข้อมูล 56
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 68
สรุปผลการวิจัย 68
อภิปรายผลการวิจัย 70
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 75
รายการอ้างอิง 77
ภาคผนวก 81
ภาคผนวก ก 82
ภาคผนวก ข 94
ภาคผนวก ค 95
ภาคผนวก ง 97
ภาคผนวก จ 98
ภาคผนวก ฉ 99
ภาคผนวก ช 102
ภาคผนวก ซ 104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 13 คน.....58

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....59

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการกระโดดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....61

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....62

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....63

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....64

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....65

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....66

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้.....67

ตารางที่ 10 ระยะทางที่นักกีฬากระโดดได้จากการศึกษานำร่อง..... 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ช่วงบนแท่นออกตัว 14
ภาพที่ 2 ช่วงก่อนลงน้ำ....15
ภาพที่ 3 ช่วงใต้น้ำ 15
ภาพที่ 4 การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม 16
ภาพที่ 5 การออกตัวแบบจับแท่น....17
ภาพที่ 6 ระนาบของร่างกาย....22
ภาพที่ 7 โมเดลร่างกายคนกับตำแหน่งมาร์คเกอร์ในร่างกาย 31
ภาพที่ 8 การเคลื่อนไหวและตำแหน่งมาร์คเกอร์ในร่างกาย 31
ภาพที่ 9 ตำแหน่งมุมมองของกล้อง....34
ภาพที่ 10 เฟรมคาลิเบรทจากระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในช่วงต้น....37
ภาพที่ 11 การคาลิเบรทแบบไดนามิก 38
ภาพที่ 12 การคาลิเบรทแบบไดนามิก 39
ภาพที่ 13 กรอบแนวคิดในการวิจัย 46
ภาพที่ 14 ช่วงการออกตัวในการวิเคราะห์ทางคิเนเมติกส์....53
ภาพที่ 15 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 55
ภาพที่ 16 แสดงตำแหน่งการวางกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว....97
ภาพที่ 17 แสดงตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) 98
ภาพที่ 18 แสดงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 101
ภาพที่ 19 แสดงระยะทางการกระโดดของนักกีฬา.... 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาว่ายน้ำ เป็นกีฬาที่ต้องตัดสินกันด้วยเวลาซึ่งการแข่งขันบางประเภทใช้เวลาในการแข่งขันไม่ถึงหนึ่งนาที ซึ่งผลแพ้ชนะขึ้นอยู่กับเวลาเพียงเสี้ยววินาที ในการแข่งขันว่ายน้ำ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีผลแพ้ชนะมี 4 ปัจจัย ได้แก่การออกตัว ท่าทางการว่ายน้ำท่าทางต่าง ๆ ความเร็วในการกลับตัว และเทคนิคการเข้าเส้นชัย จากปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยนี้ การออกตัว จัดเป็นปัจจัยที่ช่วยให้นักกีฬาว่ายน้ำออกนำได้ตั้งแต่เริ่มการแข่งขัน ส่งผลให้เพิ่มโอกาสชนะ และลดความเครียดของนักกีฬาได้ (Slawson, 2011) โดยได้มีการแบ่งช่วงการว่ายออกเป็นหลายส่วน เริ่มจากช่วงออกตัว, ช่วงเริ่มว่ายน้ำ, ช่วงกลับตัว (ในกรณีที่ว่ายระยะยาวกว่า 1 ช่วงสระว่ายน้ำ) และช่วงแตะขอบสระ (Vantorre et al., 2014) ช่วงออกตัว (Swimming Start) หมายถึงช่วงแรกสุดของการเริ่มต้นการแข่งขันว่ายน้ำ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (Sprint Event) ตัวอย่างเช่น การแข่งขันว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์หญิง ในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่กรุงปักกิ่ง ปี 2008 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 26% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมด (Slawson, 2010) เช่นเดียวกับการศึกษาในนักกีฬาที่ลงแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้นในมหกรรมกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อน ณ นครซิดนีย์ ปี ค.ศ. 2000 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 0.8 - 26.1% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมดซึ่งจะแตกต่างกันตามระยะทางในการแข่งขัน และพบว่าถ้านักกีฬาสามารถทำเวลาในช่วงออกตัวได้ดีเท่าใด จะส่งผลให้สามารถทำความเร็วในช่วงอื่นๆ ได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากช่วงออกตัวเป็นช่วงที่นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้สูงสุด (Arellano et al., 2000, Cossor and Mason 2001, Welcher et al., 2008) ดังนั้นในการแข่งขันว่ายน้ำโดยเฉพาะการแข่งขันระยะสั้น ช่วงออกตัวจึงเป็นช่วงสำคัญที่ช่วยในการเพิ่มโอกาสการชนะการแข่งขันได้มากขึ้น (Hay, 1986)

สหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศ (Fédération Internationale de Natation: FINA) ได้นิยามช่วงการออกตัวว่า หมายถึง ช่วงแรกของการแข่งขันนับตั้งแต่สัญญาณนกหวีดดัง ไปจนกระทั่งนักกีฬาเริ่มต้นว่ายน้ำสโตรคแรก โดยระยะดังกล่าวต้องไม่เกิน 15 เมตร (FINA, 2007; Cossor and Mason, 2001) โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block Phases), ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases) และช่วงหลังลงน้ำ (Underwater Phases) โดยแต่ละช่วงใช้เวลาคิดเป็น 11%, 5% และ 84% ตามลำดับ (Slawson et al., 2011) ช่วงบนแท่นออกตัว หมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณนกหวีดเริ่มต้นดัง ไปจนถึงระยะที่นักกีฬากระโดดออกจากแท่นออกตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขณะที่ช่วงก่อนลงน้ำ หมายถึง ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่น จนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ (Maglischo, 2003) ซึ่งในช่วงดังกล่าวนักกีฬาจะต้องพุ่งลงน้ำให้ได้เร็วที่สุด โดยให้มีแรงส่งจากช่วงออกตัวเพื่อให้มีความเร็วคงเหลือ ในการอาศัยแรงส่งซึ่งเป็นผลมาจากช่วงก่อนลงน้ำ (Hubert et al., 2006; Sanders and Byatt-Smith, 2001) ส่วนช่วงหลังลงน้ำซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการออกตัวจะเริ่มต้นเมื่อมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร (Torab et al., 2014) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการออกตัว ได้แก่ ความเร็วแนวราบขณะออกตัว มุมในการออกตัว ระยะเวลาขณะอยู่บนแท่นกระโดด ระยะเวลาในการลอยตัว ระยะเวลาทั้งหมดในการออกตัว ระยะทางในการกระโดด มุมในการลงสู่น้ำ ความเร็วแนวราบขณะลงสู่น้ำ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และท่าทางการกระโดด (Vantorre et al., 2010; Puel et al., 2012; Alptekin, 2014) ในการแข่งขันว่ายน้ำเวลาเพียง .001 วินาที ก็หมายถึงการเป็นผู้แพ้หรือผู้ชนะได้ ดังนั้นนักกีฬาที่จะเป็นผู้ชนะ ไม่เพียงแต่เป็นผู้ที่มีความเร็วสูงสุดในการแข่งขันว่ายน้ำเท่านั้น จะต้องมีความสามารถในการออกตัวที่ดี ซึ่งทำให้นักกีฬาว่ายน้ำใช้เวลาในการว่ายน้ำน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแข่งขันระยะสั้น (Lyttle & Benjanuvatra, 2005)

ในปัจจุบันมีการออกตัว 2 รูปแบบที่ใช้สำหรับการว่ายน้ำ 3 ท่า (ท่าฟรีสไตล์ ท่ากบ และท่าผีเสื้อ โดยท่ากรรเชียงมีรูปแบบการออกตัวจากใต้น้ำ) ได้แก่ การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track Start) และ การออกตัวแบบจับแท่น (Grab Start) โดยการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม เริ่มต้นโดย Hanauer ในปี พ.ศ. 2503 โดยมีลักษณะเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด และเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นกระโดด ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่บริเวณด้านหน้าของแท่นกระโดด ส่วนการออกตัวแบบจับแท่น เริ่มต้นโดย Fitzgerald ในปี พ.ศ. 2516 (Jorgić et al., 2010) มีลักษณะ มีลักษณะเท้าทั้งสองข้างอยู่ที่ด้านหน้าของแท่นกระโดด และมือทั้งสองจับขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด โดยมือทั้งสองจะอยู่ข้างในหรือข้างนอกของเท้าทั้งสองข้างก็ได้ (Rutemiller, 1995) การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลอยู่ทางด้านหน้ามากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น จึงทำให้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดด และช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อกที่สั้นกว่า มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่น (Blanksby, Nicholson & Elliott, 2002; Lee, Huang, & Lee, 2012) ซึ่ง ยูลี, ฟู ฮวง และ เวน ลี (Lee et al., 2012) พบว่า ระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดดที่สั้นกว่า ทำให้มีช่วงเวลาขณะอยู่บนแท่นลดลง มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วขึ้น ในปีพ.ศ. 2551 Fédération Internationale de Natation (FINA) ได้มีการปรับปรุงรูปแบบของแท่นกระโดด โดยให้แท่นกระโดดมีแผ่นรองด้านหลัง (back plate) สำหรับการวางเท้าหลังในการออกตัว ด้วยรูปแบบการปรับปรุงนี้ ทำให้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามกลายเป็นเทคนิคที่นักกีฬานิยมใช้มากที่สุด จึงส่งผลให้นักกีฬามีความเร็วในการออกตัวที่เพิ่มมากขึ้น (Kibele et al., 2013) จึง

เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น เป็นปัจจัยที่ช่วยให้นักกีฬาว่ายน้ำสามารถออกนำได้ตั้งแต่เริ่มการแข่งขัน ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการชนะผู้เข้าแข่งขันอื่นได้มากขึ้น (Alves, 1993)

นอกจากนี้ระยะทางในการกระโดด (Flight Distance) ก็เป็นหนึ่งตัวแปรสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพของการออกตัวของนักกีฬาในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น ที่ส่งผลต่อเนื่องไปยังความเร็วของช่วงหลังลงน้ำหรือช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งระยะทางดังกล่าวเป็นผลต่อเนื่องมาจากแรงส่งจากช่วงบนแท่นออกตัว และลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำ (Malischo, 2003) โดยช่วงการกระโดดมีวิถีการเคลื่อนที่ 2 แบบ ได้แก่ แบบโค้ง (Pike Start) และแบบราบ (Flat Start) จากงานวิจัยพบว่า ลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง (Pike Start) มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat Start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการออกตัว(Take-off Angle) และมุมในการลงน้ำ (Entry Angle) ได้ดีกว่า โดยมีมุมในการออกตัว อยู่ระหว่าง 40-60 องศา (เทียบกับแนวราบ) และลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่าเนื่องจากระยะทางที่มือจะสัมผัสกับผิวน้ำนั้นมากกว่า (Counsilman et al., 1988) ซึ่งการกระโดดที่มีประสิทธิภาพนี้จะส่งผลให้ความเร็วในแนวราบขณะลงน้ำ (Horizontal Velocity at Water Entry) สูง จึงส่งผลให้ความเร็วเริ่มต้นของการว่ายน้ำใต้น้ำสูงด้วย ดังนั้นแรงส่งที่มากย่อมส่งผลให้การว่ายน้ำใต้น้ำสามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทาร์โกเวต (Targovet, 2014) ที่กล่าวไว้ว่าความเร็วในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำขึ้นอยู่กับความเร็วแนวราบขณะลงน้ำ ซึ่งความเร็วดังกล่าวเป็นผลมาจากความเร็วแนวราบขณะลอยตัวในช่วงออกตัว ดังนั้นการเคลื่อนไหวบนแท่นออกตัวจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็วในการออกตัว ซึ่งเกี่ยวพันต่อเนื่องไปยังความเร็วในช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ อย่างไรก็ตามวิถีการเคลื่อนไหวใต้น้ำล้วนเป็นผลมากจากช่วงบนแท่นออกตัว และช่วงขณะลงน้ำ รัสเชล และคณะ (Ruschel et al., 2007) กล่าวว่า ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ (Flight Duration) ไม่มีนัยสำคัญต่อเวลาในการออกตัว (Start Time) ระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ (Flight Distance) ต่างหากที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัว ดังนั้นหากนักกีฬาต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกตัว นักกีฬาควรจะเพิ่มประสิทธิภาพในช่วงขณะลงน้ำด้วยการเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ ในทางตรงกันข้าม สลอร์สัน และคณะ (Slawson et al., 2013) ได้ศึกษาพบว่า หากนักกีฬาใช้ระยะเวลาบนแท่นออกตัวสั้นลง เพิ่มความเร็วในการออกตัว จะส่งผลให้นักกีฬาสามารถกระโดดลงน้ำได้ไกลขึ้น แต่การกระโดดลงน้ำที่ไกลขึ้นนั้นไม่ได้หมายความว่าประสิทธิภาพในการออกตัว (Start Performance) ของนักกีฬาจะดีขึ้นเสมอไป เนื่องจากการออกตัวจากแท่นออกตัวด้วยความเร็วแนวราบที่สูงขึ้น (Horizontal Velocity) จะช่วยเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ ซึ่งระยะทางดังกล่าวที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อเนื่องทำให้วงน้ำขณะที่นักกีฬาลงน้ำ (Entry Hole) ขยายกว้างขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้น และวิถีในการลงน้ำของนักกีฬาจะเป็นแบบราบ

(Flatter Trajectory) ซึ่งวิถีดังกล่าวจะส่งผลต่อเนื่องไปยังวิถีในการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Underwater Trajectory) ของนักกีฬาที่ตื้นกว่าปกติ และยิ่งก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้นอีก (Costill et al., 1992: Kirner et al., 1989) ซึ่งสอดคล้องกับ มิลเลอร์ และคณะ (Miller et al., 2003) ที่กล่าวว่า ระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำที่สั้น ส่งผลให้ช่วงขณะลงน้ำมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น กล่าวโดยสรุปคือประสิทธิภาพของช่วงขณะลงน้ำต้องอาศัยส่วนประกอบของ ความเร็วแนวราบในการออกตัว, มุมในการออกตัว และระยะทางที่นักกีฬาลงน้ำ เป็นสำคัญ จากที่กล่าวมาข้างต้นการออกตัวที่มีประสิทธิภาพยังคงมีข้อขัดแย้งในเรื่องระยะทางในการกระโดด ว่าควรกระโดดออกตัวให้ไกลที่สุดหรือไม่ ซึ่งการกระโดดที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อความเร็วในแนวราบขณะลงน้ำของนักกีฬา ดังนั้นการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกระโดดน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญ

เพื่อเป็นการศึกษาถึงรูปแบบการกระโดดน้ำ พบว่า การศึกษาส่วนใหญ่ได้ศึกษาบนพื้นฐานทางชีวกลศาสตร์ นั่นคือ การศึกษาท่าทางในการกระโดดน้ำของนักกีฬา ตลอดจนตำแหน่งที่นักกีฬากระโดดลงน้ำอย่างไรให้อยู่ในตำแหน่งที่ทำให้การเคลื่อนไหวใต้น้ำเคลื่อนที่ไปได้เร็วที่สุด ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ รัสเชล และคณะ (Ruschel et al., 2007) ได้ศึกษาข้อมูลทางคิเนเมติกส์ของการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำ พบว่า ตัวแปรที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักกีฬาว่ายน้ำมีประสิทธิภาพในการออกตัวที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ช่วงเวลาขณะอยู่บนแท่นออกตัว ช่วงเวลาและระยะทางขณะลอยตัวในอากาศ มุมขณะลงสู่น้ำ ระดับความลึกสูงสุด และระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของช่วงใต้น้ำ ในปี 2010 จอร์จิค (Jorgic, 2010) ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางคิเนเมติกส์ ของการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามในกีฬาว่ายน้ำ โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์ทางคิเนเมติกส์ 8 ชนิด ได้แก่ ระยะทางในการกระโดด มุมในการออกตัว ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลขณะออกตัว ความเร็วการเคลื่อนที่ของศีรษะขณะออกตัว ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมือขณะออกตัว ความเร็วของการเคลื่อนไหวสะโพกขณะออกตัว ช่วงเวลาในการลอยตัว และมุมในการลงสู่น้ำ จากผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม ยกเว้นมุมในการออกตัว ซึ่งการออกตัวแบบจับแท่นมีมุมในการออกตัวที่มากกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม ส่วนโฮมส์ (Holmes, 2013) ได้ศึกษาความแตกต่างทางคิเนเมติกส์ และคิเนติกส์ ในการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม และการออกตัวแบบจับแท่น จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระยะทางการกระโดดที่ไกลขึ้น และช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อกที่นานขึ้น นำไปสู่ช่วงเวลาตั้งแต่ออกจากบล็อกจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตรที่สั้นลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัวที่สูงขึ้น ข้อมูลทางคิเนมาติกส์จึงเป็นข้อมูลที่สามารถตอบโจทย์ของการศึกษาท่าทางของการกระโดดเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มโอกาสการชนะการแข่งขันของนักกีฬาว่ายน้ำได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า การออกตัวเป็นช่วงที่ส่งผลต่อความเร็วของช่วงหลังลงน้ำหรือช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ และมีส่วนสำคัญต่อการชนะการแข่งขัน ซึ่งการออกตัวที่ดีที่สุดนั้น

น่าจะเป็นการออกตัวที่ใช้เวลาบนแท่นน้อยที่สุด การออกตัวในท่าเท้านำเท้าตามจึงเป็นที่นิยมในการแข่งขันมากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น จากการศึกษานำร่องเกี่ยวกับระยะทางในการกระโดดจากแท่นกระโดด ในนักกีฬาว่ายน้ำชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ด้วยท่าเท้านำเท้าตาม และกระโดดด้วยความสามารถสูงสุดของนักกีฬา (Maximum Effort) พบว่า นักกีฬาส่วนใหญ่กระโดดลงน้ำที่ระยะทางใกล้เคียงกับระยะ 2.0 เท่าของความสูงของตนเอง ซึ่งระยะการกระโดดดังกล่าวเป็นระยะที่นักกีฬาใช้ในการแข่งขันจริง ซึ่งเป็นระยะทางในการกระโดดที่นักกีฬาเชื่อว่าสามารถทำให้ลงสู่น้ำได้เร็วที่สุด และส่งผลต่อเนื่องให้นักกีฬาสามารถทำความเร็วในช่วงหลังลงน้ำได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ระยะทางการกระโดดหลังจากออกจากแท่นยังมีข้อขัดแย้งกันอยู่ว่าควรพุ่งลงน้ำให้เร็วที่สุด ในระยะกระโดดที่สั้นที่สุด หรือควรกระโดดให้ได้วิถีโค้งในระยะทางที่ไกลออกมาเพื่อให้ร่างกายทำมุมกับน้ำที่เหมาะสมในการมุดลงน้ำให้เร็วที่สุด จึงจะส่งผลให้นักกีฬาสามารถลงสู่น้ำได้เร็วที่สุด และยังคงมีแรงส่งในแนวราบเพื่อให้เกิดความเร็วในการเคลื่อนที่ใต้น้ำในแนวราบมากที่สุด ซึ่งยังไม่พบว่า มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับระยะทางในการกระโดดจากแท่นกระโดดที่ระยะทางแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวก่อนลงน้ำ โดยอาศัยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางชีวกลศาสตร์เป็นพื้นฐานของการศึกษา เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการออกตัวของนักกีฬาว่ายน้ำ

ปัญหาในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกัน มีผลต่อท่าทางการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมมุติฐานของการวิจัย

การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด น่าจะมีระยะเวลาในการลอยตัว (Flight Time) สั้นกว่า จึงสามารถลงสู่น้ำได้เร็วกว่า การกระโดดที่ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนมาติกส์ขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์ขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดระหว่างระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาและวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดระหว่างระยะทางการกระโดดใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดไกลที่สุด

2. เปรียบเทียบท่าทางการเคลื่อนไหว ขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดระหว่างระยะทางการกระโดดใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดไกลที่สุด

3. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปีเพศชาย จำนวน 15 คน

4. ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

4.1 ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (Independent variable)

4.1.1 ระยะทางในการกระโดดน้ำ

1) ระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด

2) ระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

4.2 ตัวแปรควบคุม (Control variable)

4.2.1 การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม

4.2.2 สระว่ายน้ำขนาดมาตรฐาน 50 เมตร

4.2.3 แท่นกระโดดขนาดมาตรฐานแบบไม่มี back plate

4.3 ตัวแปรตาม (Dependent variable)

4.3.1 ข้อมูลคิเนเมติกส์

1) ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off)

2) มุมในการออกตัว (Take-off angle)

3) ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time)

4) มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle)

5) ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6) ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity to entry)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. นักกีฬาว่ายน้ำชาย อายุ 18-25 ปี

2. มีสุขภาพดี แข็งแรง สมบูรณ์ ไม่มีปัญหาด้านสุขภาพหรือมีโรคประจำตัว จากการซักประวัติการรักษา (ภาคผนวก ค)

3. ได้รับคำอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียด และลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยก่อนการทดลอง

4. เข้ารับการทดลองการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยทำการกระโดด 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การกระโดดได้สมบูรณ์หมายถึง การกระโดดที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้ โดยที่ ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล) โดยแต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 5 นาที

5. ให้ความร่วมมือด้วยความเต็มใจ และเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยอย่างเต็มใจ

6. งดการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมอย่างหนักอย่างน้อย 1 วัน ก่อนมาทำการทดลอง

7. ใช้คำสั่งในการปล่อยตัวเป็นภาษาอังกฤษว่า “take your marks” เช่นเดียวกับรายการแข่งขันของสหพันธ์ว่ายน้ำนานาชาติ (FINA)

8. กระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดทุกคน

9. นักกีฬาแต่งกายด้วยกางเกงว่ายน้ำขาสั้นแบบบิกินี่ (Men’s Bikini Swimsuit) ที่ใช้สำหรับแข่งขันของนักกีฬาเอง

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ไม่สามารถติดตั้งกล้องได้รอบตัวผู้เข้าร่วมวิจัย จึงมีบางตำแหน่งที่ไม่สามารถติดอุปกรณ์กำหนดมุมข้อต่อเพื่อวิเคราะห์ได้ เช่น ส่วนของร่างกายตรงกลางทางด้านหน้า เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำจำกัดความของการวิจัย

ช่วงออกตัว (Swimming Start) หมายความถึง ช่วงแรกของการแข่งขัน นับตั้งแต่สัญญาณปล่อยตัวดัง ไปจนกระทั่งมือของนักกีฬาแตะระยะ 15 เมตร โดยสามารถแบ่งช่วงการเคลื่อนไหวในการออกตัวเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block Phases) คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณปล่อยตัวเริ่มต้นดัง ไปจนถึงระยะที่นักกีฬากระโดดออกจากแท่นออกตัว ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases) คือ ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่น จนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ และช่วงหลังลงน้ำ (Underwater Phases) คือ ช่วงเวลาตั้งแต่มือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร

การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม (Track Swimming Start) หมายถึง การออกตัวจากแท่นกระโดดที่มีลักษณะเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด และเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นกระโดด ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่บริเวณด้านหน้าของแท่นกระโดด

คิเนเมติกส์ (Kinematics) หมายถึง การศึกษารายละเอียดการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยไม่สนใจสาเหตุของการเคลื่อนไหว เป็นการศึกษาที่มุ่งอธิบายตำแหน่งของร่างกายในแนวเส้นตรงและเชิงมุมตลอดจนเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว เป็นการระบุส่วนสำคัญของทักษะในลักษณะของการสร้างการเคลื่อนไหว โดยทำการศึกษา ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) มุมในการออกตัว (Take-off angle) ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry) และ ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity at entry) เป็นต้น โดยมีคำจัดกัดความในงานวิจัย ดังนี้

- ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) หมายถึง ความเร็วในแนวราบ ขณะที่เท้ามีการสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงเริ่มมีการเคลื่อนไหวในการออกตัว (movement onset) จนกระทั่งเท้าสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

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

- ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) หมายถึง เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งสุดท้ายของเท้ากับแท่นออกตัว และการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Head of left fifth metatarsal และ มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger มีหน่วยเป็นวินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

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

- ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity at entry) หมายถึง ความเร็วในแนวราบ ระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

ระยะทางการกระโดด (Flight Distance) หมายถึง ระยะทางในแนวราบจากจุดที่เท้าของนักกีฬาสัมผัสแท่นกระโดดครั้งสุดท้าย ไปจนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง ขอบของแท่นกระโดด และมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger มีหน่วยเป็นเมตร

นักกีฬาว่ายน้ำ (Swimmer) หมายถึง นักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม และมีประสบการณ์ในการเล่นหรือแข่งขันกีฬาว่ายน้ำมาอย่างน้อย 3 ปี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ผู้ฝึกสอนสามารถนำรูปแบบมาปรับใช้เพื่อเป็นคำสั่งให้นักกีฬาปฏิบัติตามได้อย่างชัดเจน

2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจ เกี่ยวกับเรื่องชีวกลศาสตร์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามในช่วงการออกตัว ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกัน ในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัยที่มีรายละเอียดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง จากเอกสาร บทความ ตำราวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ก. เอกสาร วารสาร ตำราที่เกี่ยวข้อง

1. กีฬาว่ายน้ำ

2. ช่วงการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำ (Swimming Start)

3. ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics)

4. การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Postural Analysis)

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กีฬาว่ายน้ำ

(วีระ มนัสวานิช, 2545) ได้กล่าวถึงประวัติกีฬาว่ายน้ำไว้ดังนี้ กีฬาว่ายน้ำถือเป็นศิลปะอย่างหนึ่ง เพราะมนุษย์สามารถว่ายน้ำได้ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ที่ตั้งภูมิลำเนาอยู่ตามชายทะเล แม่น้ำ ลำคลอง และที่ราบลุ่มต่าง ๆ เช่น พวกเอสซีเรีย อียิปต์ กรีก และโรมัน มีการฝึกหัดว่ายน้ำกันมาตั้งแต่ก่อนคริสต์กาล เพราะมีผู้พบภาพวาดเกี่ยวกับการว่ายน้ำในถ้ำบนภูเขาแถบทะเลทรายลิบยาน การว่ายน้ำในสมัยนั้นเพียงเพื่อให้สามารถว่ายน้ำข้ามไปยังฝั่งตรงข้ามได้หรือเมื่อเกิดอุทกภัยน้ำท่วมป่าและที่อยู่อาศัยก็สามารถพาตัวไปในที่น้ำท่วมไม่ถึงได้อย่างปลอดภัย การว่ายน้ำได้มีวิวัฒนาการมาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน แต่มีหลักฐานบันทึกไว้ไม่นานนัก ว่า ราล์ฟ โทมัส (Ralph Thomas) ให้ชื่อแบบว่ายน้ำที่มนุษย์ใช้ว่ายกันมาตั้งแต่เดิมว่าฮิวแมน สโตรค (Human stroke) นอกจากนี้พวกชนชาติสลาฟและพวกสแกนดิเนเวียรู้จักการว่ายน้ำอีกแบบหนึ่งโดยใช้เท้าเคลื่อนไหวในน้ำคล้ายกบว่ายน้ำ หรือที่เรียกว่า ฟล็อคคิก (Flogkick) แต่วิธีการเคลื่อนไหวแบบฟล็อคคิก จะทำความเร็วในการว่ายน้ำได้ไม่มากนัก โดยการแข่งขันว่ายน้ำครั้งแรกได้จัดขึ้นที่ วูลวิช บาร์ท (Woolwich Baths) ใกล้กับกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เมื่อปี พ.ศ. 2416 การแข่งขันครั้งนั้นมีการแข่งขันเพียงแบบเดียวคือ แบบฟรีสไตล์ (Free style) โดยผู้ว่ายน้ำแต่ละคนจะว่ายแบบใดก็ได้ ในการแข่งขันครั้งนี้ J. Arhur Trudgen เป็นผู้ได้รับชัยชนะ โดยเขาได้ว่ายแบบเดียวกับพวกอินเดียแดงในอเมริกาใต้ คือแบบยกแขนกลับเหนือน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการว่ายน้ำของเขาได้กลายเป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากจนได้ชื่อว่า ท่าว่ายน้ำแบบทรัดเจน (Trudgen stroke) กีฬาว่ายน้ำได้จัดเข้าไว้ในการแข่งขันโอลิมปิกเมื่อปี พ.ศ. 2436 และได้จัดการแข่งขันมาจนถึงปัจจุบัน ด้วยเหตุดังกล่าวกีฬาว่ายน้ำก็ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายจากคนทั่วไป และถือเป็นส่วนหนึ่งของการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก มีการพัฒนากีฬาว่ายน้ำให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นเป็นลำดับ โดยมีผู้คิดแบบและประเภทของการว่ายน้ำเพื่อความสนุกสนาน และความตื่นเต้นในการแข่งขันมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติกีฬาว่ายน้ำในประเทศไทย สมาคมว่ายน้ำสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ได้จดทะเบียนสมาคมต่อกรมตำรวจเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2502 ผู้ดำรงตำแหน่งนายกสมาคมว่ายน้ำฯคนแรก คือ พลเรือโท สวัสดิ์ ภูติอนันต์ ในปีเดียวกันนี้สมาคมว่ายน้ำฯได้เข้าเป็นสมาชิกของสหพันธ์ว่ายน้ำนานาชาติในปี พ.ศ. 2504 รัฐบาลได้อนุมัติเงินงบประมาณจำนวน 10 ล้านบาท เพื่อก่อสร้างสระว่ายน้ำมาตรฐานขนาดความยาว 50 เมตร กว้าง 25 เมตร พร้อมทั้งที่กระโดดน้ำ และอัฒจันทร์คนดูจำนวน 5,000 ที่นั่ง ณ บริเวณสนามกีฬาแห่งชาติ และเปิดใช้ในการแข่งขัน เมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2506 เรียกว่า สระว่ายน้ำโอลิมปิก (ปัจจุบันได้เปลี่ยนชื่อเป็นสระว่ายน้ำวิสุทธารามย์) และ

สมาคมว่ายน้ำสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ได้สมัครเข้าเป็นสมาชิกของสหพันธ์ว่ายน้ำแห่งเอเชียในปี พ.ศ. 2509 ในปี พ.ศ. 2548 สมาคมว่ายน้ำสมัครเล่นแห่งประเทศไทยเปลี่ยนชื่อเป็น “สมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศไทย” ชื่อย่อ ส.ว.ท. ชื่อภาษาอังกฤษ THAILAND SWIMMING ASSOCIATION ชื่อย่อ AST สมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศไทย (ส.ว.ท.) เป็นผู้ส่งเสริมสนับสนุนการเล่นกีฬาว่ายน้ำ กระโดดน้ำ โปโลน้ำ และระบำใต้น้ำ ปัจจุบันกีฬาว่ายน้ำในประเทศไทยได้รับความสนใจจากประชาชนมากยิ่งขึ้น ประกอบกับกระทรวงศึกษาธิการได้บรรจุกีฬาว่ายน้ำไว้ในหลักสูตรเกือบทุกระดับ มีการจัดกิจกรรมการแข่งขันตลอดทั้งปี บรรจุลงในการแข่งขันระดับประเทศ คือ กีฬานักเรียนนักศึกษาแห่งชาติ กีฬาเยาวชนแห่งชาติ กีฬาแห่งชาติ กีฬาชิงแชมป์ประเทศไทยทั้งสระ 50 เมตร สระ 25 เมตร ส่วนระดับนาๆชาติก็มีการจัดการแข่งขันในระดับ ซีเกมส์ เอเชียเกมส์ โอลิมปิค ชิงแชมป์โลกทั้งสระ 50 เมตร สระ 25 เมตร ระดับเยาวชนก็มีรายการซีเอจกรุ๊ป เอเชียเอจกรุ๊ป กีฬาว่ายน้ำนักเรียนอาเซียนเป็นต้น (จรูญ มีสิน, 2548) โดยได้มีการแบ่งช่วงการว่ายออกเป็นหลายส่วน เริ่มจากช่วงออกตัว, ช่วงเริ่มว่ายน้ำ, ช่วงกลับตัว (ในกรณีที่ว่ายระยะยาวกว่า 1 ช่วงสระว่ายน้ำ) และช่วงแตะขอบสระ (Vantorre et al., 2014) ช่วงออกตัว (Swimming Start) หมายถึง ช่วงแรกสุดของการเริ่มต้นการแข่งขันว่ายน้ำ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (Sprint Event) จากการศึกษาในนักกีฬาที่ลงแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้นในมหกรรมกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อน ณ นครซิดนีย์ ปี ค.ศ. 2000 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 0.8 - 26.1% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมดซึ่งจะแตกต่างกันตามระยะทางในการแข่งขัน และพบว่า ถ้าสามารถทำเวลาในช่วงออกตัวได้ดีเท่าใด จะส่งผลให้สามารถทำความเร็วในช่วงอื่นๆได้ดีขึ้น เนื่องจากช่วงออกตัวเป็นช่วงที่นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้สูงสุด (Cossor & Mason, 2001) ดังนั้นในการแข่งขันว่ายน้ำโดยเฉพาะการแข่งขันระยะสั้น ช่วงออกตัวจึงเป็นช่วงสำคัญที่ช่วยในการเพิ่มโอกาสการชนะการแข่งขันได้มากขึ้น (Hay, 1986)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในปี 2007 สหพันธ์ว่ายน้ำระหว่างประเทศ (Fédération Internationale de Natation: FINA) ได้นิยามช่วงการออกตัวไว้ว่า หมายถึง ช่วงแรกของการแข่งขันนับตั้งแต่สัญญาณนกหวีดดัง ไปจนกระทั่งมือของนักกีฬาแตะระยะ 15 เมตร (FINA, 2007; Cossor and Mason, 2001) โดยสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block Phases), ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases) และช่วงหลังลงน้ำ (Underwater Phases) โดยแต่ละช่วงใช้เวลาคิดเป็น 11%, 5% และ 84% ของช่วงเวลาในการออกตัวทั้งหมดตามลำดับ (Slawson et al., 2013) ช่วงบนแท่นออกตัว หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณนกหวีดเริ่มต้นดัง ไปจนถึงระยะที่นักกีฬากระโดดออกจากแท่น

ออกตัว ในขณะที่ช่วงก่อนลงน้ำ หมายถึง ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่น จนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ (Maglischo, 2003) ส่วนช่วงหลังลงน้ำซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการออกตัวจะเริ่มต้นเมื่อ มือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร (Elaine, Kevin, and David, 2014) นักกีฬาว่ายน้ำจะเคลื่อนตัวใต้ผิวน้ำ และเรียกการเคลื่อนไหวใต้น้ำในช่วงหลังลงน้ำนี้ว่า Underwater Undulatory Swimming (UUS) ช่วงเวลาตั้งแต่กระโดดน้ำจนถึงช่วงโผล่พ้นผิวน้ำ คิดเป็น 26.1 % ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (เทียบจากการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร)

การออกตัว (Swimming Start)

ในการแข่งขันว่ายน้ำ ช่วงออกตัว (Swimming Start) ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยเฉพาะการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น (Sprint Event) (Cossor and Mason, 2001) ตัวอย่างเช่น การแข่งขันว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์หญิง ในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกที่กรุงปักกิ่ง ปี 2008 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 26% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมด (Slawson, 2010) เช่นเดียวกับการศึกษาในนักกีฬาที่ลงแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้นในมหกรรมกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อน ณ นครซิดนีย์ ปี ค.ศ. 2000 พบว่าเวลาที่ใช้ในช่วงของการออกตัวนั้นคิดเป็น 0.8 - 26.1% ของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันทั้งหมดซึ่งจะแตกต่างกันตามระยะทางในการแข่งขัน (Arellano et al., 2000, Cossor and Mason 2001) และพบว่าถ้านักกีฬาสามารถทำเวลาในช่วงออกตัวได้ดีเท่าใด จะส่งผลให้สามารถทำความเร็วในช่วงอื่นๆได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากช่วงออกตัวเป็นช่วงที่นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้สูงสุด (Welcher et al., 2008) ดังนั้นในการแข่งขันว่ายน้ำโดยเฉพาะการแข่งขันระยะสั้น ช่วงออกตัวจึงเป็นช่วงสำคัญที่ช่วยในการเพิ่มโอกาสการชนะการแข่งขันได้มากขึ้น (Hay, 1986)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. นิยามของช่วงการออกตัว

การออกตัวในกีฬาว่ายน้ำเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการแข่งขันว่ายน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแข่งว่ายน้ำระยะสั้น การออกตัว (Swimming Start) ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการแข่งขัน โดยมีผู้นิยามการออกตัวไว้ว่าหมายความถึง ช่วงแรกของการแข่งขันนับตั้งแต่สัญญาณนกหวีดดัง ไปจนกระทั่งมือของนักกีฬาแตะระยะ 15 เมตร การออกตัวแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว, ช่วงก่อนลงน้ำ และช่วงใต้น้ำ (Cossor, Mason, 2001; Elipot et

al., 2009; Hay, 1986; Thow et al., 2012) โดย Elaine, Kevin and David (2014) ได้ให้ความหมายของการออกตัวทั้ง 3 ช่วงดังนี้

1.1 ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block Phases) คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณนกหวีดเริ่มต้นดัง ไปจนถึงระยะที่นักกีฬากระโดดออกจากแท่นกระโดด ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงนี้คิดเป็น 11% ของระยะเวลาทั้งหมด

ภาพที่ 1 ช่วงบนแท่นออกตัว
(Tor, Pease and Ball, 2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases) คือ ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่นกระโดดจนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงนี้คิดเป็น 5% ของระยะเวลาทั้งหมด

ภาพที่ 2 ช่วงก่อนลงน้ำ

(Tor, Pease and Ball, 2014)

1.3 ช่วงใต้น้ำ (Underwater Phases) คือ ช่วงที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร ช่วงใต้น้ำถือเป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดและเป็นช่วงที่สามารถทำความเร็วได้มากที่สุด ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงนี้คิดเป็น 84% ของระยะเวลาทั้งหมด

ภาพที่ 3 ช่วงใต้น้ำ

(Tor, Pease and Ball, 2014)

2. รูปแบบของการออกตัว

ปัจจุบันการออกตัวที่พบได้ในการแข่งขัน มี 2 รูปแบบ คือ การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม และการออกตัวแบบจับแท่น โดยการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม เริ่มต้นโดย Hanauer ในปี พ.ศ. 2503 (Jorgić et al., 2010) และการออกตัวแบบจับแท่น เริ่มต้นโดย Fitzgerald ในปี พ.ศ. 2516 (Jorgić et al., 2010) ซึ่ง Rutemiller (1995) ได้กล่าวถึงลักษณะของการออกตัวทั้ง 2 รูปแบบไว้ดังนี้

2.1 การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start) มีลักษณะเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด และเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นกระโดด ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่บริเวณด้านหน้าของแท่นกระโดด

ภาพที่ 4 การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม
(Holmes, 2013)

2.2 การออกตัวแบบจับแท่น (Grab start) มีลักษณะเท้าทั้งสองข้างอยู่ที่ด้านหน้าของแท่นกระโดด และมือทั้งสองจับขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด โดยมือทั้งสองจะอยู่ข้างในหรือข้างนอกของเท้าทั้งสองข้างก็ได้

ภาพที่ 5 การออกตัวแบบจับแท่น
(Holmes, 2013)

Murrell and Dragunas (2012) พบว่า การใช้เทคนิคการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีความเร็วในการออกตัวตั้งแต่เริ่มต้นออกจากแท่นกระโดดจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 2 เมตร ที่สูงกว่าการใช้เทคนิคการออกตัวแบบจับแท่น

Lee, Huang, & Lee, (2012) พบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีจุดศูนย์กลางมวลขณะอยู่บนแท่นกระโดดไปข้างหน้าที่มากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น จึงทำให้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดด และช่วงเวลาขณะอยู่บนแท่นกระโดดที่สั้นกว่า มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่น

Issurin and Verbitsky (2003) พบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีเวลาปฏิกิริยา ที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่น ส่งผลการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีความเร็วในการออกตัวที่มากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น

Blanksby et al. (2002) พบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามนักว่ายน้ำสามารถย้ายจุดศูนย์กลางของมวลไปข้างหน้าเหนือน้ำได้มากกว่าการออกตัวแบบจับแท่น จึงทำให้การออกตัวแบบจับแท่นมีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดดที่สั้นกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Shin and Groppel (1986) พบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีเวลาปฏิกิริยาและเวลาในการออกจากแท่นกระโดดที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่น

ในปีพ.ศ. 2551 Fédération Internationale de Natation (FINA) ได้มีการปรับปรุงรูปแบบของแท่นกระโดด โดยให้แท่นกระโดดมีแผ่นรองด้านหลัง (back plate) สำหรับการวางเท้าหลังในการออกตัว ด้วยรูปแบบการปรับปรุงนี้ ทำให้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามกลายเป็นเทคนิคที่นักกีฬานิยมใช้มากที่สุด ซึ่งทำให้นักกีฬามีความเร็วในการออกตัวที่เพิ่มมากขึ้น (Kibele et al., 2013) การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามจึงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการแข่งขันประเภทที่ต้องใช้ความเร็วในการว่ายระยะสั้น เป็นปัจจัยที่ช่วยให้นักกีฬาว่ายน้ำสามารถออกนำได้ตั้งแต่เริ่มการแข่งขัน ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการชนะผู้เข้าแข่งขันอื่น (Alves, 1993)

3. ตัวแปรที่กำหนดประสิทธิภาพของการออกตัว

ประสิทธิภาพของการออกตัว หมายถึง การสร้างความเร็วในแนวราบขณะออกตัวจากแท่นกระโดดได้อย่างรวดเร็ว โดยมีมุมขณะการออกตัวและขณะลงสู่น้ำที่เหมาะสม เพื่อสามารถรักษาตำแหน่งและความเร็วแนวราบขณะลงน้ำได้ดี โดยที่มีแรงส่งในแนวราบเพื่อให้เกิดความเร็วในแนวราบของช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำมากที่สุด (Guimaraes and Hay, 1985; Issurin and Verbitsky, 2002; Maglischo, 2003) ซึ่งมีนักวิชาการจำนวนมากได้ศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัว ได้แก่ ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) หมายถึง ความเร็วแนวราบ ในขณะที่เท้ามีการสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry) หมายถึง เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ ระยะเวลาขณะอยู่บนแท่นกระโดด (On-Block time) หมายถึงระยะเวลาระหว่างเสียงสัญญาณปล่อยตัวดังขึ้นจนกระทั่งออกตัวจากแท่นกระโดด ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) หมายถึง เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งสุดท้ายของเท้ากับแท่นออกตัว และการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ระยะเวลาทั้งหมดในการออกตัว (Total time) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เสียงสัญญาณปล่อยตัวดังขึ้นจนกระทั่งมือสัมผัสกับผิวน้ำ ระยะทางในการออกตัว (Flight Distance) หมายถึง ระยะทางจากการสัมผัสครั้งสุดท้ายของเท้ากับแท่นออกตัวไปจนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ มุมในการออกตัว (Take-off angle) หมายถึง มุมระหว่างแนวเส้นจากสะโพกไปจนถึงเท้าและระหว่างเท้ากับเส้นระดับในขณะที่เท้ามีการสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) หมายถึง มุมระหว่างแนวเส้นจากสะโพกไปจนถึงมือและระหว่างมือกับเส้นระดับในขณะที่มือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัมผัสผิวน้ำครั้งแรก และวิถีการลงน้ำ (Trajectory) หมายถึง ลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำ เป็นต้น (Guimaraes and Hay, 1985; Holthe and McLean, 2001; Issurin and Verbitsky, 2002; Gautier et al., 2004; Galbraith et al., 2008; Vantorre et al., 2010; Puel et al., 2012) โดยในช่วงปัจจุบันมีการศึกษาบนพื้นฐานของชีวกลศาสตร์โดยมุ่งศึกษาด้านการพัฒนาความเร็วในแนวราบขณะออกตัว และให้ความสำคัญไปที่วิถีการลงน้ำที่เหมาะสมที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกตัว Counsilman et al. (1988) พบว่า ลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง (Pike Start) มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat Start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการออกตัว (Take-off Angle) และมุมในการลงน้ำ (Entry Angle) ได้ดีกว่า อีกทั้งนักกีฬายังมีระยะเวลาในการออกตัว (Start Time) ที่นานกว่าในการส่งแรงเพื่อพุ่งตัวลงน้ำ นอกจากนั้นลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่าเนื่องจากระยะทางที่มือจะสัมผัสกับผิวน้ำนั้นมาก ซึ่งการกระโดดที่มีประสิทธิภาพนี้จะส่งผลให้ความเร็วในแนวราบขณะลงน้ำสูง นอกจากนี้ในนักกีฬาว่ายน้ำการออกตัวยังมีความสำคัญแตกต่างกันไปตามประเภทของการแข่งขัน โดยนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นจำเป็นต้องมีความเร็วแนวราบขณะออกตัวสูงเพื่อให้สามารถลงสู่น้ำได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่นักว่ายน้ำระยะไกลต้องมุ่งเน้นไปที่ระยะทางในช่วงก่อนลงน้ำและการจัดร่างกายเมื่อลงสู่น้ำเพื่อให้มีความเร็วในแนวราบขณะลงน้ำสูง ซึ่งความเร็วนี้จะเป็นความเร็วเริ่มต้นของการว่ายน้ำใต้น้ำ ดังนั้นแรงส่งที่มากย่อมส่งผลให้การว่ายน้ำใต้น้ำสามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วยิ่งขึ้น (Benjanuvatra et al., 2007; Vantorre et al., 2010)

ระยะทางในการกระโดด (Flight Distance) เป็นหนึ่งตัวแปรสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพของการออกตัวของนักกีฬาในการแข่งขันว่ายน้ำระยะสั้น ที่ส่งผลต่อเนื่องไปยังความเร็วของช่วงหลังลงน้ำหรือช่วงการเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งระยะทางดังกล่าวเป็นผลต่อเนื่องมาจากแรงส่งจากช่วงบนแท่นออกตัว และลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำ (Malischo, 2003) รัสเชล และคณะ (Ruschel et al., 2007) กล่าวว่า ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ (Flight Duration) ไม่มีนัยสำคัญต่อเวลาในการออกตัว (Start Time) ระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ (Flight Distance) ต่างหากที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัว ดังนั้นหากนักกีฬาต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกตัว นักกีฬาควรจะเพิ่มประสิทธิภาพในช่วงขณะลงน้ำด้วยการเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ ในทางตรงกันข้าม สลอร์สัน และคณะ (Slawson et al., 2013) ได้ศึกษาพบว่า หากนักกีฬาใช้ระยะเวลาบนแท่นออกตัวสั้นลง เพิ่มความเร็วในการออกตัว จะส่งผลให้นักกีฬาสามารถกระโดดลงน้ำได้ไกลขึ้น แต่การกระโดดลงน้ำที่ไกลขึ้นนั้นไม่ได้หมายความว่าประสิทธิภาพในการออกตัว (Start Performance)

ของนักกีฬาจะดีขึ้นเสมอไป เนื่องจากการออกตัวจากแท่นออกตัวด้วยความเร็วแนวราบที่สูงขึ้น (Horizontal Velocity) จะช่วยเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ ซึ่งระยะทางดังกล่าวที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อเนื่องทำให้วงน้ำขณะที่นักกีฬาลงน้ำ (Entry Hole) ขยายกว้างขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้น และวิถีในการลงน้ำของนักกีฬาจะเป็นแบบราบ (Flatter Trajectory) ซึ่งวิถีดังกล่าวจะส่งผลต่อเนื่องไปยังวิถีในการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Underwater Trajectory) ของนักกีฬาที่ตื้นกว่าปกติ และยิ่งก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้นอีก (Costill et al., 1992: Kirner et al., 1989) ซึ่งสอดคล้องกับ มิลเลอร์ และคณะ (Miller et al., 2003) ที่กล่าวว่า ระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำที่สั้น ส่งผลให้ช่วงขณะลงน้ำมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น กล่าวโดยสรุปคือประสิทธิภาพของช่วงขณะลงน้ำต้องอาศัยส่วนประกอบของ ความเร็วแนวราบในการออกตัว, มุมในการออกตัว และระยะทางที่นักกีฬาลงน้ำเป็นสำคัญ

การออกตัวเป็นสิ่งที่มีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วแนวราบสูงสุดขณะออกตัว (Maximum horizontal velocity at the start) ซึ่งมีค่าประมาณ 4 เมตรต่อวินาที ซึ่งมากกว่าความเร็วในการว่ายน้ำโดยเฉลี่ยถึงสองเท่า (Kiuchi et al., 2010) ซึ่งมากกว่าความเร็วในการว่ายน้ำโดยเฉลี่ยถึงสองเท่า จากการศึกษาของ Honda et al. (2010) พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วแนวราบขณะที่นักกีฬาออกจากแท่นกระโดดทำให้ระยะเวลาในการลอยตัวสั้นลงและมีความเร็วแนวราบขณะลงน้ำที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการออกตัวที่มีประสิทธิภาพนักกีฬาต้องมีความเร็วในแนวราบขณะออกตัวจนกระทั่งลงสู่น้ำสูงสุด ซึ่งความเร็วในแนวราบขณะลงสู่น้ำจะเป็นความเร็วเริ่มต้นของการว่ายน้ำใต้น้ำ ดังนั้นแรงส่งที่มากย่อมส่งผลให้การว่ายน้ำใต้น้ำสามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วยิ่งขึ้น Tremblay and Fielder (2001) กล่าวว่า การออกตัวที่ดีที่สุด จะต้องออกจากแท่นกระโดดได้อย่างรวดเร็ว, มีระยะทางการลอยตัวในอากาศที่เหมาะสม, และสามารถลงสู่น้ำได้อย่างรวดเร็วในมุมที่เหมาะสม ทำให้มีความเร็วใต้น้ำที่สูง

ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics)

ชีวกลศาสตร์ เป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาแรงภายนอกและแรงภายในที่กระทำกับร่างกายมนุษย์และผลที่เกิดขึ้นจากแรงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นพื้นฐานทางกลศาสตร์ของการทำงานด้านชีววิทยา โดยเฉพาะการทำงานของกล้ามเนื้อและการศึกษาหลักการรวมทั้งสิ่งต่างๆที่มีความสัมพันธ์กับการทำงานดังกล่าว

1. การเคลื่อนที่ในทางชีวกลศาสตร์ (ภาณุพงศ์ กาญจนกุล, 2011)

การเคลื่อนที่สามารถอธิบายได้ 3 ลักษณะดังนี้

1.1 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง (Translation motion)

การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุหรือร่างกายเคลื่อนที่โดยทุกส่วนของวัตถุหรือร่างกาย เดินทางไปเป็นระยะที่เท่ากัน และในเส้นทางเดียวกันโดยมีระยะเวลาเท่ากัน การพิจารณาว่าการเคลื่อนที่ใดเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ให้พิจารณา การเคลื่อนของเส้นตรงที่ลากผ่านวัตถุหรือร่างกายนั้น โดยถ้าในขณะที่เคลื่อนที่ เส้นตรงนี้คงระยะความยาวเท่าเดิม และขนานกับตำแหน่งแรกที่อยู่ การเคลื่อนที่นั้นก็ถือว่าเป็นแบบ Translation หรือ เป็นแบบเส้นตรง

1.2 การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotation motion)

เป็นการเคลื่อนที่โดยวัตถุหรือร่างกายเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนตำแหน่งรอบ ๆ เส้นสมมุตในอากาศ โดยวัตถุ หรือร่างกายเคลื่อนไปด้วยมุมที่เท่ากัน ทิศทางเดียวกัน และเวลาเท่ากัน เส้นสมมุตในอากาศนี้ อาจพาดผ่านวัตถุ หรือร่างกายนั้นเองหรือเรียกว่า แกนของการหมุน (Axis of rotation) ซึ่งแกนของการหมุนจะตั้งฉากบนระนาบ ของการเคลื่อนที่ของวัตถุ และร่างกาย

1.3 การเคลื่อนที่แบบผสมผสาน (General motion)

ในด้านเทคนิคเชิงกีฬา การเคลื่อนที่แบบหมุนจะพบมากกวาการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง แต่จะพบมากที่สุดคือการเคลื่อนที่แบบผสมผสาน ซึ่งมีทั้งการหมุน และการเคลื่อน เป็นเส้นตรง เช่น นักปั่นจักรยาน ส่วนบนของรางกายจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงซึ่งเป็นผลจากการเคลื่อนที่แบบหมุนของส่วนขา

การผสมผสานการเคลื่อนที่แบบหมุน และเส้นตรง มักจะมีการผสมผสานอื่นๆ ร่วมอยู่ด้วย เช่น การเคลื่อนที่แบบหมุนหลายๆอันเข้าด้วยกันในเวลาเดียวกัน เช่นการหมุนของส่วนขาของนักปั่นจักรยาน มีการหมุนอย่างน้อย 3 ส่วนพร้อมกัน ส่วนแรกคือการหมุนของต้นขาไปรอบ ๆ แกนที่ลากผ่านกระดูกขอต้อสะโพก ส่วนที่สอง คือ ขาหมุนรอบแกนที่ลากผ่านข้อเขา และส่วน สุดท้ายคือการหมุนของเท้ารอบ ๆ แกนที่ลากผ่านข้อเท้า ดังนั้นจะเห็นว่าการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบผสมผสานของหลายๆ ส่วนอาจมีความซับซ้อนได้

2. ระนาบของร่างกาย (Anatomical Plane)

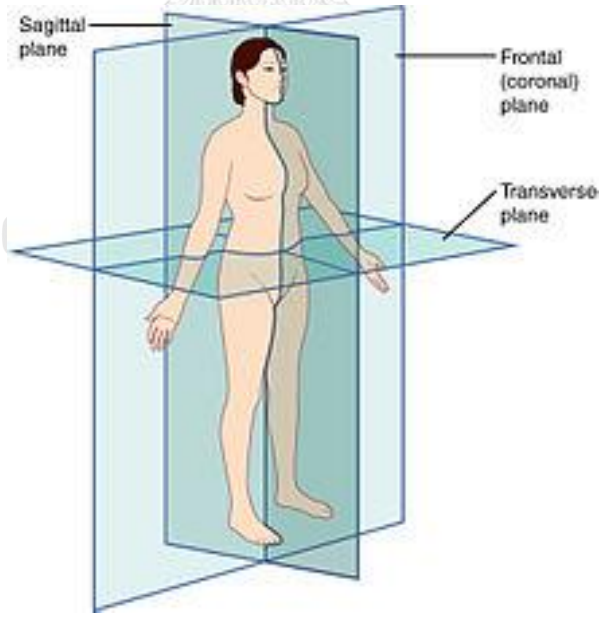
ในร่างกายมนุษย์สามารถแบ่งระนาบการเคลื่อนไหวของร่างกายออกได้ 3 แบบใหญ่ๆดังนี้

2.1 Sagittal plane คือ ระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายกายออกเป็นซีกซ้าย - ซีกขวา เช่น งอแขน-เหยียดแขน งอขา–ยืดขา

2.2 Frontal plane คือ ระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายกายออกเป็น ซีกหน้า – ซีกหลัง เช่น การตีกอล์ฟ การกางแขน การกระโดดตบ

2.3 Transverse plane คือ ระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายออกเป็น สวนบน -สวนล่าง เช่น การหมุนลำตัว สวนบน–ล่าง การหมุนข้อเท้า เขา

ประโยชนของการแบ่งการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ออกเป็นระนาบต่าง ๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาการทำงานของข้อต่อ รยางค์ และอวัยวะต่าง ๆของร่างกายว่าสามารถเคลื่อนไหวได้ในมุมใดบ้าง รวมทั้งยังทำให้ทราบได้อีกว่าในขณะที่ร่างกายกำลังเกิดการเคลื่อนไหวอยู่นั้นร่างกายของเรากำลังเคลื่อนไหวขนานอยู่กับระนาบที่ต้องการหรือไม่



ภาพที่ 6 ระนาบของร่างกาย
(Christopher et al., 1992)

คำศัพท์เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (ภาณุพงศ์ กาญจนกุล, 2554)

Flexion	การงอ
Extension	การเหยียด
Abduction	การกาง
Adduction	หุบ
Pronation	คว่ำ นอนคว่ำ
Supination	หงาย นอนหงาย
Rotation	หมุนชิดลำตัว
Circumduction	การหมุนแขนข้างลำตัว (รูปกรวย)
Inversion	การงุ้มปลายเทาบิดเข้าหาลำตัวด้านใน
Eversion	การงุ้มปลายเทาบิดออกนอกลำตัวด้านนอก
Elevation	ขากรรไกร ดันขึ้นข้างบน
Depression	การกดลงของขากรรไกรล่าง
Retraction	ขากรรไกรล่างกลับเข้าด้านหลัง
Hyperextension	การงุ้มปลายเทา การเหยียดข้อเท้า
Dorsiflexion	การงอข้อเท้า งอปลายเทา

3. แกนของร่างกาย (Anatomical Axis)

แกนของร่างกายเป็นแนวแกนที่กำหนดขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการกำหนดจุดหมุนของการเคลื่อนไหวของร่างกาย สามารถกำหนดแกนร่างกายออกเป็น 3 แกนคือ

3.1 แกนหน้าหลัง (anteriorposterior axis) เป็นแนวแกนที่ทอดผ่านจากส่วนหน้าของสัตว์ไปส่วนหลังของสัตว์ตามแนวนอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 แกนขวาง (transverse axis หรือ horizontal axis) เป็นแนวแกนที่ทอดผ่านร่างกายจากด้านซ้ายไปด้านขวาของร่างกายสัตว์หรือมนุษย์ตามแนวนอน

3.3 แกนดิ่ง (vertical axis) เป็นแนวแกนในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับสองแกนแรก

4. รูปแบบการเคลื่อนไหว (Forms of motion)

4.1 Rectilinear: การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

4.2 Curvilinear: การเคลื่อนที่ตามแนวเส้นโค้ง

4.3 Rotation: การเคลื่อนที่แบบหมุน

5. การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Analysis)

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ประกอบด้วย 2 ลักษณะ (Christopher, Brian, and Jeremy, 1992) คือ

5.1 สภาวะนิ่ง (Static)

เป็นการศึกษาวัตถุหรือร่างกายในสภาวะอยู่นิ่งๆ หรืออยู่ในสภาวะสมดุล (Non-moving system)

5.2 ภาวะการเคลื่อนที่ (Dynamic)

เป็นภาวะที่วัตถุเคลื่อนที่ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) คิเนเมติกส์ (Kinematics)

เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว และการทดสอบการเคลื่อนที่โดยเกี่ยวข้องกับตำแหน่งและเวลาโดยปราศจากการอ้างอิงถึงแรงซึ่งเป็นสาเหตุของการเคลื่อนไหว การวิเคราะห์ทาง Kinematics เกี่ยวกับการอธิบายการเคลื่อนที่ เพื่อที่จะหาว่า วัตถุเคลื่อนที่ได้ไกลเท่าไหร่, สูงเท่าไหร่ ดังนั้นตำแหน่งความเร็วและความเร่ง เป็นส่วนประกอบของการวิเคราะห์ Kinematic ที่น่าสนใจ ตัวอย่างของการการวิเคราะห์ Kinematic เชิงเส้น คือการทดสอบลักษณะ Projectile ของการกระโดดสูงและการศึกษาความสามารถของนักว่ายน้ำมืออาชีพ และตัวอย่างการวิเคราะห์ Kinematic เชิงมุม เช่นการทดสอบความเร็วของ Segment และความเร่งของ Segment ในการยืนกระโดดสูง (Gowitke, Barbare A. and Moris Milnor, 1988)

2) คิเนติกส์ (Kinetics)

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเชิง Kinetics จะระบุถึงสาเหตุของการเคลื่อนที่นั่นคือแรงต่างๆที่ไม่สมดุลกัน เป็นการระบุส่วนสำคัญของทักษะในลักษณะของการสร้างการเคลื่อนไหว ตัวอย่างเช่น เทคนิคไหนจะทำให้สามารถกระโดดได้สูงที่สุดในท่ายืนกระโดด (Dainty, David A. and Robert Norman, 1988) Kinetics เป็นข้อมูลที่มีค่าเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นได้อย่างไรหรือการรักษาท่าทางเกิดขึ้นได้อย่างไร ข้อมูลเหล่านี้สามารถชี้ถึงสภาวะและการฝึกสำหรับนักกีฬาหรือการเคลื่อนไหว

6. ชีวกลศาสตร์การกีฬา

ชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sport Biomechanics) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ศึกษาถึงการวิเคราะห์ในเชิงชีวกลศาสตร์ของเคลื่อนไหวของมนุษย์ การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการกีฬา การนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์วิจัยทางการกีฬาเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหว ตำแหน่ง ระยะทาง มุม ความเร็ว และความเร่งทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม เรื่องของแรงอันเป็นสาเหตุของการเคลื่อนไหว อาศัยความรู้ทฤษฎีและหลักการทางฟิสิกส์ แคลคูลัส สรีรวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ ตลอดจนความรู้ทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์มนุษย์ (แวน วัณณะพันธ์, 2542)

6.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษาชีวกลศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

Chulalongkorn University

ชีวกลศาสตร์การกีฬาจะศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายและกีฬา เป็นการศึกษาถึงแรงและผลของแรงต่อการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาของมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อ (พรเทพ ราชนาวี, 2013)

1) การพัฒนาสมรรถภาพ

เป้าหมายของชีวกลศาสตร์ในการออกกำลังกายและกีฬาคือการพัฒนาความสามารถในการออกกำลังกายและการเล่นกีฬา รวมถึงการป้องกันการบาดเจ็บและการฟื้นฟูสมรรถภาพ โดยเป้าหมายเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด เพราะหากนักกีฬาไม่เกิดการบาดเจ็บย่อมมีสมรรถภาพดีกว่านักกีฬาที่ได้รับบาดเจ็บ

2) การพัฒนาเทคนิค

การพัฒนาความสามารถในกีฬาหลายๆชนิด ต้องอาศัยการพัฒนาทางด้านเทคนิค ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้เราต้องศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์ การนำชีวกลศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเทคนิคอาจทำได้ 2 ลักษณะคือ

- ผู้ฝึกสอนกีฬานำความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขท่าทางของนักกีฬาเพื่อพัฒนาการปฏิบัติทักษะให้ถูกต้อง เช่น ผู้ฝึกสอนใช้การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์เชิงคุณภาพในการสอนนักกีฬา ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคนิค
- นักวิจัยทำการวิจัยเพื่อค้นหาเทคนิคและทักษะใหม่ที่มีประสิทธิภาพ และถ่ายทอดความรู้ที่ค้นพบไปสู่ผู้ฝึกสอนกีฬา จากความเชื่อของคนส่วนใหญ่เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงเทคนิคใหม่ๆ โดยทั่วไปแล้วจะถูกพัฒนาโดยนักชีวกลศาสตร์ ซึ่งจะช่วยในพัฒนาประสิทธิภาพของกีฬาแต่ละชนิด ตัวอย่างของงานวิจัยทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬาที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคนิคและประสิทธิภาพของกีฬาว่ายน้ำ ซึ่งทำการวิจัยโดย Counsilman et al. (1988) ชี้ให้เห็นว่าวิถีการเคลื่อนที่ของการกระโดดมีความสำคัญมากในการกระโดดออกตัว ซึ่งพบว่าวิถีแบบโค้งในการกระโดดช่วยให้นักกีฬามีระยะเวลาในการออกตัว (Start Time) นานกว่า มุมในการออกตัว (Take-off Angle) และมุมในการลงน้ำ (Entry Angle) ดีกว่า และมีระยะทางที่ศีรษะสัมผัสน้ำสั้นกว่า จึงลงน้ำได้เร็วกว่าการกระโดดในวิถีแบบราบ ซึ่งเทคนิคนี้ถูกนำไปใช้ในการฝึกสอนโดยผู้ฝึกสอนทั่วโลก

3) การพัฒนาอุปกรณ์กีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชีวกลศาสตร์สามารถสนับสนุนการพัฒนาการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการกีฬาและการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลบางอย่างของอุปกรณ์กีฬา เช่น รูปทรง วัสดุ สามารถเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของกีฬาเหล่านี้ได้

4) การพัฒนาการฝึกซ้อม

เกี่ยวกับการฝึกซ้อมกีฬา ชีวกลศาสตร์การกีฬาสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการฝึกซ้อมและการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬา โดยการประยุกต์ใช้ชีวกลศาสตร์เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคของนักกีฬาสามารถช่วยผู้ฝึกสอนกีฬาในการกำหนดรูปแบบการฝึกซ้อมที่ต้องการของนักกีฬาเพื่อพัฒนาความสามารถของนักกีฬา

5) การป้องกันและการฟื้นฟูการบาดเจ็บ

ความรู้ทางชีวกลศาสตร์มีประโยชน์ต่อเวชศาสตร์การกีฬาโดยชี้ให้เห็นว่าแรงอาจจะเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บ ควรป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างไร หรือการออกกำลังกายอย่างไรที่จะช่วยฟื้นฟูจากการบาดเจ็บ

6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์การกีฬา ศิริรัตน์ (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2544) กล่าวว่า การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ทางการกีฬาเป็นการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวเพื่อนำมาปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพในเชิงกีฬาที่ดีขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นสังเกตด้วยตาเปล่า (Non-cinematographic Analysis) เป็นการมองด้วยสายตา และเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวเพื่อสังเกตท่าทางว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้องอย่างไร และอะไรน่าจะเป็นสาเหตุของความไม่สมบูรณ์ของการเคลื่อนไหวของทักษะนั้น ๆ เช่น จะตีลูกวอลเลย์บอล แต่ผิดตำแหน่งในการวางเท้าจึงทำให้ลูกบอลนั้นเหินลอยข้ามคานไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าการมองด้วยสายตาและรู้จักสังเกตก็สามารถบอกได้ว่า ลูกเหินข้ามคานไปเพราะเหตุใด

2) ขั้นใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพ (Basic Cinematographic Analysis) ขั้นนี้จะเริ่มใช้อุปกรณ์อย่างง่ายๆ เช่น กล้องถ่ายภาพนิ่งและกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว (V.D.O.) เพื่อนำรูปภาพในขณะนั้นมาวิเคราะห์อย่างง่าย เนื่องจากบางครั้งเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นนั้นเราต้องการดูอีกครั้งหนึ่งเพื่อความแน่ใจ หรือสามารถให้ผู้อื่นบันทึกภาพให้ เพื่อนำมาศึกษาภายหลัง

3) ขั้นอุปกรณ์ขั้นสูง (Intermediate Cinematographic Analysis) อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนนี้อย่างน้อยต้องเป็นเครื่องบันทึกภาพเคลื่อนไหวที่มีความเร็วในการจับภาพได้มาก หรือเรียกว่า กล้องถ่ายภาพความเร็วสูง (High Speed V.D.O.) สามารถจับภาพได้เร็วและแม่นยำ และนำภาพมาวิเคราะห์คำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนไหว, มุมการเคลื่อนไหว และมุมการเคลื่อนที่

4) ขั้นวิจัย (Biomechanics Research) ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ เช่น คอมพิวเตอร์ และเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเป็นพิเศษ ส่วนมากจะอยู่ในห้องทดลองชีวกลศาสตร์โดยเฉพาะ อาจจะนำเอาขั้นที่ 2 และ 3 มาทำการวิเคราะห์ในขั้นนี้ได้

การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Postural Analysis)

การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ (Human Postural Analysis) เป็นการวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์ในอิริยาบถต่าง ๆ เพื่อทำการตีความแต่ละท่าทางซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากท่าทางของอวัยวะในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น แขน ขา หรือ หัวเข่า เป็นต้น (ธรรมศาสตร์ วิสุทธารมณ์, 2557)

1. เทคนิคของการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion capture system)

เทคนิคของการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion capture system) โมชั่นแคปเจอรเป็นเทคโนโลยีที่ต่อยอดมาจากการสร้างแอนิเมชั่น ในสมัยแรกนั้นแอนิเมชั่นจะเป็นภาพวาดทีละฉาก ๆ แล้วจึงนำไปสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะมีสีสันไม่สมจริงคล้ายภาพวาด ต่อมาได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้กับการสร้างแอนิเมชั่นเพื่อสร้างหรือตกแต่งภาพให้เป็นไปตามตองการ ภาพที่ได้เหลานี้ถูกเรียกวาคอมพิวเตอร์กราฟฟคหรือ CG สิ่งที่ CG สามารถทำได้คือ สามารถสร้างแสงและเงาให้กับภาพได้อย่างสมจริง ทำให้ภาพดูมีมิติมากขึ้น แต่ยังไม่ถึงขั้นทำให้ลักษณะของภาพหรือวัตถุนั้นมีลักษณะคล้ายกับของจริงได้ แต่ก็ไม่แบนราบเป็นสองมิติเหมือนแต่ก่อน และถึงแม้ว่า CG จะทำให้แอนิเมชั่นสมจริงมากขึ้น แต่ภาพที่เราเห็นก็เกิดจากการประดิษฐ์ขึ้น ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง ลักษณะตัวละคร สีหน้าท่าทางไปจนถึงการเคลื่อนไหว จะมีรายละเอียดที่ไม่เหมือนกับตัวละครที่เป็นมนุษย์จริง ๆ เมื่อมนุษย์มองเห็นข้อด้อยของเทคโนโลยีCG พวกเขาจึงได้พยายามคนหาและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่จะใสรายละเอียดของความเป็นคนลงไปในเทคโนโลยี CG ซึ่งเรียกวา โมชั่นแคปเจอร การจะทำโมชั่นแคปเจอรนั้นต้องอาศัยคนเขามามีสวนร่วมด้วย โดยตัวละคร CG จะถูกสร้างจากคอมพิวเตอร์เชนเดิม แต่รายละเอียดการเคลื่อนไหวต่าง ๆ นั้นจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการเคลื่อนไหว ลักษณะทาทางจริงของคน วิธีการคือ นำมารกเกอรที่เคลือบด้วยสารสะท้อนแสงไปติดตามตัวของนักแสดงเพื่อให้กล้องเก็บขอมูลการเคลื่อนไหวเฉพาะจุดเหลานั้นโดยไม่สนใจที่จะเก็บภาพของผิวหนังหรือสวนอื่น ๆ ที่ไม่ได้ติดมารกเกอร โดยข้อมูลเหลานั้นจะถูกนำมาแปลงค่าเพื่อนำมาใชกับโมเดลดิจิตอล

การบันทึกคาการเคลื่อนไหวของร่างกายในรูปแบบของโมชั่นแคปเจอร จะใช้ตัวส่งสัญญาณกระจายไปตามสวนต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา การติดจุดตัวส่งสัญญาณจึงสามารถเว้นระยะหางจากกันได้พอสมควร ถึงแม้ว่าการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นเพียงนิดเดียวแต่กล้องที่คอยจับการเคลื่อนไหวจะสามารถสังเกตการเคลื่อนไหวนั้นได้อย่างชัดเจน ในปจจุบันเทคโนโลยีโมชั่นแคปเจอรได้ถูกนำมาใชทางด้านการกีฬา การแพทย์ วิศวกรรมและวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นประโยชนในการวิเคราะห์การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ในลักษณะทาทางต่าง ๆ อาทิเชน ใชทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่างกายของนักกีฬาที่เหมาะสมและถูกวิธี (ภาณุพงศ กาญจนกุล, 2554)

2. หลักการในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

สามารถแบ่งได้เป็นสองหลักการด้วยกันดังต่อไปนี้

2.1 Marker Motion Capture

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยการทำสัญลักษณ์บนจุดต่าง ๆ ของร่างกาย (Canton-Ferrer et al., 2009; Wong et al., 2012; Yonemoto et al., 1999) (Marker Motion Capture) เป็นการตรวจจับส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยผู้ถูกตรวจจะต้องสวมใส่ชุด หรือเครื่องแต่งกายที่มีการทำเครื่องหมายในส่วนต่าง ๆ เอาไว้โดยเครื่องหมายที่ถูกกำหนดไว้บนร่างกายจะเป็นตัวบ่งบอกถึงอวัยวะส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแบ่งแยกอวัยวะแต่ละส่วนที่ต้องการตรวจจับ โดยวิธีสกัดจุดต่าง ๆ บนร่างกายนั้นสามารถทำได้ทั้งจากการบันทึกภาพผ่านกล้องแล้วนำข้อมูลที่บันทึกได้มาทำการวิเคราะห์หาสัญลักษณ์ที่ทำไว้บนร่างกาย หรือในอีกกรณีคือการใช้อุปกรณ์ที่เป็นอุปกรณ์บอกพิกัดซึ่งสามารถช่วยให้รู้พิกัดของส่วนต่าง ๆ บนร่างกายได้ทันทีในระหว่างที่ทำการบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหว โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยการทำสัญลักษณ์บนจุดต่าง ๆ ของร่างกาย สามารถแบ่งย่อยเป็นอีกสองประเภทตามประเภทของตัวบอกตำแหน่ง ได้แก่

1) มาร์กเกอร์แบบหลอดแอลอีดี (Pulsed – LED or Active Marker) เป็นการบันทึกภาพท่าทางของผู้แสดงโดยใช้วิธีวัดจากมาร์กเกอร์ที่เป็นหลอดแอลอีดี โดยใช้การวัดความเข้มของแสงสำหรับการบันทึกข้อมูล

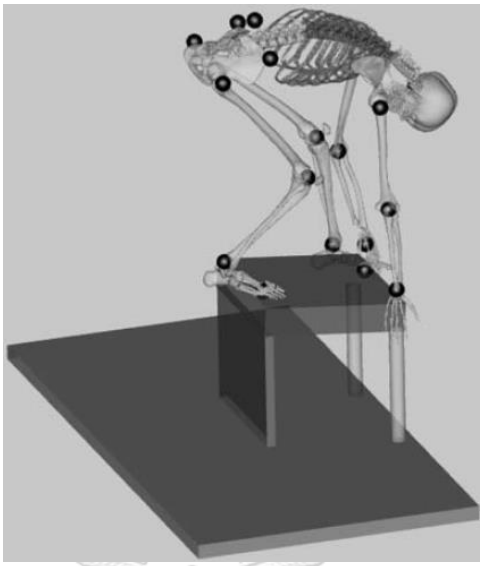
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) มาร์กเกอร์แบบสะท้อนแสงอินฟราเรด (Reflective Marker or Passive Marker) ซึ่งเป็นการใช้กล้องถ่ายภาพวิดิโอชนิดพิเศษในการติดตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่อยู่ตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่ติดอยู่ตามส่วนต่างๆ โดยกล้องวิดีโอนี้จะใช้เลนส์รับแสงอินฟราเรด แล้วใช้แสงอินฟาเรดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ติดไว้รอบๆกล้องถ่ายภาพ แสงจะสะท้อนที่มาร์กเกอร์ทำให้เห็นเป็นจุดที่มีความเข้มแสงมากกว่าบริเวณอื่นๆ (นราธิป ทับศรี, ปฏิภาณ วงศ์ชมภู และ พีรพงษ์ คงถาวรกุล, 2552) ภาพที่บันทึกจากระบบกล้องบันทึกการสะท้อนแสงจะแตกต่างจากระบบกล้องถ่ายภาพวิดีโอ คือ ภาพที่บันทึกจะเห็นเฉพาะตัวติดบอกตำแหน่งหรือโครงร่างกายตามตัวติดบอกตำแหน่ง (stick figure) หรือโครงร่างกาย 3 มิติ ไม่เห็นเป็นภาพตัวคน หรืออุปกรณ์กีฬา โดยใช้โปรแกรมเฉพาะ

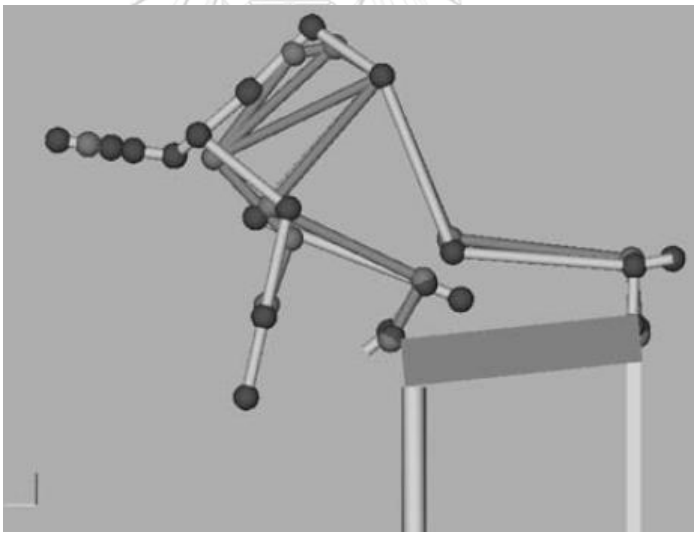
กับระบบกล้องในการวิเคราะห์ข้อมูล หรือทำเป็นโครงร่างกาย เช่น โปรแกรม visual 3D เป็นต้น (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา, 2557)

2.2 Markerless Motion Capture

การวิเคราะห์ท่าทางโดยปราศจากการทำเครื่องหมายบนร่างกาย (Markerless Motion Capture) เป็นอีกหลักการของการวิเคราะห์การแสดงท่าทางของคน หลักการนี้จะไม่มีการทำสัญลักษณ์หรือเครื่องหมายไว้บนจุดต่าง ๆ ของร่ายกายของผู้ถูกวิเคราะห์ โดยในหลักการนี้จะบันทึกภาพการเคลื่อนไหวมาวิเคราะห์ เพื่อทำการแยกแยะส่วนที่คาดการณ์ว่าจะเป็นร่างกายคนออกจากพื้นหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลส่วนที่เป็นร่างกายคนจากภาพมาวิเคราะห์ท่าทาง ในหลักการนี้สามารถแยก ย่อยวิธีการในการวิเคราะห์ท่าทางได้ 2 แบบคือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิติ (2 Dimension Image Processing) และการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติ (3 Dimension Image Processing) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิตินั้นเป็นหลักการที่ได้รับความนิยมมาอย่างยาวนานโดยจะใช้รายละเอียดจุดสี (Pixel Color) ของภาพมาทำการวิเคราะห์ท่าทางแต่อย่างไรก็ตามพบว่าการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิตินั้นมักมีปัญหาในเรื่องการแยกแยะส่วนของร่างกายคนออกจากพื้นหลังที่มีความซับซ้อน ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ท่าทางตามไปด้วย นอกจากนี้แสงก็ยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลท่าทางอีกเช่นกัน ในทางกลับกันการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสองมิติลงได้ด้วยสาเหตุที่ชุดข้อมูลในภาพสามมิตินั้นมีส่วนของข้อมูลเชิงลึก (Depth Data) ซึ่งช่วยในการแบ่งแยกระหว่างวัตถุแต่ละชิ้นให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกภาพเชิงลึกนั้นเป็นอุปกรณ์ประเภทเซ็นเซอร์ (Sensor) จึงทำให้แสงไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพสามมิติจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่หลายงานวิจัยในปัจจุบัน ให้ความสนใจในการวิเคราะห์ท่าทางของคน



ภาพที่ 7 โมเดลร่างกายคนกับตำแหน่งมาร์คเกอร์ในร่างกาย
(Härtel and Schleichardt, 2009)



ภาพที่ 8 การเคลื่อนไหวและตำแหน่งมาร์คเกอร์ในร่างกาย
(Härtel and Schleichardt, 2009)

3. การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ (3-D motion analysis)

การวิเคราะห์เคลื่อนไหวแบบสามมิติคือการใช้กล้องวีดีโอจำนวนอย่างน้อย 2 ตัวในการเก็บภาพการเคลื่อนไหวของคน และบันทึกไว้เป็นไฟล์วีดีโอ จากนั้นนำไฟล์วีดีโอทั้งหมดมาประมวลผลหาค่าตำแหน่งของข้อต่อเหล่านั้นโดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพ จากนั้นนำตำแหน่งบนภาพวิดีโอ

ทั้งหมดมาคำนวณเพื่อหาตำแหน่งจริงในสามมิติ โดยตำแหน่งเหล่านี้จะถูกบันทึกลงไฟล์การเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร 3 มิติ (ดนัยชาติ แจ่มจิตรตรง และต่อศักดิ์ รักอารมณ์, 2559)

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การกระโดดออกตัวในกีฬาว่ายน้ำ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าโดยส่วนใหญ่จะแบ่งกระบวนการในการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ตำแหน่งหรือเทคนิคในการติดมาร์คเกอร์ และกระบวนการในการคัดแยกมาร์คเกอร์ จากภาพเพื่อนำไปคำนวณค่าทางจลศาสตร์ ในเรื่องตำแหน่งหรือเทคนิคในการติดมาร์คเกอร์ซึ่งส่วนใหญ่มีตำแหน่งตามทฤษฎีต่าง ๆ ของตำแหน่ง แต่อาจมีการเพิ่มตำแหน่งในการติดมากขึ้น เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น ส่วนเรื่องการคัดแยกภาพ กระบวนการต่าง ๆ เป็นทฤษฎีพื้นฐานของกระบวนการภาพขึ้นอยู่กับกระบวนการใดที่เหมาะสมกับชนิด หรือตำแหน่งมาร์คเกอร์แบบใด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวมีด้วยกันหลายวิธีเช่น การใช้ มาร์คเกอร์ แบบ Passive มาร์คเกอร์ , Active มาร์คเกอร์ , Angle sensor, Accelerative sensor, มาร์คเกอร์ less ซึ่งแต่ละวิธีจะมีหลักการแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน

3.2 ระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Movement analysis system)

ระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวใช้การวิเคราะห์โดยกล้องแบบเดี่ยวและกล้องแบบกลุ่ม เพื่อสร้างข้อมูลการเคลื่อนที่สองหรือสามมิติ ซึ่งจะช่วยในการคำนวณหาค่าทางคิเนเมติกส์ของงานในการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้ เพื่อความถูกต้องและมีประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ ควรพิจารณาชุดของข้อมูลในกล้อง วิธีการประมวลผลเพื่อให้ได้ข้อมูลทางคิเนเมติกส์แบบ 2 หรือ 3 มิติ และท้ายสุดคือวิธีการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองข้อมูล ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจถูกแยกออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณาเมื่อทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวใด ๆ ดังต่อไปนี้ (Richards, Thewlis and Hobbs, 2008)

- ตำแหน่งของกล้อง (Camera positioning)
- ความเร็วของกล้อง ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างและความเร็วของชัตเตอร์ (Camera speed, sampling frequency and shutter speed)
- การซิงค์กล้องให้ใช้พร้อมกัน (Synchronizing the cameras)

- การคาลิเบรทพื้นที่ของภาพ (Calibrating image space)
- การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data capture)
- กระบวนการทาให้เป็นดิจิทัล และการแปลงข้อมูล (Digitizing and transformation)
- การกรองข้อมูล (Data filtering)
- แบบจำลองทางกายวิภาคและชุดมาร์คเกอร์ (Anatomical models and marker sets)

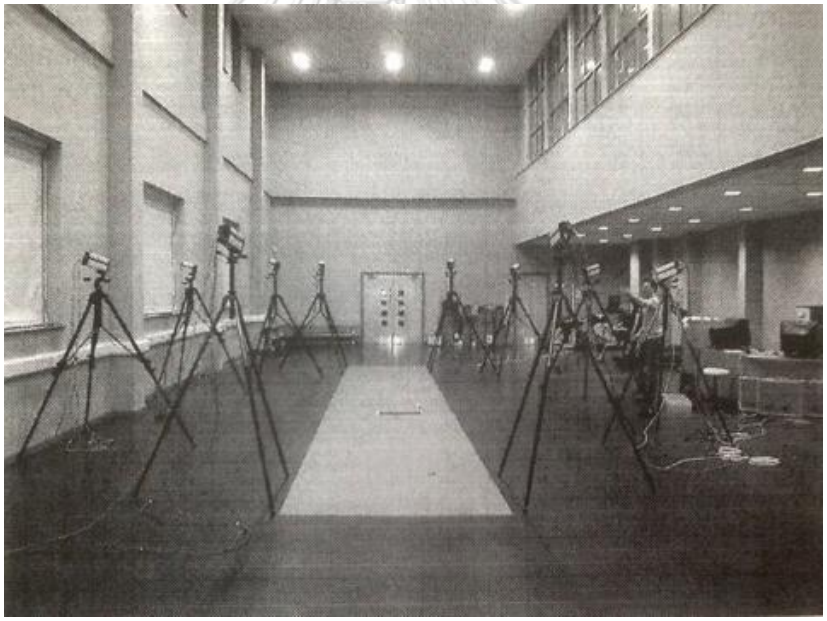
1) ตำแหน่งของกล้อง (Camera positioning)

การเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวต่าง ๆ โดยใช้กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งจำนวนและตำแหน่งของกล้องจะบอกได้ว่าการศึกษานั้นมี 2 หรือ 3 มิติ สำหรับการศึกษาแบบ 2 มิติจะใช้กล้องเพียง 1 ตัวเท่านั้น โดยตำแหน่งของกล้องจะต้องอยู่ในระนาบที่สนใจ สำหรับการศึกษาแบบ 3 มิติจำเป็นจะต้องใช้กล้องอย่างน้อย 2 ตัว โดยตำแหน่งของกล้องเทียบกับการเคลื่อนไหวที่สนใจควรเป็นมุมฉาก (90 องศา) เพื่อให้ได้ความถูกต้องมากที่สุด ความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์อาจขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้องในการศึกษาแบบ 3 มิติ และโดยทั่วไปอาจตั้งกล้องในมุมระหว่าง 60-120 องศา แม้ว่าการตั้งกล้องในมุมฉากจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดก็ตาม (Woltring 1980) เมื่อใช้กล้อง 2 ตัวเพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหว เครื่องหมายหรือมาร์คเกอร์ที่อยู่บนร่างกายบางครั้งอาจไม่ได้อยู่ในมุมที่กล้องสามารถจะจับภาพได้ ในกรณีนี้ไม่สามารถระบุตำแหน่งและติดตามมาร์คเกอร์เหล่านี้ได้ เนื่องจากกล้องทั้ง 2 ตัวจะต้องมองเห็นเครื่องหมายแต่ละตัวอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้กล้อง 4 ตัวขึ้นไป ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ เนื่องจากจะเพิ่มโอกาสในการการระบุตำแหน่งและการติดตามเครื่องหมายหรือมาร์คเกอร์ขณะเคลื่อนไหวได้ทั้งหมด

จำนวนและตำแหน่งของกล้องไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการระบุตำแหน่งและการติดตามเครื่องหมาย แต่ยังมีความแม่นยำในการคำนวณพิกัดสุดท้ายของเครื่องหมายหรือมาร์คเกอร์ได้อีกด้วย โดยการใช้จำนวนกล้องที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาผลของการลดหรือเพิ่มจำนวนกล้องบนความถูกต้องของข้อมูลที่สร้างขึ้น โดย Woltring (1980) ได้ทำการศึกษากล้องหลายรูปแบบและวิถีในการเคลื่อนที่ของเครื่องหมายที่ติดอยู่บนร่างกาย ในการศึกษาแบบสามมิติพบว่าเมื่อจำนวนกล้องเพิ่มขึ้นข้อผิดพลาดในการคำนวณก็จะลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาและพิจารณาจำนวน และตำแหน่งของกล้องในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว เช่น ถ้ากล้องมีเพียง 3 ตัว ก็อาจจะมองเห็นเครื่องหมายไม่ได้ทั้งหมด การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางกายวิภาค และการใช้ชุดเครื่องหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องขึ้นอยู่กับจำนวนกล้องที่ใช้ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลคิเนเมติกส์ที่ดีอาจได้จากชุดมาร์คเกอร์ธรรมดาที่ถ่ายโดยกล้องทั้งหมด อย่างไรก็ตาม หากใช้มาร์คเกอร์เดียวกันแต่เพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น อาจทำให้ข้อมูลที่ออกมานั้นมีคุณภาพลดลง ด้วยเหตุผลเหล่านี้ ห้องปฏิบัติการวิจัยโดยทั่วไปจึงต้องมีระบบกล้องที่มีกล้องตั้งแต่ 10 ตัวขึ้นไป (ดังภาพที่ 9) การพิจารณาองค์ประกอบเหล่านี้จึงมีความสำคัญมาก หากต้องใช้แบบทางกายวิภาค และชุดมาร์คเกอร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ดังนั้นเพื่อให้ได้ระบบกล้องที่มีความเหมาะสมที่สุด จึงต้องมองไปถึงค่าใช้จ่าย ความพร้อมของพื้นที่ในการศึกษา และคุณภาพของสิ่งที่นำมาศึกษา



ภาพที่ 9 ตำแหน่งมุมมองของกล้อง
(Richards, Thewlis and Hobbs, 2008)

2) ความเร็วของกล้อง ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง และความเร็วของชัตเตอร์ (Camera speed, sampling frequency and shutter speed)

อุปกรณ์มาตรฐานที่ประกอบด้วยกล้องวิดีโอแบบมีชัตเตอร์ระบบอิเล็กทรอนิกส์ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์เนื่องจากราคาที่ถูก มีความไว และสามารถวิเคราะห์การเคลื่อนไหวได้ดี (Bartlett et al., 1992) อัตราเฟรมจากกล้องวิดีโอมาตรฐานมักเป็นปัจจัยที่จำกัด เนื่องจากการทำงานที่ 25 ถึง 30 เฟรมต่อวินาที โดยให้อัตราการสุ่มตัวอย่างสูงสุด 50 เฮิรตซ์ สำหรับระบบพื้นฐาน PAL (Phase Alternate Line) และ 60 เฮิรตซ์ สำหรับ NTSC (National Television Standards Committee) ซึ่งเป็นระบบพื้นฐาน ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีวิดีโอใหม่ ๆ ให้มีการใช้งานง่าย ลดต้นทุน และพัฒนามาเป็นกล้องความเร็วสูงในปัจจุบัน

ระบบกล้องความเร็วสูงสามารถบันทึกรูปแบบการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น เช่น การวิ่งระยะสั้น ถ้าความเร็วของตัวอย่างเร็วขึ้น ความเร็วของกล้องก็จะเร็วขึ้นด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันมีกล้องที่สามารถให้ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างได้ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ แต่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ที่เหมาะสำหรับการศึกษาในหลาย ๆ ด้านของมนุษย์มากกว่า โดยอัตราการสุ่มตัวอย่างของ Nyquist (Nyquist's sampling) ต้องมีอย่างน้อยสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณ ถึงแม้ว่าจะทำให้ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างลดลงต่ำสุดก็ตาม (Antonsson & Mann 1985)

ความเร็วชัตเตอร์หรือองค์ประกอบของชัตเตอร์เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว เนื่องจากทำให้ได้ภาพที่ชัดเจน ความเร็วของชัตเตอร์คือระยะเวลาที่ชัตเตอร์เปิดอยู่ หากชัตเตอร์เปิดค้างอยู่นาน ภาพจะกลายเป็นสีมัวหรือจะเห็นคล้ายมีรอยเปื้อน ซึ่งการศึกษาโดยทั่วไปต้องใช้ความเร็วชัตเตอร์ 1/250 วินาทีหรือสูงกว่า แต่หากมีการบันทึกการเคลื่อนไหวที่มีความเร็วมาก เช่น การวิ่งระยะสั้น จำเป็นต้องใช้ความเร็วชัตเตอร์อย่างน้อย 1/1000 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การซิงค์กล้องให้ใช้พร้อมกัน (Synchronizing the cameras)

เมื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวด้วยกล้องมากกว่า 1 ตัว จำเป็นต้องมีการบันทึกการเคลื่อนไหวทั้งหมดพร้อมกันและรวบรวมให้เป็นข้อมูลข้อมูลเดียวกัน จากนั้นจะสามารถรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเป็นภาพสามมิติของการเคลื่อนไหวได้ ข้อกำหนดประการหนึ่งที่ต้องทำเพื่อรวมมุมมองของกล้อง (camera view) แต่ละตัว ให้ได้ทั้งหมดพร้อมกัน คือ กล้องแต่ละตัวจะบันทึกการเคลื่อนไหวที่ต่างกันที่เรียกว่าการซิงโครไนซ์ ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละระบบ เช่น ระบบแสงแฟลช ระบบเสียงเตือนอิเล็กทรอนิกส์ และสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ เพื่อเริ่มทำการบันทึกการคลื่อนไหวจากกล้องทั้งหมดที่ได้ทำการติดตั้ง นอกจากนี้ระบบบางส่วนยังทำการซิงค์การเปิด-ปิดชัตเตอร์ใน

กล้องแต่ละตัว เพื่อให้แน่ใจว่ากล้องแต่ละตัวจะจับภาพได้อย่างแม่นยำและไม่ใช่แค่ภาพในเฟรมเดียวกันเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปจะทำโดยใช้อุปกรณ์คู่ (CCD) บนกล้อง

การคาลิเบรทพื้นที่ของภาพ (Calibrating image space)

4) เป็นกระบวนการที่ใช้พิกัดสามมิติ โดยสรุปมาจากภาพสองมิติ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลจากทั้งภายในกล้องและนอกกล้อง มักถูกเรียกว่าคุณสมบัติภายในและภายนอกของกล้อง พารามิเตอร์ภายใน หมายถึงข้อมูล เช่น ความยาวโฟกัสและศูนย์กลางของภาพที่สัมพันธ์กับเลนส์และการบิดเบือนของเลนส์ พารามิเตอร์ภายนอกหมายถึงข้อมูลเช่น ตำแหน่งทิศทางของกล้อง และภาพในระบบพิกัดของการวัด ซึ่งโดยทั่วไปคือ ระบบพิกัดในห้องปฏิบัติการ หรือระบบพิกัดสากล (GCS) พารามิเตอร์ภายใน และภายนอกโดยทั่วไปใช้เทคนิคการคาลิเบรท โดยใช้สำหรับพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การคาลิเบรทแบบมาตรฐานเหล่านี้คือ การคาลิเบรทเชิงเส้นของเลนส์กล้อง และการคาลิเบรทระบบของกล้อง

- Static calibration

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวจำเป็นต้องคาลิเบรทพื้นที่ภาพและพื้นที่ที่จะทำการบันทึกการเคลื่อนไหว เพื่อให้สามารถคำนวณหาตำแหน่งของการเคลื่อนไหวได้ ซึ่งในการคาลิเบรทพื้นที่ภาพ ควรรู้จักตำแหน่งของ fixed points ภายในพื้นที่ที่ต้องการบันทึก โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกและนำออกจากเฟรมโดยข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมเอาไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

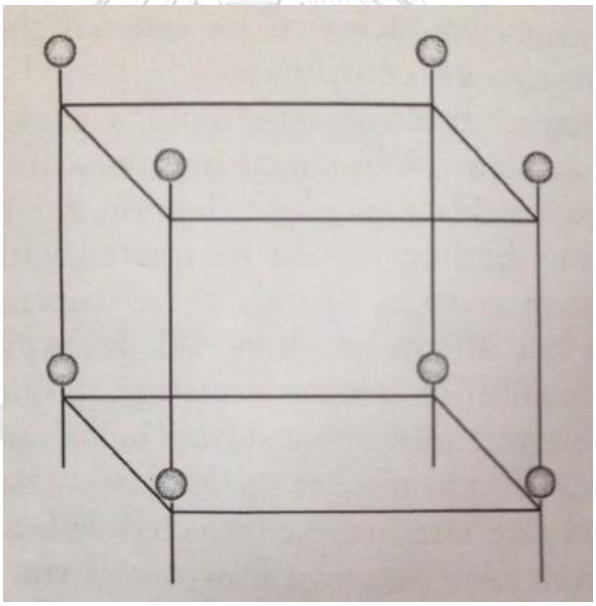
ความถูกต้องของข้อมูลจากระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับความถูกต้องของขั้นตอนการคาลิเบรท สิ่งสำคัญคือการคาลิเบรทเฟรมของสัดส่วนพื้นที่ภาพแต่ละมุมของกล้อง และพิกัดในการคาลิเบรทต้องมีความถูกต้องเช่นกัน โดยระยะที่ ± 0.1 มิลลิเมตรสามารถใช้ได้กับทั้งสามระนาบ ข้อผิดพลาดใด ๆ ในตำแหน่งพิกัดที่คาลิเบรทจะส่งผลต่อความถูกต้องของการเคลื่อนไหวที่ทำการศึกษา

จำนวนตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับการศึกษาว่าเป็นการศึกษาแบบ 2 มิติ หรือ การศึกษาแบบ 3 มิติ ในการศึกษาแบบ 2 มิติ ต้องมีตำแหน่งอย่างน้อยสี่จุดใน co-planar เพื่อกำหนดการวัดให้อยู่ในระนาบเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาแบบสองมิติต้องมีการคาลิเบรทให้ถูกต้อง ซึ่งความผิดพลาดในระบบสองมิติอาจเกิดจากข้อผิดพลาดในเรื่องของมุมกล้อง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อ

มาร์คเกอร์เลื่อนเข้าใกล้หรือไกลออกจากกล้องที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งข้อจำกัดนี้เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องคาลิเบรทเฟรมให้อยู่ในระนาบเดียวกันกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่ทำการบันทึกไว้

สำหรับการคาลิเบรท ระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติจำเป็นต้องใช้จุดควบคุมที่ไม่ใช่ co-planar อย่างน้อยหกจุด (Woltring 1982) (ดังภาพที่ 10) ซึ่งหมายความว่า ต้องมีมาร์คเกอร์ในทั้งสามระนาบ การคาลิสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ ต้องมีจุดคาลิเบรทมากกว่า 6 จุด เพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลและเพื่อให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้น

เมื่อตั้งค่าการคาลิเบรทแล้ว จุดควบคุมจะต้องมองเห็นได้ชัดเจนจากกล้องทั้งหมด แต่ขั้นตอนการคาลิเบรทอาจเกิดความผิดพลาดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าจุดที่สามารถมองเห็นมีจำนวนน้อยกว่า 6 จุด พื้นที่จุดควบคุมควรมีขนาดใกล้เคียงกับพื้นที่จริงที่ใช้จับภาพการเคลื่อนไหว เนื่องจากส่วนที่อยู่นอกเหนือจากพื้นที่ที่ใช้คาลิเบรทจะถูกตัดออก (Woltring 1982)



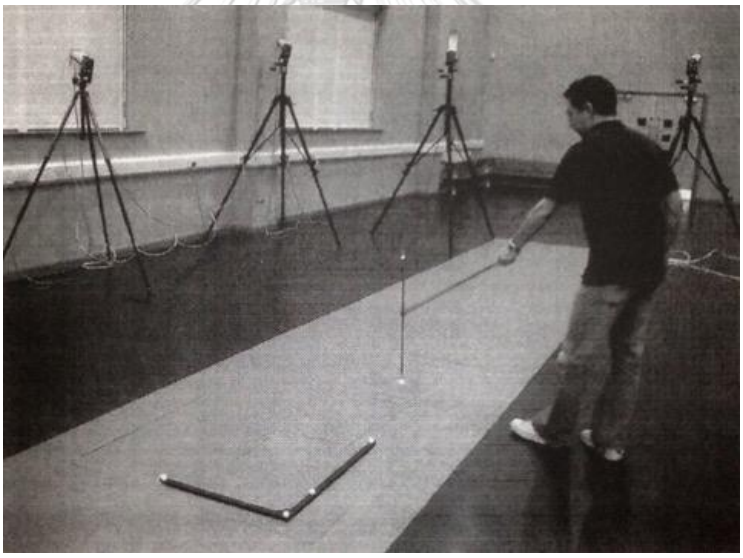
ภาพที่ 10 เฟรมคาลิเบรทจากระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในช่วงต้น
(Richards, Thewlis and Hobbs, 2008)

Dabnichki et al. (1997) ได้ศึกษาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการเก็บข้อมูลด้วยการเปลี่ยนการตั้งค่าการคาลิเบรท ซึ่งดำเนินการโดยใช้ระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสูงสุด โดย Dabnichki ได้ระบุว่ามีปัจจัยแตกต่างกัน 4 ปัจจัยคือ ระยะทางของวัตถุถึงกล้อง

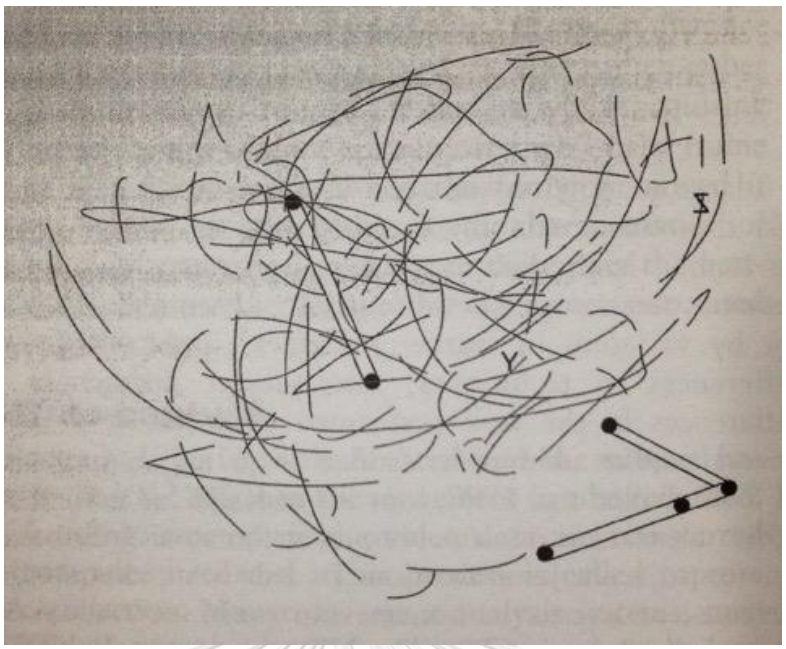
ระยะห่างของพื้นที่เมื่อเทียบกับขนาดของขอบเขตการคาลิเบรท ตำแหน่งขอบเขตการคาลิเบรท และความเร็วของการหมุนในแต่ละส่วน ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นตอบสนองได้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากสี่ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น

- Dynamic calibration

การคาลิเบรทแบบไดนามิกสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่พบมากที่สุดและเป็นที่น่าเชื่อถือ คือการใช้เฟรมคงที่ เพื่อกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นและทิศทางของแกน x และแกน y นอกเหนือจากเฟรมคงที่แล้ว wand จะเคลื่อนที่แบบไดนามิกผ่าน volume ของกล้อง โดยมีพิกัดสองมิติที่ถูกสร้างขึ้นจากการเคลื่อนที่ของ wand เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เรียกว่า bundle adjustment (Brown 1966) จากขั้นตอนนี้ ตำแหน่ง และทิศทางของกล้อง และระบบพิกัดแบบสามมิติของ wand จะถูกคำนวณ (ภาพที่ 11 และ 12)



ภาพที่ 11 การคาลิเบรทแบบไดนามิก
(Richards, Thewlis and Hobbs, 2008)



ภาพที่ 12 การคาลิเบรทแบบไดนามิก
(Richards, Thewlis and Hobbs, 2008)

- Norm of residuals

การกำหนดพิกัดของมาร์คเกอร์แต่ละจุดคือการประมาณจากข้อผิดพลาด ข้อผิดพลาดของมาร์คเกอร์แต่ละจุดอาจเรียกว่าเป็น ' Norm of residuals' (Nigg 1994) การแสดงผลเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่เกี่ยวข้องในการคาลิเบรทช่วยให้ผู้ศึกษาสามารถระบุได้ว่ามีข้อผิดพลาดใด ๆ หรือไม่ โดยปกติแล้ว ' Norm of residuals' จะพบได้ในการคาลิเบรทในการทดลองในรูปแบบดิจิทัลแต่ละครั้ง

ส่วนที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะทำให้บอกได้ว่าการแก้ไขระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวควรทำอย่างไร โดยการคาลิเบรทอาจมีการแสดงผลเพื่อให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการคำนวณหาตำแหน่งของมาร์คเกอร์

- Lens correction

เลนส์ของกล้องอาจมีการบิดเบือนไปบ้าง สิ่งเหล่านี้เกิดจากวัสดุและความไม่สมบูรณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต โดยข้อผิดพลาดนี้อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในระบบซึ่งอาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดที่ร้ายแรงมากขึ้นในการสร้างภาพสองมิติ Tasi (1986) ได้พัฒนา

วิธีการ โดยใช้จุดคาลิเบรท 60 จุด Antonsson และ Mann (1989) ใช้มากกว่า 12,000 จุด เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ละเอียดขึ้น นอกจากนี้ Ladin (1990) ยังได้ทำการศึกษาความบิดเบือนของเลนส์ในแบบสองมิติ ด้วยการวิเคราะห์พื้นที่ที่รู้ตำแหน่งในจุดที่เว้นระยะเท่า ๆ กัน Ladin เอาค่าการวัดจากฟิล์มมาคาลิเบรทกับค่าที่เขารู้ ด้วยวิธีนี้ Ladin แสดงให้เห็นว่า ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งจากการบิดเบือนของเลนส์เนื่องจากวัตถุที่วิเคราะห์จะเคลื่อนที่ห่างจากจุดที่ทำการวิเคราะ การคาลิเบรทสามารถใช้เพื่อแก้ไขความบิดเบือนของเลนส์ได้แม้ว่าจะไม่ถูกต้องมากนักก็ตาม

5) การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data capture)

เมื่อกล้องได้ทำการตั้งค่าโดยการคาลิเบรท และกลุ่มตัวอย่างได้รับการติดมาร์คเกอร์แล้ว จะสามารถทำการบันทึกการเคลื่อนไหวได้ ซึ่งหลังจากบันทึกเสร็จสมบูรณ์ ข้อมูลที่บันทึกจะถูกส่งไปยังฮาร์ดดิสก์ของคอมพิวเตอร์ กระบวนการนี้เรียกว่าการเก็บหรือการบันทึกวิดีโอ ระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวมีมากมาย เช่น VICON (Jarrett et al, 1974), Elite (Ferrigno & Pedotti 1985) และ Qualisys ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลในวิดีโอแล้วส่งไปยังฮาร์ดดิสก์ เช่นเดียวกับระบบกล้องหรือระบบโทรทัศน์ ประเภทที่สองเรียกว่าระบบวิดีโอ ระบบนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลวิดีโอลงในวิดีโอเทปก่อน จากนั้นจะถ่ายโอนไปยังฮาร์ดดิสก์ ซึ่งการใช้เทปวิดีโออาจลดความละเอียดลงเล็กน้อย เนื่องจากภาพจะถูกบันทึกลงบนเทปแบบอะนาล็อกก่อน แล้วจึงแปลงเป็นรูปแบบดิจิทัล แต่วิดีโอดิจิทัลนี้จะไม่มีข้อจำกัด แม้ว่าอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อประมวลผลข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ ระบบที่ใช้กล้องเช่น Qualisys และ VICON จะบันทึกข้อมูลที่ส่งออกมาโดยตรงจากกล้องเพื่อรักษาความละเอียดไว้ ระบบวิดีโอมีประโยชน์ในการบันทึกการเคลื่อนไหวลงในเทป แต่การถ่ายโอนจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม การติดตามมาร์คเกอร์มีแนวโน้มจะใช้เวลามากขึ้น และขนาดไฟล์จะใหญ่กว่าการถ่ายด้วยระบบกล้อง เมื่อข้อมูลวิดีโอถูกจัดเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์ของคอมพิวเตอร์แล้ว สามารถเรียกดูข้อมูลจากฮาร์ดดิสก์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ตลอดเวลาและสามารถแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลได้

(Vítor et al., 2016) ศึกษาวิเคราะห์คิเนเมติกส์ของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม โดยใช้กล้องอินฟราเรด 12 ตัว (Qualisys AB, Sweden) มีความถี่ของการสุ่ม 100 เฮิรตซ์ ช่วยให้สามารถระบุพารามิเตอร์ทางคิเนเมติกส์ (ตำแหน่ง, เวลาและปริมาณที่เกิดขึ้น) ของมาร์คเกอร์ตามจุดกายวิภาคที่เกี่ยวข้องของผู้เข้าร่วมการวิจัย จากระบบการเทียบมาตรฐานของเครื่องมือ (calibration) ก่อนทำการวิจัย ที่ช่วยให้สามารถจับภาพการเคลื่อนไหวของจุดทางกายวิภาคที่ระบุด้วยมาร์คเกอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสะท้อนแสงได้ ทำให้มั่นใจได้ถึงความครอบคลุมของผลทั้งหมดเกี่ยวกับประสิทธิภาพของนักว่ายน้ำ

Holmes (2013) ได้ศึกษาความแตกต่างทางคิเนเมติกส์ระหว่างการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามและแบบจับแท่น ทำการวิเคราะห์โดยใช้กล้องวีดีโอ Sony HDRHC9 (Sony, Japan) จำนวน 2 กล้องติดตั้งที่ขอบด้านข้างของสระน้ำ กล้องตัวหนึ่งโฟกัสที่บล็อกออกตัว และกล้องอีกตัวหนึ่งโฟกัสที่ระยะ 2.5 เมตรของลู่ว่าย เพื่อให้มั่นใจว่าขอบเขตการมองเห็นของกล้องทั้งสองตัวไม่ซ้อนทับกัน โดยกล้องทั้งสองตัวโฟกัสที่ระยะ 1 เมตรเหนือผิวน้ำเพื่อให้กล้องทั้งสองตัวสามารถจับภาพการเคลื่อนไหวของนักว่ายน้ำขณะกระโดดจากบล็อกออกตัวได้ทั้งหมด โดยกล้องทั้งสองตัวโฟกัสและซิงโครไนซ์โดยใช้จุดอ้างอิงที่ระยะ 1 เมตร เหนือเส้นเชือกของลู่ว่ายในสระน้ำ โดยใช้ซอฟต์แวร์การวิเคราะห์วิดีโอ Quintic v21 (Quintic Consultancy Ltd; Coventry, UK)

Yu Lee, Fu Huang and Wen Lee (2012) ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำแบบเท้านำเท้าตาม และแบบจับแท่น ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างเหนือผิวน้ำที่ 60 เฮิร์ต โดยใช้กล้องวีดีโอแบบดิจิตอลจำนวน 2 กล้อง (JVC9800, Japan) กล้องหนึ่งตัวติดตั้งที่ด้านข้างจากจุดศูนย์กลางของบล็อกในระยะ 12 เมตร และระยะ 3 เมตรจากจุดออกตัวไปสู่ท้ายสระ กล้องอีกหนึ่งตัวติดตั้งที่ระยะ 12 เมตรจากจุดออกตัวไปสู่ท้ายสระ เพื่อหาช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 12 เมตร โดยกล้องทั้งสองและสัญญาณออกตัวจะเชื่อมต่อกันโดยไดโอดเปล่งแสง (LED) ภายในขอบเขตการมองเห็นของเลนส์กล้องแต่ละตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาเทคนิคการจับการเคลื่อนไหวแบบสามมิติมาทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะแตกต่างกัน

งานวิจัยต่างประเทศ

Blanksby et al. (2002) ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม, การออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบแฮนเดิล โดยการถ่ายวีดีโอถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การออกตัวก่อนและหลังการฝึก กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึก 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 14±2 สัปดาห์ ในการฝึกแต่ละครั้ง ประกอบด้วย การออกตัวแบบจับแท่น จำนวน 5 ครั้ง (เป็นการฝึก

หลัก) และการออกตัวแบบแฮนเดิลจำนวน 10 ครั้ง หรือ ฝึกการออกตัวแบบจับแท่นจำนวน 5 ครั้ง และออกตัวแบบเทานำเท้าตามจำนวน 10 ครั้ง โดยเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพการออกตัว ได้แก่ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 10 เมตร, เวลาปฏิกิริยา, เวลาการเคลื่อนไหว, ช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อก และช่วงเวลาขณะลอยตัวในอากาศ, ระยะทางก่อนลงสู่น้ำ และจุดศูนย์กลางมวลขณะอยู่ในท่าออกตัว ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการกระโดดน้ำในแต่ละกลุ่มของช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 10 เมตรก่อนและหลังการฝึก มีความแตกต่างของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแต่ละท่าการออกตัวระหว่างการออกตัวทั้ง 3 รูปแบบ โดยการออกตัวแบบแฮนเดิลมีการย้ายตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลไปข้างหน้าทำให้เวลาในการเคลื่อนไหว และเวลาขณะอยู่บนบล็อกน้อยลง และการฝึกในครั้งนี้ยังพัฒนาช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 10 เมตร, เวลาปฏิกิริยา, เวลาการเคลื่อนไหว, ช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อก และช่วงเวลาขณะลอยตัวในอากาศ โดยไม่คำนึงถึงเทคนิคการออกตัวที่ใช้

Ruschel et al. (2007) ได้ศึกษาวิเคราะห์คิเนเมติกส์ของการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ช่วงได้แก่ ช่วงบนแท่นออกตัว, ช่วงลอยตัวในอากาศ และช่วงใต้น้ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำ จำนวน 4 คน โดยใช้กล้องวีดีโอ VHS จำนวน 4 ตัวในการวิเคราะห์ตัวแปร ได้แก่ ช่วงเวลาขณะอยู่บนแท่นออกตัว, ช่วงเวลาขณะลอยตัวในอากาศ และระยะทาง, มุมขณะลงสู่น้ำ, ระดับความลึกสูงสุด, เวลา, ระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของช่วงใต้น้ำ และ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร การหาความสัมพันธ์ของเพียร์สันใช้สำหรับหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ผลการวิจัยพบว่าช่วงลอยตัวในอากาศ, มุมขณะลงสู่น้ำ, ระดับความลึกสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยของช่วงใต้น้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับช่วงเวลาในการออกตัว (r = -0.482, 0.512, 0.515 และ -0.645 ตามลำดับ) ดังนั้นตัวแปรเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่นักกีฬาและผู้ฝึกสอนควรคำนึงถึงและพัฒนาตัวแปรเหล่านี้ให้ดีที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำ

Jorgić et al. (2010) ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางคิเนเมติกส์ ของการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามในกีฬาว่ายน้ำ โดยมีจุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อหาค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพารามิเตอร์ทางคิเนเมติกส์ของการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำในการแข่งขันจำนวน 6 คน ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 6 ปี อายุเฉลี่ยของนักว่ายน้ำคือ 15 ปี(15.4 ปี± 0.2 เดือน) และเป็นสมาชิก

ของกลุ่มว่ายน้ำของสโมสรว่ายน้ำ "Argiroupoli Nautical club" จากเอเธนส์ (กรีซ) โดยนักว่ายน้ำ 3 คนทำการออกตัวแบบจับแท่น ในขณะที่อีก 3 คนทำการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม โดยการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาพารามิเตอร์ทางคิเนเมติกส์ 8 ชนิด ได้แก่ ระยะทางในการลอยตัว ช่วงเวลาในการลอยตัว มุมในการออกตัว มุมในการลงสู่น้ำ ความเร็วของจุดศูนย์กลางมวลขณะออกตัว ความเร็วการเคลื่อนที่ของศีรษะขณะออกตัว ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมือขณะออก และความเร็วของการเคลื่อนไหวสะโพกขณะออกตัว เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามโดยใช้การทดสอบ t (t-test) สำหรับพารามิเตอร์ทางคิเนเมติกส์แต่ละชนิด ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการออกตัวแบบจับแท่น และการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม ยกเว้นมุมในการออกตัว (AT) ซึ่งการออกตัวแบบจับแท่นมีมุมในการออกตัวที่มากกว่าการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม ($p = 0.04$)

Murrell and Dragunas (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการออกตัวในการแข่งขันว่ายน้ำแบบเท้านำเท้าตาม และแบบจับแท่นด้วยบล็อกออกตัวแบบโอเมก้า OSB11 เป็นการศึกษาทดลองแบบ single-subject กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน เป็นเพศชายจำนวน 2 คนและเพศหญิงจำนวน 2 คน โดยทดสอบการออกตัวทั้งหมดจำนวน 6 ครั้ง ประกอบด้วยเทคนิคการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม 3 ครั้ง และเทคนิคการออกตัวแบบจับแท่น 3 ครั้ง โดยใช้ข้อมูลทางคิเนติกส์ที่ได้จากแผ่นแรง และสัญญาณที่ได้จากเครื่องส่งสัญญาณการออกตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ ในการคาดการณ์ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 2 เมตร ใช้การทดสอบ t-test แบบ two-tailed เพื่อหาความสัมพันธ์ของเทคนิคการออกตัวทั้ง 2 แบบ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 คนมีความเร็วในการออกตัวตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 2 เมตรโดยการใช้เทคนิคการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่สูงกว่าการใช้เทคนิคการออกตัวแบบจับแท่น จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่านักกีฬาว่ายน้ำควรเลือกใช้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมากกว่าการออกตัวแบบจับแท่นบนบล็อกออกตัวแบบโอเมก้า OSB11

Lee, Huang, & Lee, (2012) ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการออกตัวในกีฬาว่ายน้ำแบบเท้านำเท้าตาม และแบบจับแท่น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาแข่งขันว่ายน้ำระดับวิทยาลัย เพศชาย จำนวน 12 คน (6 คนใช้การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม และอีก 6 คนใช้การออกตัวแบบจับแท่น) ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องวีดีโอจำนวน 2 กล้อง (60 เฮิร์ต) วางอยู่เหนือน้ำ โดยข้อมูลวีดีโอจะถูกแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลและทำการวิเคราะห์ด้วยระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ จากผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองกลุ่ม สำหรับช่วงเวลา

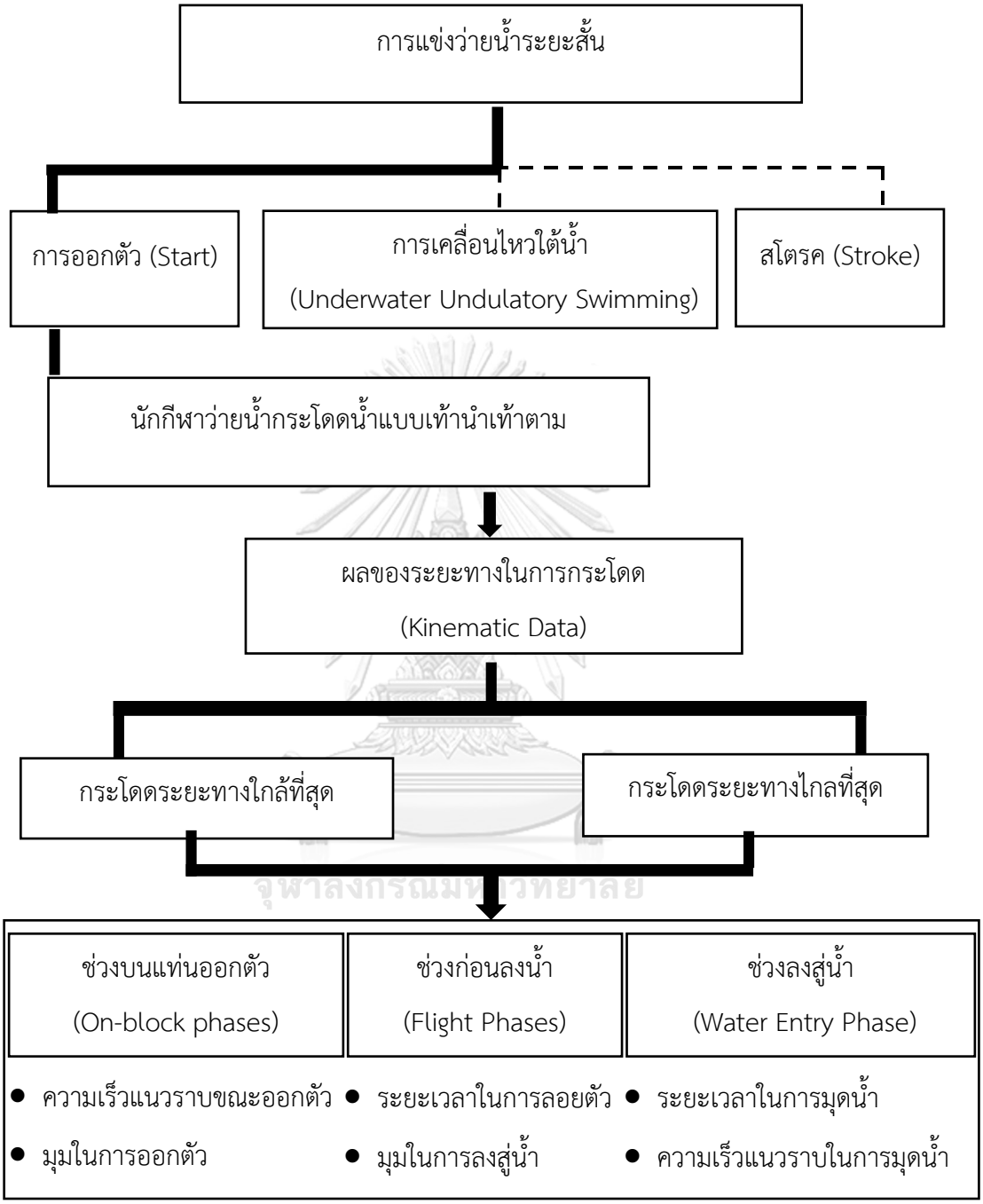
ขณะลอยตัว, ระยะทางขณะลอยตัว, ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 12 เมตร, ความเร็วในการออกตัว และมุมในการออกตัว, ความเร็วขณะลงสู่น้ำ, มุมขณะลงสู่น้ำ และจุดศูนย์กลางมวลขณะอยู่ตำแหน่งที่สูงที่สุดเหนือน้ำ และผลการวิจัยยังพบว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามมีจุดศูนย์กลางมวลขณะอยู่บนบล็อกไปข้างหน้าที่มากกว่ามีช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อกที่สั้นกว่า ($p < 0.05$) มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่าการออกตัวแบบจับแท่นอย่างมีนัยสำคัญ

Holmes (2013) ได้ศึกษาความแตกต่างทางคิเนเมติกส์ และคิเนติกส์ ในการออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม และการออกตัวแบบจับแท่น ระหว่างนักกีฬาว่ายน้ำแบบกลุ่มอายุ, นักกีฬาว่ายน้ำระดับซีเนียร์ และนักกีฬาว่ายน้ำระดับมาสเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย จำนวน 12 คน และนักกีฬาว่ายน้ำ เพศหญิง จำนวน 17 คน และได้รับการจัดกลุ่มตามอายุดังนี้ นักกีฬาว่ายน้ำแบบกลุ่มอายุ (12.8 ± 1.4 ปี), นักกีฬาว่ายน้ำระดับซีเนียร์ (23.0 ± 1.0 ปี) และนักกีฬาว่ายน้ำระดับมาสเตอร์ (44.0 ± 11.9 ปี) โดยกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนทำการกระโดดออกตัวจำนวน 6 ครั้ง ใช้เทคนิคการออกตัวแบบเท้านำเท้าตามจำนวน 3 ครั้ง และใช้เทคนิคการออกตัวแบบจับแท่นจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้กล้องวีดีโอที่เชื่อมต่อกันจำนวน 2 ตัวที่มีความเร็วในการถ่ายภาพที่ 50 เฟรมต่อวินาที บันทึกข้อมูลในการกระโดด ทำการศึกษา 7 ตัวแปรทางคิเนติกส์และคิเนเมติกส์ ได้แก่ มุมในการออกตัว, มุมขณะลงสู่น้ำ, เวลาปฏิกิริยา, ช่วงเวลาขณะอยู่บนบล็อก, ช่วงเวลาขณะลอยตัว, ระยะทางก่อนลงสู่น้ำ และช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVAs และการทดสอบแบบ post-hoc ในแต่ละตัวแปร เพื่อหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ระหว่างเทคนิคการออกตัวทั้งสองรูปแบบ, ระหว่างความแตกต่างของกลุ่มอายุ และ ภายในกลุ่มอายุ การหาความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรต่างๆและช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร ผลการวิจัยพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มของนักกีฬาว่ายน้ำ ได้แก่ มุมขณะลงสู่น้ำ, ระยะทางก่อนลงสู่น้ำ และเวลาปฏิกิริยา ในขณะที่มีความแตกต่างโดยรวม ระหว่างเทคนิคในการออกตัวทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ มุมในการออกตัว, ระยะทางก่อนลงสู่น้ำ และช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไปจนถึงระยะ 15 เมตร จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระยะทางที่ไกลขึ้น และช่วงเวลาก่อนลงสู่น้ำที่นานขึ้น นำไปสู่ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นออกจากบล็อกจนกระทั่งศีรษะของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำไป

จนถึงระยะ 15 เมตรที่สิ้นลง และไม่พบว่าเทคนิคการออกตัวจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัวโดยรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 13 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะแตกต่างกัน ในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเคลื่อนไหวขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทางการกระโดดแตกต่างกันสองระยะ มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยเทียบเคียงกับงานวิจัยของ โฮม และคณะ (Holmes, 2013) โดยนำค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาคำนวณผ่านโปรแกรม G*power Version 3.0.10 โดยกำหนดความเชื่อมั่น เท่ากับ 95% (α = 0.05) ที่มีอำนาจในการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ 0.80 และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ระดับ 0.80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 13 คน และเพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง จึงได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็น 15 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และผู้วิจัยจะเป็นผู้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย (Inclusion Criteria)

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เคยแข่งขัน ในท่าฟรีสไตล์ (Freestyle), ท่ากบ (Breaststroke), ท่าผีเสื้อ (Butterfly)

หรือ ท่าเดี่ยวผสม (Individual Medley) ในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง

2. มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำหรือแข่งขันกีฬาว่ายน้ำมาอย่างน้อย 3 ปี และฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม (Track Start)

4. เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดีปราศจากโรค และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บ (ภาคผนวก ค)

5. ในกรณีที่มีนักกีฬาที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกมากกว่า 15 คน จะคัดตามสถิติผลการแข่งขันในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา 15 คนแรกที่มีผลการแข่งขันสูงสุด

6. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากงานวิจัย (Exclusion Criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

2. มีเหตุให้กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบตามรูปแบบที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์ยุติการเข้าร่วมวิจัย (Subject withdrawal criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วยกะทันหัน เป็นต้น

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยพบผู้เข้าร่วมวิจัยและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนในการทำวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และชี้แจงให้ทราบว่าการเข้าร่วมในการวิจัยเป็นการเข้าร่วมโดยสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อผู้เข้าร่วมวิจัย และผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ ข้อมูลทุกอย่าง

ถือเป็นความลับ และนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถแจ้งการขอออกจากการวิจัยได้ก่อนที่การวิจัยจะสิ้นสุดลง โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่มีผลอันใดต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและครอบครัว เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมด้วยตนเอง หากผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดอาการบาดเจ็บในขณะดำเนินการทดลองหรือเป็นผลมาจากการทดลอง ผู้วิจัยจะพาไปพบแพทย์และจะเป็นผู้ดำเนินการออกค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โอคุส ควอลิซิส (Oqus Qualisys) ของบริษัท Qualisys Medical AB (Sweden) จำนวน 7 ตัว เป็น Infrared base จำนวน 6 ตัว และ Video base จำนวน 1 ตัว

2. มาร์กเกอร์ (Retro reflective marker)

3. แผ่นป้ายแสดงระยะทางในการกระโดด

4. คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (The laptop motion capture workstation)

5. เทป (Retro reflective tape)

6. แอลกอฮอล์และสำลี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูล

สระว่ายน้ำมาตรฐานความยาว 50 เมตร และมีแท่นกระโดดแบบไม่มี back plate โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย เลขที่ 197 ถนนราชวิถี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี บทความ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดวิธีการใช้เครื่องมือ และรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องมือทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

2. นำเสนอโครงการวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณาทางจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผู้วิจัยทำการอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดกับผู้ช่วยวิจัย เพื่อให้รับทราบและเข้าใจตรงกันก่อนทำการทดสอบจริง โดยมีผู้ช่วยวิจัย จำนวน 2 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่จาก ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และ อุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 1 คน มีหน้าที่ในการควบคุมชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โอคุส ควอลิซิส (Oqus Qualisys) และนิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา 1 คน มีหน้าที่ช่วยควบคุมอุปกรณ์ตามตำแหน่งต่าง ๆ โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ควบคุมขั้นตอนการทดลองทั้งหมด

4. ผู้วิจัยทำการอธิบายชี้แจงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดก่อนการทดลองจริง แก่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้รับทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการทดลอง นอกจากนี้ยังมีการอธิบายถึงสิทธิในการยินยอม หรือปฏิเสธในการเข้าร่วมวิจัย ให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบและเซ็นยินยอมเข้าร่วมวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ทั้งหมด 13 คน ทำการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยทำการกระโดด 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การกระโดดได้สมบูรณ์หมายถึง การกระโดดที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้ โดยที่ ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล) โดยแต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 5 นาที โดยระหว่างพักสามารถออกกำลังกายระดับ low intensity ตามความถนัดของนักกีฬาแต่ละคน รวมเวลาทั้งสิ้น ประมาณ 60 นาที

ขั้นตอนการทดลอง

1. เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย

2. ติดตั้งอุปกรณ์วิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยวางกล้องจำนวน 7 ตัว (Infrared base จำนวน 6 ตัว และ Video base จำนวน 1 ตัว) รอบแท่นกระโดด โดยจัดให้คลอบคลุมพื้นที่ในการวิเคราะห์ (ภาคผนวก ง) ทำการ calibrate ความแม่นยำของกล้องโดยใช้ T-wand ตามขั้นตอนการทำ calibration จากคู่มือการใช้งาน (ภาคผนวก ซ)

3. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที (ภาคผนวก ฉ)

4. กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) โดยทำความสะอาดตำแหน่งที่ต้องการติดมาร์กเกอร์ก่อน และทำการติดมาร์กเกอร์ที่ตำแหน่ง Vertex of the skull, Tip of left middle finger, Tip of left iliac crest และ Head of left fifth metatarsal (ภาคผนวก จ) โดยผู้วิจัยจะทำการติดมาร์กเกอร์ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมวิจัยด้วยตัวเอง ยกเว้นบริเวณตำแหน่งที่มีความล่อแหลม ได้แก่ ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ผู้วิจัยจะให้ผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นเพศชาย ทำการติดมาร์กเกอร์ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้วิจัย

5. กลุ่มตัวอย่างยืนบนแท่นกระโดดด้วยตำแหน่งการยืนในท่าเริ่มต้นแบบเท้านำเท้าตาม โดยเท้าข้างซ้ายวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นกระโดด และเท้าข้างขวาวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นกระโดด ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่ด้านหน้าของแท่นกระโดด (Rutemiller, 1995)

6. ออกคำสั่งปล่อยตัวให้กลุ่มตัวอย่างกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม ด้วยความเร็วในการกระโดดออกตัวสูงสุด กลุ่มตัวอย่างกลับมายืนอยู่บนแท่นกระโดดในท่าเริ่มต้น เพื่อรอคำสั่งปล่อยตัวต่อไป

7. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม 10 ครั้งที่สมบูรณ์ โดยพักระหว่างครั้งของการกระโดดเป็นเวลา 5 นาที โดยระหว่างพักสามารถออกกำลังกายระดับ low intensity ตามความถนัดของนักกีฬาแต่ละคน รวมเวลาการทดสอบประมาณ 60 นาที

8. ทำการคูลดาวน์โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที (ภาคผนวก ฉ)

ขั้นตอนการบันทึกค่า

1. บันทึกภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยภาพและข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกลบทิ้งทั้งหมดหลังเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติครบ 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การกระโดดได้สมบูรณ์หมายถึง การกระโดดที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้ โดยที่ ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล)

3.ทำการบันทึกค่า โดยการเก็บข้อมูลจากมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Motion Capture System และ Visual-3D ดังนี้

3.1 ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block Phases) คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณปล่อยตัวเริ่มต้นดัง ไปจนถึงระยะที่นักกีฬากระโดดออกจากแท่นออกตัว

- ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) หมายถึง ความเร็วแนวราบ ในขณะที่เท้ามีการสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงเริ่มมีการเคลื่อนไหวในการออกตัว (movement onset) จนกระทั่งเท้าสัมผัสแท่นออกตัวครั้งสุดท้าย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที
- มุมในการออกตัว (Take-off angle) หมายถึง มุมในการเคลื่อนที่ของมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ขณะออกตัว เทียบกับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นองศา

3.2 ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases) คือ ช่วงเวลาที่นักกีฬาออกจากแท่น จนถึงระยะที่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ และช่วงลงสู่น้ำ

- ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) หมายถึง เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งสุดท้ายของเท้ากับแท่นออกตัวและการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Head of left fifth metatarsal และ มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger มีหน่วยเป็นวินาที
- มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) หมายถึง มุมในการเคลื่อนที่ของมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงก่อนลงน้ำเล็กน้อย จนกระทั่งลงน้ำ เทียบกับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นองศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 ช่วงลงสู่น้ำ (Water Entry Phase) คือ ช่วงต้นของช่วงหลังลงน้ำ (Underwater Phases) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่มือของนักกีฬาสัมผัสกับผิวน้ำ จนกระทั่งปลายเท้าของนักกีฬาจมลงใต้น้ำ

- ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry) หมายถึง เวลาระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left middle finger และ มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Head of left fifth metatarsal มีหน่วยเป็นวินาที

- ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity at entry) หมายถึง ความเร็วในแนวราบ ระหว่างการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ โดยดูจากมาร์กเกอร์ตำแหน่ง Tip of left iliac crest ช่วงการสัมผัสครั้งแรกของมือกับผิวน้ำ ไปจนกระทั่งปลายเท้าจมลงใต้น้ำ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

4. นำผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Motion Capture System และ Visual-3D มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาพที่ 14 ช่วงการออกตัวในการวิเคราะห์ทางคิเนเมติกส์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลเอง ประกอบด้วย

1.1 ข้อมูลพื้นฐาน

1.2 ข้อมูลทางคิเนเมติกส์

1) ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off)
2) มุมในการออกตัว (Take-off angle)
3) ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time)
4) มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle)
5) ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry)
6) ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity to entry)

2. ติดต่อขอใช้สถานที่และยืมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้สระว่ายน้ำ 50 เมตร โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย เป็นสถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล

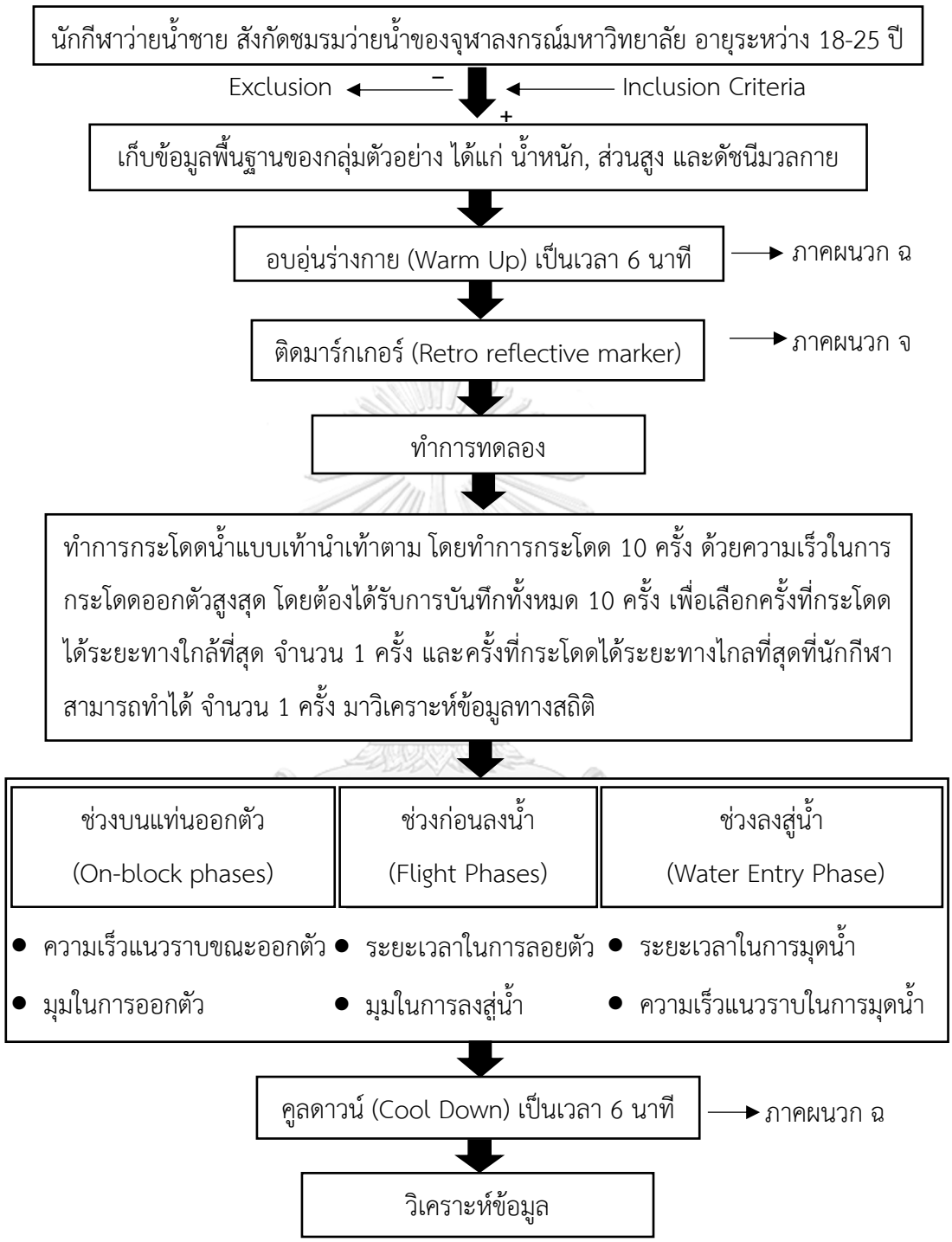
3. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงอาจารย์ที่ปรึกษา ชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอตัวนักกีฬาว่ายน้ำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

4. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้พร้อม

5. ทำการทดลองและนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างคนเดียวกันทำการทดลอง 10 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะเว้นระยะห่าง 5 นาที

ภาพที่ 15 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

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. วิเคราะห์ข้อมูลว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test)

- วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ค่าทีรายคู่ (Paired t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของระยะทางการกระโดด 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (Horizontal velocity at take-off) มุมในการออกตัว (Take-off angle) ระยะเวลาในการลอยตัว (Flight time) มุมในการลงสู่น้ำ (Entry angle) ระยะเวลาในการมุดน้ำ (Time to entry) และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (Horizontal velocity to entry)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะแตกต่างกัน ในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 15 คน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 คน เกิดการบาดเจ็บ ที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ ทำให้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 13 คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดลองการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยทำการกระโดด 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การกระโดดได้สมบูรณ์หมายถึง การกระโดดที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้ โดยที่ ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล) โดยแต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 5 นาที ในการทดลองจะทำการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปตารางประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ระหว่างระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 13 คน

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
ประสบการณ์ในการว่ายน้ำ (ปี)	11.31	2.87
ระยะเวลาในการฝึกซ้อมต่อสัปดาห์ (นาที)	106.92	25.94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 13 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.31 ± 1.89 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 176.31 ± 7.54 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 74.10 ± 8.94 กิโลกรัม ดัชนีมวลกายเท่ากับ 23.83 ± 2.28 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ประสบการณ์ในการว่ายน้ำเท่ากับ 11.31± 2.87 ปี และระยะเวลาในการฝึกซ้อมต่อสัปดาห์เท่ากับ 106.92 ± 25.94 นาที

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ข้อมูลทางคิเนเมติกส์	กระโดดระยะใกล้		กระโดดระยะไกล	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
ระยะทางในการกระโดด (เมตร)	3.29	0.39	3.89	0.53
ความเร็วแนวราบขณะออกตัว (เมตรต่อวินาที)	4.23	0.46	4.47	0.41
มุมในการออกตัว (องศา)	26.57	6.79	28.00	5.42
ระยะเวลาในการลอยตัว (วินาที)	0.28	0.06	0.33	0.06
มุมในการลงสู่น้ำ (องศา)	37.26	4.54	33.62	4.05
ระยะเวลาในการมุดน้ำ (วินาที)	0.34	0.04	0.30	0.03
ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ (เมตรต่อวินาที)	2.73	0.45	3.21	0.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด ระยะทางในการกระโดดมีค่า 3.29 เมตร ความเร็วแนวราบขณะออกตัวมีค่า 4.23 เมตรต่อวินาที มุมในการออกตัวมีค่า 26.57 องศา ระยะเวลาในการลอยตัวมีค่า 0.28 วินาที มุมในการลงสู่น้ำมีค่า 37.26 องศา ระยะเวลาในการมุดน้ำมีค่า 0.34 วินาที และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำมีค่า 2.73 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด ระยะทางในการกระโดดมีค่า 3.89 เมตร ความเร็วแนวราบขณะออกตัวมีค่า 4.47 เมตรต่อวินาที มุมในการออกตัวมีค่า 28.00 องศา ระยะเวลาในการลอยตัวมีค่า 0.33 วินาที มุมในการลงสู่น้ำมีค่า 33.62 องศา ระยะเวลาในการมุดน้ำมีค่า 0.30 วินาที และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำมีค่า 3.21 เมตรต่อวินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทางคิเนเมติกส์ ระหว่างระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการกระโดดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ระยะทางในการกระโดดน้ำ	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (เมตร)	3.29	0.39	-6.84	0.01*
ระยะทางไกลที่สุด (เมตร)	3.89	0.53		

*p $\leq$ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะทางในการกระโดดน้ำ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 3.29 เมตร และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 3.89 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ความเร็วแนวราบขณะออกตัว	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (เมตร/วินาที)	4.23	0.46	-2.13	0.06
ระยะทางไกลที่สุด (เมตร/วินาที)	4.47	0.41		

จากตารางที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 4.23 เมตรต่อวินาที และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 4.47 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

มุมในการออกตัว	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (องศา)	26.57	6.79	-1.57	0.14
ระยะทางไกลที่สุด (องศา)	28.00	5.42		

จากตารางที่ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 26.57 องศา และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 28.00 องศา เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ระยะเวลาในการลอยตัว	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (วินาที)	0.28	0.06	-5.57	0.01*
ระยะทางไกลที่สุด (วินาที)	0.33	0.06		

*p $\leq$ 0.05

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 0.28 วินาที และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 0.33 วินาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

มุมในการลงสู่น้ำ	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (องศา)	37.26	4.54	4.32	0.01*
ระยะทางไกลที่สุด (องศา)	33.62	4.05		

*$p \leq 0.05$

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 37.26 องศา และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 33.62 องศา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ระยะเวลาในการมุดน้ำ	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (วินาที)	0.34	0.04	4.79	0.01*
ระยะทางไกลที่สุด (วินาที)	0.30	0.03		

*$p \leq 0.05$

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 0.34 วินาที และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 0.30 วินาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้

ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ	$\bar{x}$	SD	t	*p-value*
ระยะทางใกล้ที่สุด (เมตร/วินาที)	2.73	0.45	-4.83	0.01*
ระยะทางไกลที่สุด (เมตร/วินาที)	3.21	0.45		

*p $\leq$ 0.05

จากตารางที่ 9 พบว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่า 2.73 เมตรต่อวินาที และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่า 3.21 เมตรต่อวินาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเคลื่อนไหวขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ ในนักกีฬาว่ายน้ำชาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในกลุ่มอายุ 19-25 ปี จำนวน 13 คน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่เคยแข่งขัน ในท่าฟรีสไตล์ (Freestyle), ท่ากบ (Breaststroke), ท่าผีเสื้อ (Butterfly) หรือ ท่าเดี่ยวผสม (Individual Medley) ในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำหรือแข่งขันกีฬาว่ายน้ำมาอย่างน้อย 3 ปี และฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม (Track Start) เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดีปราศจากโรค และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บ และสามารถเข้าร่วมการทดลองได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย โดยผู้ที่เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับการทดลองการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม โดยทำการกระโดด 10 ครั้งที่สมบูรณ์ (การกระโดดได้สมบูรณ์หมายถึง การกระโดดที่ได้ระยะที่กำหนดโดยที่กล้องทุกตัวสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์ทุกตัวได้โดยที่ ไม่มีมาร์กเกอร์ตัวใดหลุดจากตำแหน่งที่ติด หรือถูกบังโดยส่วนอื่นของร่างกาย โดยต้องได้รับการบันทึกทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อเลือกครั้งที่กระโดดได้ระยะทางใกล้ที่สุด จำนวน 1 ครั้ง และครั้งที่กระโดดได้ระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ จำนวน 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูล) โดยแต่ละครั้งเว้นระยะห่าง 5 นาที

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะทางในการกระโดด ความเร็วแนวราบขณะออกตัว มุมในการออกตัว ระยะเวลาในการลอยตัว มุมในการลงสู่น้ำ ระยะเวลาในการมุดน้ำ และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ระหว่างระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ ด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 13 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.31 ± 1.89 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 176.31 ± 7.54 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 74.10 ± 8.94 กิโลกรัม ดัชนีมวลกายเท่ากับ 23.83 ± 2.28 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ประสบการณ์ในการว่ายน้ำเท่ากับ 11.31± 2.87 ปี และระยะเวลาในการฝึกซ้อมต่อสัปดาห์เท่ากับ 106.92 ± 25.94 นาที

2. ค่าเฉลี่ยของระยะทางในการกระโดดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4. ค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. ค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

8. ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนมาติกส์ขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทางใกล้ที่สุด และระยะทางไกลที่สุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางคิเนเมติกส์ จากการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยของของระยะเวลาในการลอยตัว (Flight Time) ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จึงอภิปรายผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

ช่วงบนแท่นออกตัว (On-block phases)

1. ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ ค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ แอลป์ติดิน (Ahmet Alptekin, 2014) ที่พบว่า ระยะทางการกระโดดออกตัวที่ไกลกว่า เกิดขึ้นเมื่อ นักกีฬามีมุมในออกตัวที่สูงกว่า ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางในการกระโดด และมุมในออกตัว เนื่องมาจาก ระยะทางในการกระโดดออกตัวขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของนักกีฬาว่ายน้ำ (รูปร่าง และสัดส่วนของนักกีฬา) ความสามารถของนักกีฬา หรือความรู้ และประสบการณ์เกี่ยวกับเทคนิคในการกระโดดออกตัว (Lyttle & Benjanuvatra, 2005) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ระยะทางการกระโดดออกตัวที่แตกต่างกัน อาจจะเกิดจากลักษณะทางบุคคลในการจัดท่าทาง การจัดร่างกายขณะลอยตัว และขณะลงสู่น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ กีมารานช์ และเฮย์ (Guimaraes and Hay, 1985) กล่าวว่า ระยะทางการกระโดดออกตัว เป็นผลมาจาก แรงต้านทานในอากาศ การเรียนรู้ และประสบการณ์ ท่าทางในขณะที่นักกีฬาลอยตัว ดังนั้น จากผลการวิจัยนี้ อาจสรุปได้ว่า เนื่องจากนักกีฬาที่เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้จัดเป็นกลุ่มนักกีฬาที่ผ่านการแข่งขันขั้นต่ำในระดับมหาวิทยาลัย และได้รับการฝึกฝนการกระโดดน้ำเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้นักกีฬามีรูปแบบการจัดร่างกายขณะกระโดดน้ำที่ระยะทางใกล้ และระยะทางไกลไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ท่าทางการกระโดดออกตัวในช่วงบนแท่นออกตัวของทั้งสองระยะทาง จึงมีท่าทางในการกระโดดที่ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ช่วงก่อนลงน้ำ (Flight Phases)

2. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัว ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด เนื่องมาจาก ระยะทางการกระโดดที่ไกลขึ้น นำไปสู่ช่วงเวลาตั้งแต่เท้าออกจากบล็อกจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำที่สั้นลง (Holmes et al., 2013) สอดคล้องกับ เมอร์เรล และดรากูร์แนส (Murrell and Dragunas, 2012) กล่าวว่า การออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่มีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดดจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำที่สั้นกว่า ทำให้มีช่วงเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่า เนื่องมาจาก การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลขณะกระโดดมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าที่มากกว่า จึงทำให้มีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดด และช่วงเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่า มีเวลาการเคลื่อนไหว และเวลาปฏิกิริยาที่เร็วกว่า (Yu Lee, Fu Huang and Wen Lee, 2012) และสอดคล้องกับ อิสเซอริท และเวอร์บิสกี้ (Issurin & Verbitsky, 2003) กล่าวว่า การที่นักกีฬาว่ายน้ำสามารถย้ายจุดศูนย์กลางของมวลไปข้างหน้าเหนือน้ำได้มากกว่า ทำให้การออกตัวมีระยะทางในช่วงการออกตัวจากแท่นกระโดดที่สั้นกว่า ทำให้มีเวลาปฏิกิริยา เวลาในการออกจากแท่นกระโดดที่เร็วกว่า ส่งผลให้มีระยะเวลาในการลอยตัวที่สั้นกว่า การออกตัวจากแท่นกระโดดที่ระยะทางไกลกว่า เมื่อมีเวลาปฏิกิริยา และเวลาในการออกจากแท่นกระโดดที่เร็วกว่าส่งผลให้ มีระยะเวลาในการลอยตัวที่สั้นลง (Cossor and Mason, 2000; Blanksby et al., 2002) ความสัมพันธ์นี้มีความสำคัญกับผู้ฝึกสอนสำหรับใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการออกตัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของผลการวิจัยที่ว่า ระยะทางในการกระโดดออกตัว และระยะเวลาในการลอยตัวมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ระยะทางการกระโดดออกตัวที่ไกลขึ้นนำไปสู่ช่วงเวลาตั้งแต่เท้าออกจากบล็อกจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ระยะทางการกระโดดออกตัวที่สั้นลงนำไปสู่ช่วงเวลาตั้งแต่เท้าออกจากบล็อกจนกระทั่งมือของนักกีฬาสัมผัสผิวน้ำที่สั้นลง (Galbraith et al., 2008) สอดคล้องกับ แซนเดอร์ (Sanders, 2013) กล่าวว่า ช่วงเวลาในการลอยตัวของนักกีฬาขึ้นอยู่กับความเร็วแนวราบขณะออกตัว และระยะทางในการออกตัวของนักกีฬา กีมารานช์ และเฮย์ (Guimaraes and Hay, 1985) กล่าวว่า ระยะเวลาในการลอยตัวของนักกีฬาว่ายน้ำเป็นผลมาจาก ความเร็วแนวราบขณะออกตัว ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลของนักว่ายน้ำ ระยะทางในการออกตัวของนักกีฬา และประสบการณ์ ท่าทางในขณะที่ลอยตัว ซึ่งระยะเวลาในการลอยตัวที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.3-0.4 วินาที สอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการลอยตัวที่มากกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.33 วินาที และมีค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบขณะออกตัวที่มากกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 วินาที ส่งผลให้การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด มีความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่มากกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 วินาที ซึ่งมากกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด 17.58% ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ระยะทางในการกระโดดนอกจากจะขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการลอยตัวกลางอากาศแล้ว ยังอาจกล่าวได้ว่า ยังขึ้นกับวิถีการเคลื่อนที่ในอากาศด้วย โดยการกระโดดน้ำในระยะใกล้น่าจะมีวิถีการกระโดดในแนวเส้นตรง (Flat Start) เมื่อพุ่งลงสู่น้ำ ในขณะที่การกระโดดน้ำระยะไกลน่าจะมีวิถีการเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง (Pike Start) จึงใช้เวลาในการลอยตัวในอากาศมากกว่าการเคลื่อนที่ในวิถีตรง แต่เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ ไม่ได้บันทึกวิถีการเคลื่อนที่ขณะลอยตัวอยู่กลางอากาศจึงสันนิษฐานจากตัวแปรของการเคลื่อนไหว ซึ่งได้แก่ มุมขณะออกตัว เวลาในการลอยตัวกลางอากาศ มุมในการลงสู่น้ำ และเวลาในการมุดน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เคาเซิลแมน และคณะ (Counsilman et al., 1988) ที่กล่าวว่า การเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งจะส่งผลให้ใช้เวลาในการมุดน้ำน้อยกว่าวิถีในแนวเส้นตรง

3. ค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุดมีค่าเฉลี่ยของมุมในการลงสู่น้ำที่มากกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด เนื่องมาจาก รูปแบบการเคลื่อนที่ของการกระโดดน้ำ ตั้งแต่ การกระโดดออกตัวจนกระทั่งลงสู่น้ำ มีความคล้ายคลึงกันกับหลักของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์มาก โดยมุมในการออกตัว และความเร็วในการออกตัว ที่เพิ่มขึ้นหรือน้อยลง ทั้งในแนวราบ และแนวตั้ง เป็นไปตามหลักโพรเจคไทล์ ซึ่งมุมในการกระโดดออกตัวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ระยะทางในการกระโดดที่ไกลขึ้นทั้งในแนวราบ และแนวตั้ง จากมุมมองนี้ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน เมื่อมุมในการลงสู่น้ำเพิ่มขึ้น นักว่ายน้ำจะกระโดดออกตัวสูงขึ้น ดังนั้น ระยะทางในการลอยตัวในอากาศจะน้อยลง ซึ่งหมายถึง ระยะทางรวมในการกระโดดจะน้อยลง (Alptekin, 2014) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ สลอว์สัน และคณะ (Slawson et al., 2013) ที่ได้ศึกษาพบว่า การกระโดดลงน้ำได้ไกลขึ้น ไม่ได้หมายความว่าประสิทธิภาพในการออกตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Start Performance) ของนักกีฬาจะดีขึ้นเสมอไป เนื่องจากการกระโดดลงน้ำได้ไกลขึ้นจะช่วยเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องทำให้วงน้ำขณะที่นักกีฬาลงน้ำ (Entry Hole) ขยายกว้างขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงลากเพิ่มขึ้น และวิถีในการลงน้ำของนักกีฬาจะเป็นแบบราบ (Flatter Trajectory) ส่งผลให้ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของมุมในการออกตัวที่สูงกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ ถึงแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญ แต่มุมในการลงสู่น้ำของการกระโดดระยะไกลแสดงค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การกระโดดน้ำระยะทางใกล้ และการกระโดดน้ำระยะทางไกลน่าจะมีวิถีการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาในการลอยตัวในอากาศ โดยการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด น่าจะมีลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง (Pike Start) ซึ่งทำให้มีมุมในการลงสู่น้ำที่เล็กกว่า ด้วยความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูง เนื่องจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง (Gravity force) (Kirner et al., 1989)

ช่วงลงสู่น้ำ (Water Entry Phase)

4. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการมุดน้ำที่สั้นกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด เนื่องมาจาก มุมในการลงสู่น้ำที่ต่ำกว่า ของการกระโดดระยะไกล มีลักษณะเป็นมุมแหลม แสดงให้เห็นว่าลักษณะการจัดระเบียบร่างกายขณะแทรกตัวผ่านกระแสน้ำของนักกีฬาที่จะก่อให้เกิดปริมาณแรงลากด้านหลัง อยู่ในลักษณะเพรียวน้ำ (Tomothy, Russel and Sean, 2015) จากลักษณะการจัดระเบียบร่างกายลักษณะนี้ทำให้ลดแรงลาก (Drag force) ที่เกิดจากน้ำกระทำกับร่างกาย ส่งผลให้ระยะเวลาในการมุดน้ำนั้นสั้นลง (Costill et al., 1992: Kirner et al., 1989) ดังนั้น การมุดน้ำให้เร็วที่สุด จึงควรจัดระเบียบร่างกายโดยให้เกิดองศาในการมุดน้ำที่น้อย เพื่อลดแรงลากจากผิวน้ำเพื่อให้ร่างกายทั้งหมดลงสู่น้ำให้เร็วที่สุด

5. ค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการทดลองพบว่า การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีค่าเฉลี่ยของความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงกว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตามระยะทางใกล้ที่สุด เนื่องมาจาก การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดน่าจะมีลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง (Pike Start) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat Start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการลงสู่น้ำ (Entry Angle) ได้ดีกว่า อีกทั้งนักกีฬายังมีระยะเวลาในการลอยตัว (Flight Time) ที่นานกว่า ในการส่งแรงเพื่อพุ่งตัวลงน้ำ นอกจากนั้นลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่า ซึ่งการกระโดดที่มีลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้งนี้จะส่งผลให้ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำสูง (Counsilman et al., 1988) จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงกว่าการกระโดดออกตัวระยะทางใกล้ ซึ่งความเร็วแนวราบในการมุดน้ำจะเป็นความเร็วเริ่มต้นของการว่ายน้ำใต้น้ำ ดังนั้นแรงส่งที่มากย่อมส่งผลให้การว่ายน้ำใต้น้ำสามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วยิ่งขึ้น (Benjanuvatra et al., 2007; Vantorre et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงกว่าการกระโดดออกตัวระยะทางใกล้ ซึ่งความเร็วแนวราบในการมุดน้ำจะเป็นความเร็วเริ่มต้นของการว่ายน้ำใต้น้ำ ดังนั้นแรงส่งที่มากย่อมส่งผลให้การว่ายน้ำใต้น้ำสามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วยิ่งขึ้น (Benjanuvatra et al., 2007; Vantorre et al., 2010) ดังนั้นเพื่อให้การกระโดดออกตัวมีประสิทธิภาพสูงสุดควรมีระยะในการกระโดดออกตัวไกลที่สุดเท่าที่สามารถกระโดดได้ ซึ่งจะประมาณ 2 เท่าของความสูงของนักกีฬา ซึ่งสอดคล้องกับ รัสเชล และคณะ (Ruschel et al., 2007) ที่กล่าวไว้ว่า ระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ (Flight Distance) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกตัว ดังนั้นหากนักกีฬาต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกตัว นักกีฬาควรจะเพิ่มประสิทธิภาพในช่วงขณะลงน้ำด้วยการเพิ่มระยะทางที่ใช้ในช่วงขณะลงน้ำ

2. จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าความเร็วแนวราบขณะออกตัว และมุมในการออกตัวระหว่างการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางใกล้ที่สุด และการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดไม่มีความแตกต่างกัน กล่าวได้ว่า ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วแนวราบขณะออกตัว และมุมในการออกตัว แต่น่าจะขึ้นอยู่กับวิถีการเคลื่อนที่ในอากาศ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรวางโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อให้นักกีฬามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางของร่างกาย และฝึกการควบคุมการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับการจัดท่าทางของร่างกายขณะลอยตัวในอากาศ และขณะลงสู่น้ำ

3. มุมในการออกตัวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.00 ± 5.42 องศา จะมีลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง (Pike Start) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบราบ (Flat Start) เนื่องจากช่วยให้นักกีฬาทำมุมในการลงสู่น้ำ (Entry Angle) ได้ดีกว่า อีกทั้งนักกีฬายังมีระยะเวลาในการลอยตัว (Flight Time) ที่นานกว่า ในการส่งแรงเพื่อพุ่งตัวลงน้ำ นอกจากนั้นลักษณะของลำตัวขณะกระโดดลงน้ำแบบโค้ง จะช่วยให้นักกีฬาสามารถลงน้ำได้เร็วกว่า ซึ่งการกระโดดที่มีประสิทธิภาพนี้จะส่งผลให้ความเร็วแนวราบในการมุดน้ำสูง (Counsilman et al., 1988)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. การกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุดมีความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงกว่าการกระโดดออกตัวระยะทางใกล้ ซึ่งการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระยะทางไกลที่สุด มีระยะเวลาในการมุดน้ำที่สั้นกว่า มีมุมในการลงสู่น้ำที่น้อยกว่า (มุมแหลม) การกระโดดออกตัวระยะทางใกล้ ทำให้ในการกระโดดออกตัวมีระยะเวลาในการลอยตัวประมาณ 0.33 ± 0.06 วินาที สอดคล้องกับผลการศึกษาของ กีมารานช์ และเฮย์ (Guimaraes & Hay, 1985) ที่กล่าวไว้ว่า ระยะเวลาในการลอยตัวที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.3-0.4 วินาที ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรวางโปรแกรมการฝึกซ้อมเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวขณะลอยตัว การจัดท่าทางขณะลอยตัว และการจัดท่าทางลงสู่น้ำให้อยู่ในท่าเพรียวน้ำ (มุมแหลม) โดยมุมในการลงสู่น้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 33.62 ± 4.05 องศา ซึ่งจะทำให้นักกีฬามีความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงขึ้น และมีระยะเวลาในการมุดน้ำที่สั้นลง ดังที่ เทรมเบลย์ และฟีลเดอร์ (Trembley & Fielder, 2001) ได้กล่าวไว้ว่า การออกตัวที่ดีที่สุดจะต้องออกจากแท่นกระโดดได้อย่างรวดเร็ว, มีระยะทางการลอยตัวในอากาศที่เหมาะสม, มีวิถีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง, และสามารถลงสู่น้ำได้อย่างรวดเร็วในมุมที่เหมาะสม ทำให้มีความเร็วใต้น้ำที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรได้มีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น มุม การเคลื่อนไหว และท่าทางของร่างกายขณะลอยตัวในอากาศ เพื่อให้ผลการวิจัย ออกมาใกล้เคียงกับการว่ายน้ำจริง

2. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสรีรวิทยากับความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ เช่น สัดส่วนของแขนต่อความสูงของนักกีฬา องค์ประกอบของร่างกาย เป็นต้น เพื่อใช้ในการอธิบายกลไกของร่างกายได้ดียิ่งขึ้น

3. อาจทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติมระหว่างความสูงในการกระโดดของนักกีฬากับวิถีในการลงน้ำ (Trajectory) และความเร็วแนวราบในการมุดน้ำ เพื่อเป็นการศึกษาถึงวิถีการลงน้ำที่ทำให้เกิดความเร็วแนวราบในการมุดน้ำที่สูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

แวน วัณณะพันธ์. (2542). การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรูญ มีสิน. (2548). ความปลอดภัยทางน้ำและการช่วยเหลือคนตกน้ำ: กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธรรมศาสตร์ วิสุทธารมณ์. (2557). การแยกแยะท่าทางของมนุษย์โดยใช้กล้อง *Kinect* คณะเทคโนโลยสีารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยพีระจอมเกล้าธนบุรี

วีระ มนัสวานิช. (2545). เทคนิคการว่ายน้ำ สำหรับนักว่ายน้ำ ครูและผู้สอน: กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2544). ชีวกลศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา. (2557). การประยุกต์วิทยาศาสตร์การกีฬา สำหรับฝึกนักกีฬาว่ายน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วีรวรรณ พริ้นติ้งค์ แอนด์ แพ็คเก็จจิ้ง

ภาษาอังกฤษ

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

Alves, F. (1993). Analysis of swimming Races. *Journal of biomechanics,* 42(9), 88-89.

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.

Canton-Ferrer, C., Casas, J. R., & Pardas, M. (2009, November 7-10). *Towards a low cost multi-camera marker based human motion capture systeme.* Paper presented at the 2009 16th IEEE International Conference Cairo, Egypt.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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.

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

Galbraith, H., Scurr, J., Hencken, C., Wood, L., & Graham-Smith, P. (2008). Biomechanical comparison of the track start and the modified one-handed track start in competitive swimming: an intervention study. *Journal of Applied Biomechanics,* 24(4), 307-315

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.

Holmes, C. (2013). *Kinematic and kinetic differences in track and grab starts, between age-group, senior and masters swimmers*. Retrieved from Faculty of Health and Life Sciences, Coventry University:

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 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

Issurin, V., & Verbitsky, O. (2003). *Track start and grab start: evidence from the Sydney Olympic Games.* Paper presented at the Biomechanics and Medicine in Swimming IX, SaintEtienne, University of Saint-Etienne.

Jorgić, B., Puletić, M., Stanković, R., Okičić, T., Bubanj, S., & Bubanj, R. (2010). The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. *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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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 29 January 2017 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, USA

Miller, M., Allen, D., & 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* (pp. 231-235). Saint-Etienne, University of Saint-Etienne.

Murrell, D., & Dragunas, A. (2012). A Comparison of Two Swimming Start Techniques from the Omega OSB11 Starting Block *Western Undergraduate Research Journal: Health and Natural Sciences,* 3. doi:10.5206/wurjhns.2012-13.1

Ruschel, C., Araujo, L., Pereira, S., & Roesler, H. (2007). *Kinematical analysis of the swimming start block, flight and underwater phases*. Paper presented at the XXV ISBS Symposium, Ouro Preto, Brazil.

Rutemiller, B. (1995). Taper basic: Fine tuning starts and turns. In S. Technique (Ed.), (pp. 14-18).

Sanders, R. (2013). How do asymmetries affect swimming performance? . *Journal Swimming Research,* 21(1).

Shin, I. S., & Groppel, J. L. (1986). A comparison of the grab start and track start as utilized by competitive swimmers. In D. L. Landers (Ed.), *Sport and elite performers Champaign: Human Kinetics* (pp. 171-175).

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

block and footrest components of the Omega OSB11 start blocks. *Journal of Sports Sciences,* 31(5), 468-478.

Torab, E., Peasea, D. L., & Ballb, K. A. (2014). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance *Journal of Sports Sciences Publication details, including instructions for a*. doi:10.1080/02640414.2014.990486

Trembley, J., & Fielder, G. (2001). Starts, turns and finishes. In *The Swim Coaching Bible* (pp. 189-206).

Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical Analysis of the Swim-Start: A Review. *Sports Science and Medicine,* 13(2), 223-231.

Vítor, M., e Jesus, K., Mourão, L., Tribuzi, S., Gonçalves, P., Marques, M., . . . Fernandes, R. (2016). Integrated dynamometric, kinematic and electromyographic characterisation of a swimming track start block phase: a pilot study. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine,* 15(16), 5–14.

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.

Wong, C., Zhang, Z., Kwasnicki, R., Liu, J., & Z., Y. G. (2012, May 9-12). *Motion Reconstruction From Sparse Accelerometer Data Using PLSR.* Paper presented at the Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN), 2012 Ninth International Conference, London, England.

Yonemoto, S., Matsumoto, A., Arita, D., & Taniguchi, R. I. (1999, September 27-29). *A real-time motion capture system with multiple camera fusion.* Paper presented at the Image Analysis and Processing, International Conference, Venice, Italy.

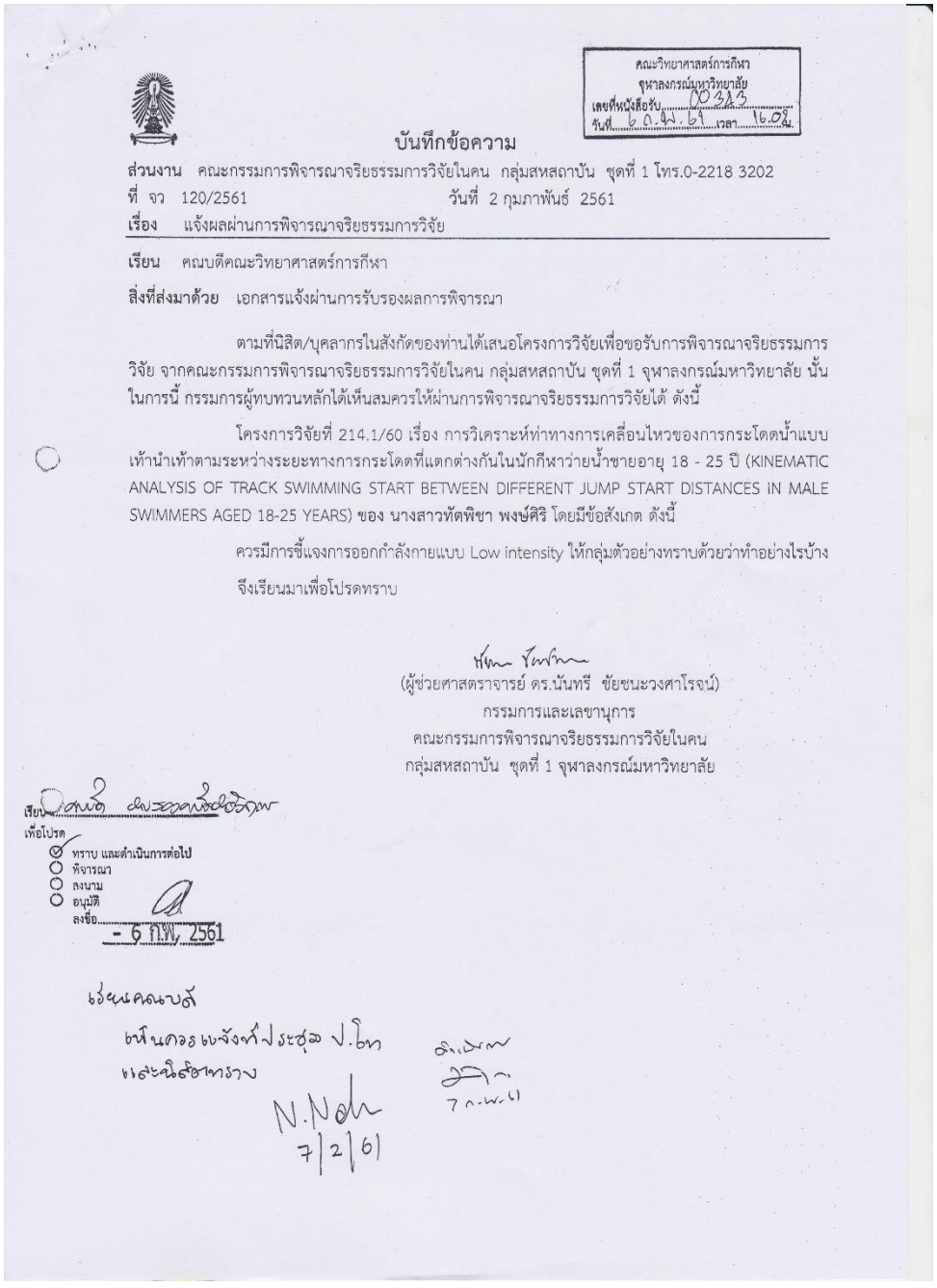
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 0313
วันที่ 6 ก.พ. 61 เวลา 16.02

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 120/2561 **วันที่** 2 กุมภาพันธ์ 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 214.1/60 เรื่อง การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18 - 25 ปี (KINEMATIC ANALYSIS OF TRACK SWIMMING START BETWEEN DIFFERENT JUMP START DISTANCES IN MALE SWIMMERS AGED 18-25 YEARS) ของ นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ โดยมีข้อสังเกต ดังนี้

ควรมีการชี้แจงการออกกำลังกายแบบ Low intensity ให้กลุ่มตัวอย่างทราบด้วยว่าทำอย่างไรบ้าง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรียน คณบดี
เพื่อโปรด
☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
○ พิจารณา
○ ลงนาม
○ อนุมัติ
ลงชื่อ
- 6 ก.พ. 2561

รองคณบดี
หัวหน้างานบริการวิชาการ
7/2/61

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 029/2561

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 214.1/60 : การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18 - 25 ปี

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 2 กุมภาพันธ์ 2561 **วันหมดอายุ** : 1 กุมภาพันธ์ 2562

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

ชื่อผู้วิจัย นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์มือถือ 080-5337856 E-mail : libero_bb@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้

1. เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดที่ระยะทาง 1.50 และ 2.0 เท่าของความสูง

2. เพื่อเปรียบเทียบท่าทางการเคลื่อนไหวขณะกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามจากแท่นกระโดดระหว่างระยะทางการกระโดด 1.50 และ 2.0 เท่าของความสูง

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย สังกัดชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น หรือชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ อายุระหว่าง 18-25 ปี ทั้งหมด 15 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง

<u>เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)</u>

1.เป็นนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี สังกัดชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น หรือชมรมว่ายน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ ที่เคยแข่งขัน ในท่าฟรีสไตล์ (Freestyle), ท่ากบ (Breaststroke), ท่าผีเสื้อ (Butterfly) หรือ ท่าเดี่ยวผสม (Individual Medley) ในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า ที่มีการจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการอย่างน้อย 1 ครั้ง

2.มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำหรือแข่งขันกีฬาว่ายน้ำมาอย่างน้อย 3 ปี และฝึกซ้อมไม่น้อยกว่า ประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3.มีความถนัดในการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตาม (Track Start)

4.เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดีปราศจากโรค และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บ

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60

ได้รับรอง - 2 ก.พ. 2561

วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

AF 04-07

5.ในกรณีที่มีนักกีฬาที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกมากกว่า 15 คน จะคัดตามสถิติผลการแข่งขันในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา 15 คนแรกที่มีผลการแข่งขันสูงสุด

6.มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ และลงชื่อในใบยินยอมในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

2. มีเหตุให้กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบตามรูปแบบที่กำหนด

เกณฑ์ยุติการเข้าร่วมวิจัย (Subject withdrawal criteria)

1.กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วยกะทันหัน เป็นต้น

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยประสานงานกับประธานชมรม และอาจารย์ที่ปรึกษาชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น และชมรมว่ายน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ เพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง *จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยทำการตอบแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 5 นาที* เพื่อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกนักกีฬาเข้าร่วมวิจัย เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้วผู้วิจัยทำการอธิบายชี้แจงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดก่อนการทดสอบจริง แก่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้รับทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการทดสอบ รวมทั้งเหตุผลที่เชิญเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียด จนกระทั่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเข้าใจอย่างชัดเจน และให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลงนามในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนัดกลุ่มตัวอย่างเข้ามารับการทดลอง ณ สระว่ายน้ำมาตรฐานความยาว 50 เมตร โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการทดสอบด้วยตนเอง โดยการวิจัยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.*ท่านจะถูกเก็บข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย*

2.ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทั้งหมด 6 ท่า ท่าละ 60 วินาที

3.*ท่าน*จะได้รับการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) *ทั้งหมด 18 จุด* โดยทำความสะอาดตำแหน่งที่ต้องการติดมาร์กเกอร์ก่อน และทำการติดมาร์กเกอร์ที่ตำแหน่ง Vertex of the Skull, T7 (Thoracic Spine Vertebra 7), Both side of Mid axillary line (½ between iliac crest & axillary), Anterior Superior Iliac Spine (ASIS), Tip of iliac crest, Greater Trochanter, Lateral Femoral Epicondyle, Calcaneus, Lateral Malleolus และ Head of the fifth Metatarsal โดยผู้วิจัยจะทำการติดมาร์กเกอร์ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมวิจัยด้วยตัวเอง ยกเว้นบริเวณตำแหน่งที่มีความล่อแหลม เช่น ตำแหน่ง Anterior Superior Iliac Spine (ASIS), Tip of iliac crest และGreater Trochanter เป็นต้น ผู้วิจัยจะให้ผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นเพศชาย ทำการติดมาร์กเกอร์ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมวิจัย ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้วิจัย

4.*ท่าน*จะกระโดดออกตัวแบบเท้านำเท้าตามที่ระยะการกระโดด 1.50 *และ* 2.0 เท่าของความสูงของตนเอง ± 20 เซนติเมตร ด้วยความเร็วในการกระโดดออกตัวสูงสุด

AF 04-07

5.*ท่านจะต้องทำการปฏิบัติรูปแบบละ 5 ครั้ง โดยพักระหว่างครั้งของการกระโดดเป็นเวลา 5 นาที* และการกระโดดแต่ละระยะมีเวลาห่างกัน 10 นาที โดยระหว่างพักสามารถออกกำลังกายระดับ low intensity ตามความถนัดของนักกีฬาแต่ละคน รวมเวลาการทดสอบประมาณ 60 นาที

6.ทำการดูลดาวน์โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทั้งหมด 6 ท่า ท่าละ 60 วินาที

6. ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทั้งกายและจิตให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

7. หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บ ได้รับอันตราย หรืออาการแสดงที่อาจมีผลต่อร่างกายในระหว่างการทดลองให้หยุดการทดลองทันที และนั่งพักสังเกตอาการในเบื้องต้น ทั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบโดยเร็ว โดยผู้วิจัยได้มีการเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อช่วยในการปฐมพยาบาล ในกรณีที่อาการไม่ดีขึ้น ผู้วิจัยจะทำการส่งต่อ ณ *สถานพยาบาลใกล้เคียง คือ โรงพยาบาลวิชัยยุทธ* ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม และ*ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการออกค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งหมด* นอกจากนี้ผู้วิจัยมีแนวทางการป้องกัน คือ ตรวจเช็คอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใด ๆ ที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย และระมัดระวังในการทำวิจัยทุกขั้นตอน

8. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อตัวนักกีฬาเป็นแนวทางในการปฏิบัติในการฝึกซ้อมและการแข่งขันเพื่อเตรียมความพร้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและการแข่งขันให้แก่นักกีฬา และเป็นทางเลือกให้นักกีฬา และผู้ฝึกสอนตลอดจนบุคคลที่สนใจได้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่มีผลอันใดต่อการพิจารณาในการคัดเลือกเป็นนักกีฬาเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยหรือการแข่งขันระดับสากล

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน *เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลายทิ้งไป*

12. การวิจัยครั้งนี้มีการจ่ายค่าเดินทาง และค่าชดเชยการเสียเวลาให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 250 บาทต่อคน และ*มีผ้าเช็ดตัวเป็นของที่ระลึกมอบให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย* นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมน้ำดื่มและอาหารว่างสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

13. "หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th"

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60

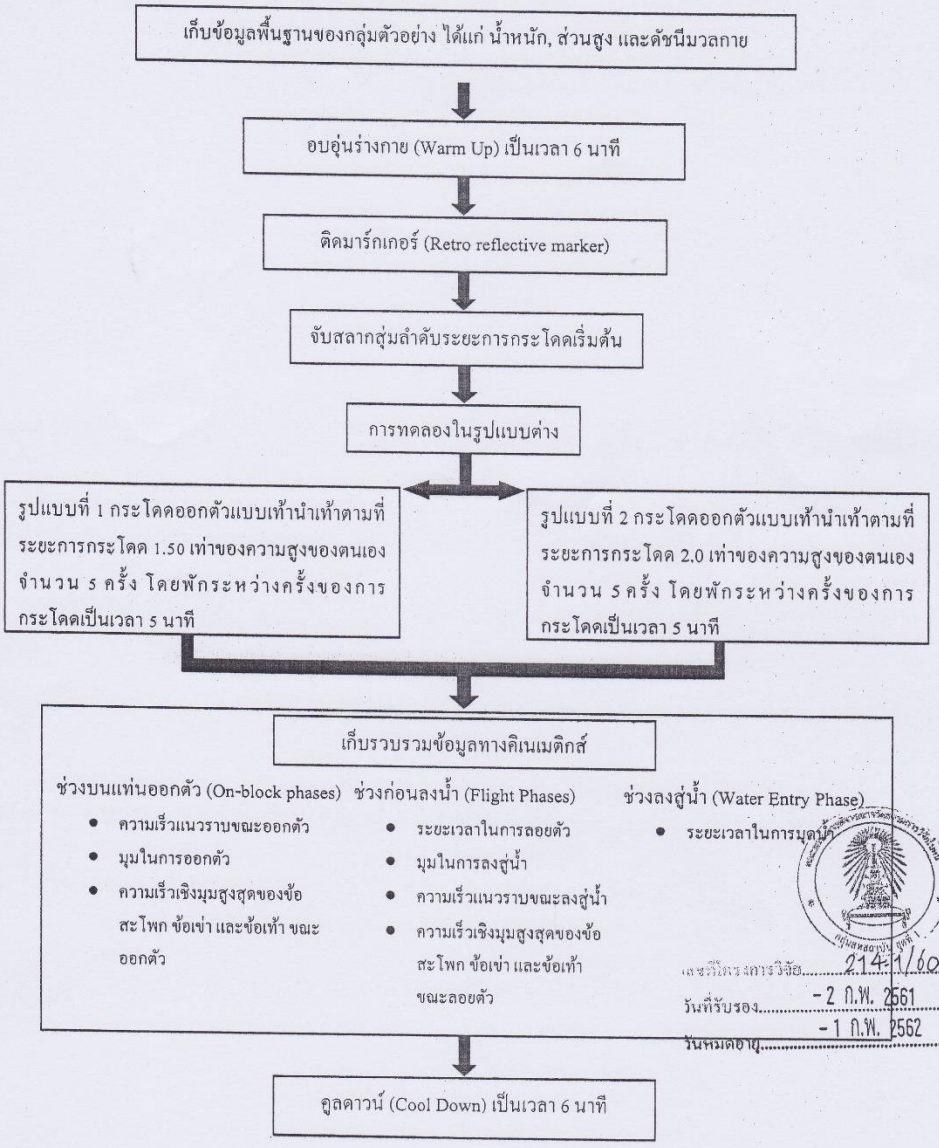
วันที่รับรอง -2 ก.พ. 2561

วันหมดอายุ 3/3 -1 ก.พ. 2562

V.2.4/2558

AF 04-07

แผนภูมิขั้นตอนการวิจัย

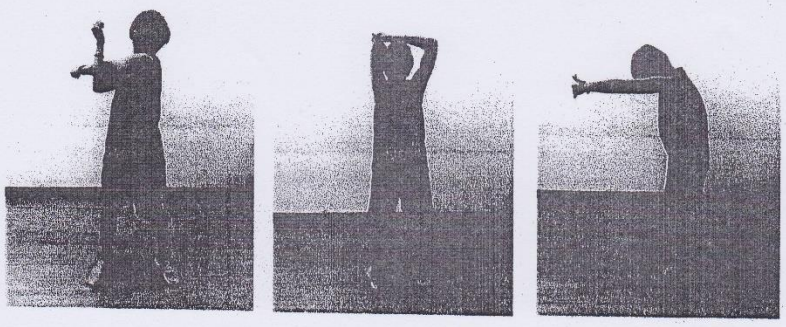


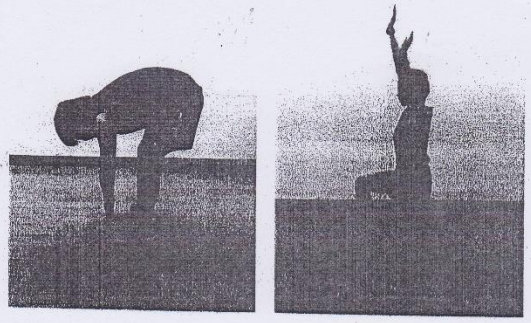
เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

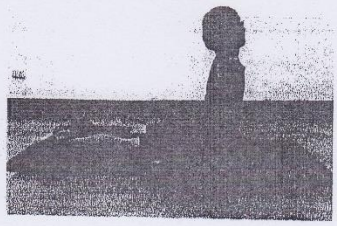
หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างคนเดียวกันปฏิบัติทั้ง 2 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจะเว้นระยะห่าง 10 นาที

AF 04-07

ภาพประกอบการทดลอง







ภาพแสดงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งหมด 6 ท่า ท่าละ 60 วินาที

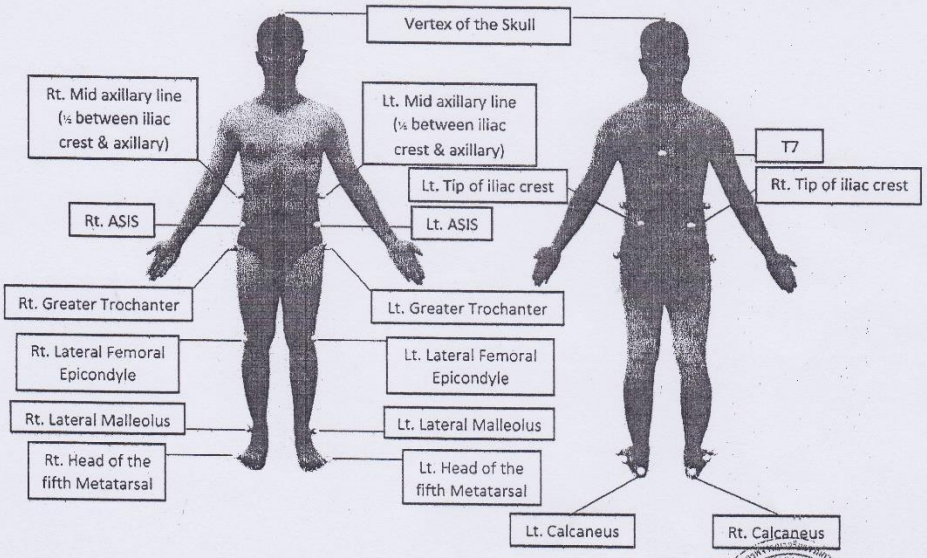
เลขที่โครงการวิจัย 214.160

วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561

วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

V.2.4/2558

AF 04-07



ภาพแสดงตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) ทั้งหมด 18 จุด

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

V.2.4/2558

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

ชื่อผู้วิจัย นางสาวทัดพิชา พงษ์ศิริ

ที่อยู่ที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 080-5337856 E-mail : libero_bb@hotmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม เข้าร่วม*การทดสอบ*ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันที่ระยะการกระโดด 1.50 *และ* 2.0 เท่าของความสูงของตนเอง ± 20 เซนติเมตร ด้วยความเร็วในการกระโดดออกตัวสูงสุด โดยปฏิบัติรูปแบบละ 5 ครั้ง พักระหว่างครั้งของการกระโดดเป็นเวลา 5 นาที และการกระโดดแต่ละระยะมีเวลาห่างกัน 10 นาที โดยระหว่างพักสามารถออกกำลังกายระดับ low intensity ตามความถนัดของตนเอง รวมเวลาการทดสอบประมาณ 60 นาที โดยจะ*ทดสอบ* ณ สระว่ายน้ำมาตรฐานความยาว 50 เมตร โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย

ข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็น**ความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และ*เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้าในการวิจัยจะถูกทำลายทิ้งไป*

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3982

E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60

วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561

วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

V.2.4/2558

AF05-07

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

เอชที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

V.2.4/2558

ภาคผนวก ก

แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

วันที่.. ...../...../..... รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

อายุ.....ปี.....เดือน.....วัน

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ดัชนีมวลกาย (BMI) น้ำหนักตัว (กก.)/ส่วนสูง (ม.^{2}).....

ปัจจุบันสังกัด ☐ ชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น

☐ ชมรมว่ายน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

☐ ชมรมว่ายน้ำมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ โปรดระบุ.....

.....

ประเภทที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ฟรีสไตล์ (Freestyle)

☐ กบ (Breaststroke)

☐ ผีเสื้อ (Butterfly)

☐ เดี่ยวผสม (Individual Medley)

ประสบการณ์ในการว่ายน้ำ.....ปี

ปัจจุบัน ฝึกซ้อมว่ายน้ำ.....ครั้ง/สัปดาห์ ประมาณวันละ.....นาที

ผลการแข่งขันสูงสุดในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา ได้แก่.....

.....

.....

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60
วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561
วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

ท่าการออกตัวที่ใช้ในการแข่งขัน ☐ การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start)
☐ การออกตัวแบบจับแท่น (Grab start)

2. ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย

2.1 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

2.2 ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อระดับรุนแรงจนได้รับการรักษาทางการแพทย์ที่มากกว่าการได้รับยาถูนวดหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุ).....

เมื่อใด (วัน/เดือน/ปี).....

2.3 ปัจจุบันท่านยังมีอาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการว่ายน้ำอยู่หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

3. สรุปคุณสมบัติ

☐ ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทั้งกายและจิตให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 214.1/60

*วันที่รับรอง - 2 ก.พ. 2561

วันหมดอายุ - 1 ก.พ. 2562

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

(นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ)

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โอคุส ควอลิซิส (Oqus Qualisys) ของบริษัท Qualisys Medical AB (Sweden)

2. มาร์กเกอร์ (Retro reflective marker)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. แผ่นป้ายแสดงระยะทางในการกระโดด

ภาคผนวก ค

แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวของการกระโดดน้ำแบบเท้านำเท้าตามระหว่างระยะทางการกระโดดที่ แตกต่างกันในนักกีฬาว่ายน้ำชายอายุ 18-25 ปี

วันที่...../...../..... รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

อายุ.....ปี.....เดือน.....วัน

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ดัชนีมวลกาย (BMI) น้ำหนักตัว (กก.)/ส่วนสูง (ม.^{2}).....

ปัจจุบันสังกัด ☐ ชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น

☐ ชมรมว่ายน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

☐ ชมรมว่ายน้ำมหาวิทยาลัยอื่น ๆ ในกรุงเทพฯ โปรดระบุ

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันในระดับสมาคม ชมรม มหาวิทยาลัย หรือระดับสูงกว่า (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ฟรีสไตล์ (Freestyle)

☐ กบ (Breaststroke)

☐ ผีเสื้อ (Butterfly)

☐ เดี่ยวผสม (Individual Medley)

ประสบการณ์ในการว่ายน้ำ.....ปี

ปัจจุบัน ฝึกซ้อมว่ายน้ำ.....ครั้ง/สัปดาห์ ประมาณวันละ.....นาที

ผลการแข่งขันสูงสุดในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา

ได้แก่.....

.....

.....

ท่าการออกตัวที่ใช้ในการแข่งขัน ☐ การออกตัวแบบเท้านำเท้าตาม (Track start)

☐ การออกตัวแบบจับแท่น (Grab start)

2. ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย

2.1 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ.....)

2.2 ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อระดับรุนแรงจนได้รับการรักษาทางการแพทย์ที่มากกว่าการได้รับยาถูนวดหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุ).....

เมื่อใด (วัน/เดือน/ปี).....

2.3 ปัจจุบันท่านยังมีอาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการว่ายน้ำอยู่หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ.....)

3. สรุปคุณสมบัติ

☐ ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทั้งกายและจิตให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

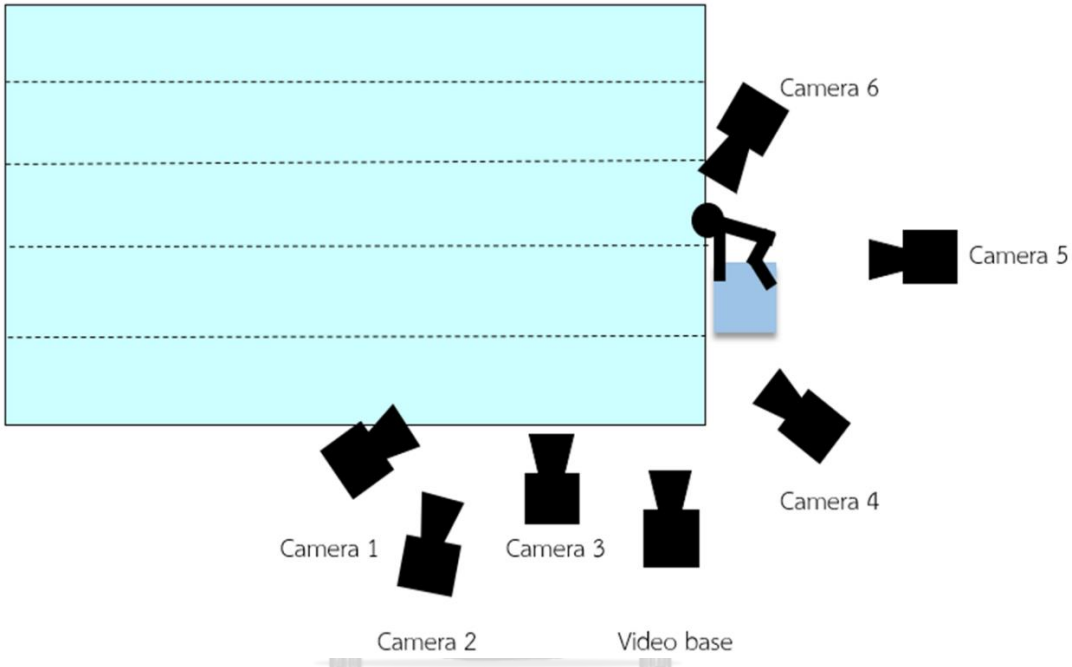
(นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

ตำแหน่งการวางกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

อุปกรณ์การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวประกอบด้วย กล้องจำนวน 7 ตัว เป็น Infrared base จำนวน 6 ตัว และ Video base จำนวน 1 ตัว



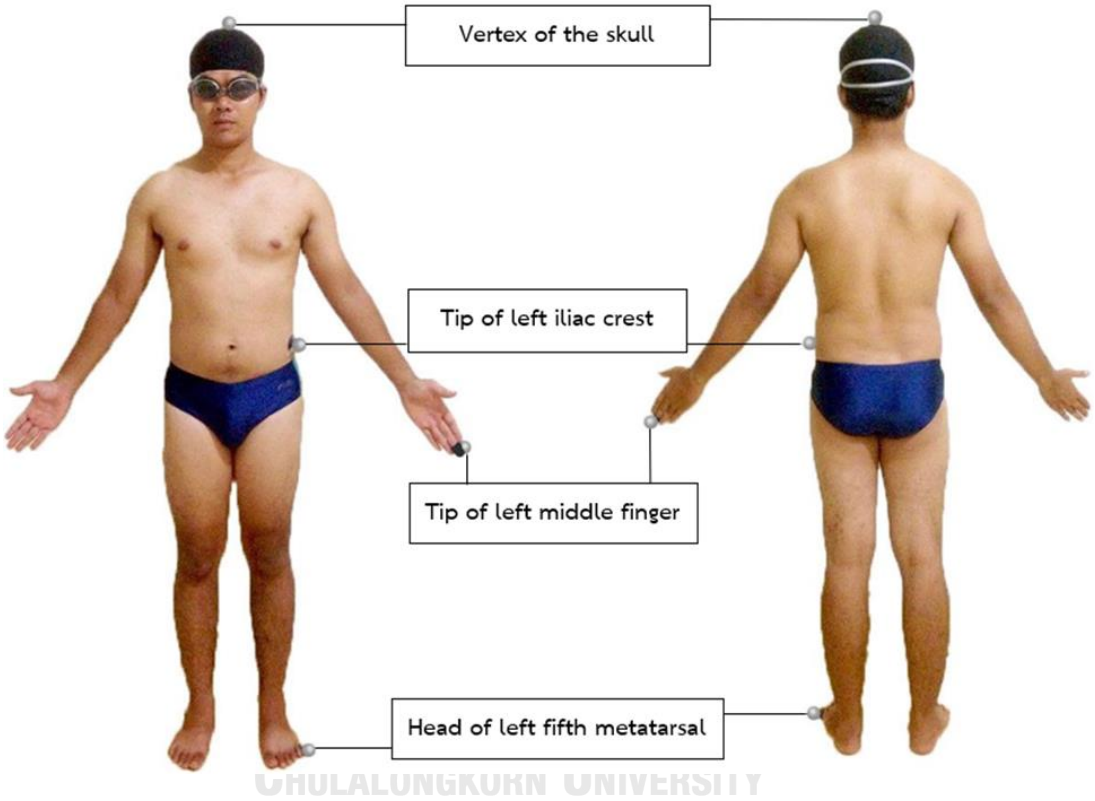
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 16 แสดงตำแหน่งการวางกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว
(แท่นกระโดดแบบไม่มี back plate ในลู่ว่ายที่ 2)

ภาคผนวก จ

ตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker)

ติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker) 4 ตำแหน่ง ได้แก่ตำแหน่ง Vertex of the skull, Tip of left middle finger, Tip of left iliac crest และ Head of left fifth metatarsal



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 17 แสดงตำแหน่งการติดมาร์กเกอร์ (Retro reflective marker)

ภาคผนวก ฉ

การอบอุ่นร่างกายและการคูลดาวน์

กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายก่อนทำการทดลอง และทำการคูลดาวน์ภายหลังการทดลอง โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทั้งหมด 6 ท่า โดยแต่ละท่าจะทำข้างละ 30 วินาที เป็นเวลา 6 นาที

ท่าที่ 1 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ท่าที่ 2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังแขน

ท่าที่ 3 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัง

ท่าที่ 4 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังขา

ท่าที่ 5 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น ขา ไหล่ และแขน

ท่าที่ 6 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

ภาพที่ 18 แสดงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ภาคผนวก ช

การศึกษานำร่อง (Pilot study)

ทำการศึกษานำร่องเพื่อหาระยะกระโดดในนักกีฬากลุ่มเป้าหมาย โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ส่วนสูง
2. วางแผ่นแสดงระยะทางบริเวณขอบสระ ติดตั้งกล้อง Video base จำนวน 1 ตัว บริเวณขอบสระทางด้านซ้ายของแท่นกระโดด โดยให้สามารถบันทึกภาพขณะลงน้ำและแผ่นวัดระยะทางในจอภาพ
3. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที (ภาคผนวก ง)
4. กลุ่มตัวอย่างยืนบนแท่นกระโดดด้วยตำแหน่งการยืนในท่าเริ่มต้นแบบเท้านำเท้าตาม โดยเท้าข้างหนึ่งวางที่ขอบด้านหน้าของแท่นกระโดดและเท้าอีกข้างหนึ่งวางอยู่บริเวณขอบด้านหลังของแท่นกระโดด ด้วยการจัดตำแหน่งมือทั้งสองจับอยู่ด้านหน้าของแท่นกระโดด (Rutemiller, 1995)
5. ออกคำสั่งปล่อยตัวให้กลุ่มตัวอย่างกระโดดออกตัวแบบเท้านำเท้าตามความถนัดของนักกีฬาแต่ละคน โดยพักระหว่างครั้งของการกระโดดเป็นเวลา 5 นาที กลุ่มตัวอย่างกลับมายืนอยู่บนแท่นกระโดดในท่าเริ่มต้น เพื่อรอคำสั่งปล่อยตัวต่อไป รวมเป็นการกระโดด 5 ครั้ง
6. ทำการคูลดาวน์โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นเวลา 6 นาที (ภาคผนวก ง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 19 แสดงระยะทางการกระโดดของนักกีฬา

ตารางที่ 10 ระยะทางที่นักกีฬากระโดดได้จากการศึกษานำร่อง

PILOT STUDY DATA							
รหัสนักกีฬา	ความสูงนักกีฬา (cm)	กระโดดครั้งที่ 1	กระโดดครั้งที่ 2	กระโดดครั้งที่ 3	กระโดดครั้งที่ 4	กระโดดครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
1	173	3.00	3.31	3.31	3.32	3.32	3.25
2	185	3.34	3.33	3.33	3.34	3.34	3.34
3	177	3.32	3.33	3.32	3.32	3.31	3.32
ค่าเฉลี่ย (Mean)	178.33						3.30
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	6.11						0.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ซ

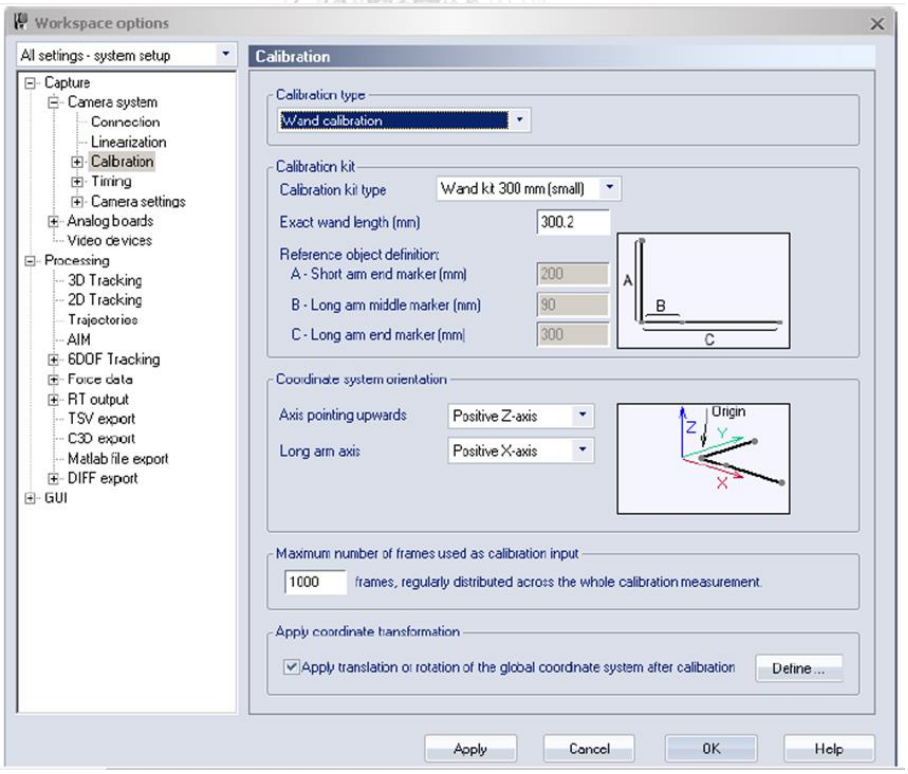
ขั้นตอนการทำ calibration

Calibration of the system

1. วางโครงสร้างการ calibration ใน measurement volume เพื่อให้กล้องทั้งหมดสามารถมองเห็น marker ทั้งสี่ตัวบนโครงสร้างการ calibration ได้

2. ตรวจสอบการตั้งค่าการ Calibration ในปุ่ม Project options โดยคลิก Project options ในเมนู จากนั้นคลิก Calibration ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ตั้งค่าทั้งหมดไว้ตามภาพดังต่อไปนี้แล้ว จากนั้นคลิก OK เพื่อกลับไปยังหน้าต่างแสดงตัวอย่าง

หมายเหตุ: ความยาวที่แน่นอนของ wand เป็นของแต่ละโครงสร้างการ calibration โดยการตรวจสอบแผ่นบน wand นั้น ก็เพื่อให้ได้ความยาวที่แน่นอนของ wand และเพื่อให้ป้อนค่าได้อย่างถูกต้อง



Wand calibration

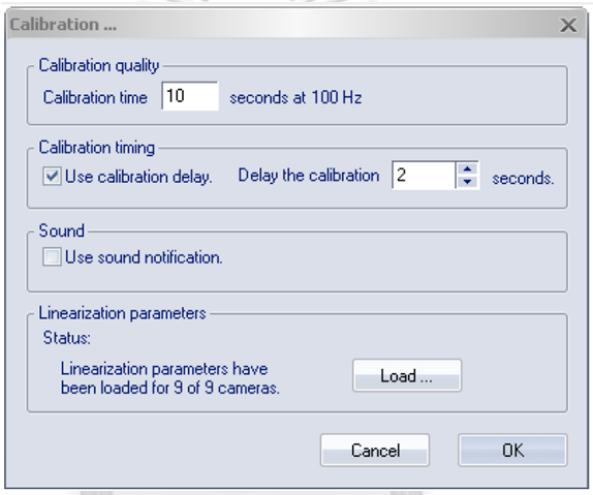
(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

หมายเหตุ: หากแทนที่ด้วย wand 750 การตั้งค่า Calibration kit type จะต้องเปลี่ยนแปลงด้วย

3. คลิกไอคอน Calibration หรือคลิก Calibrate ในเมนู Capture เพื่อเปิดไดอะล็อก Calibration

4. ตรวจสอบว่าได้ติดตั้งไฟล์ linearization ของกล้องไว้แล้วหรือไม่ โดยดูที่ส่วนบนของ Linearization parameters หากยังไม่ได้ติดตั้งไฟล์ คลิกที่ Load และทำตามคำแนะนำในบท "Linearization of the camera"

5. ป้อน calibration times 10 วินาทีลงใต้หัวข้อ Calibration quality จากนั้นคลิก OK เพื่อเริ่ม calibration capture สำหรับคำอธิบายเกี่ยวกับวิธีการ calibration ดูได้จากบท "Wand calibration method"

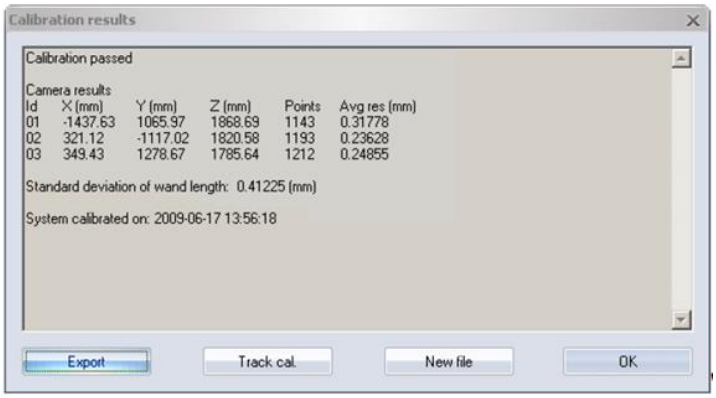


Calibration quality

(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

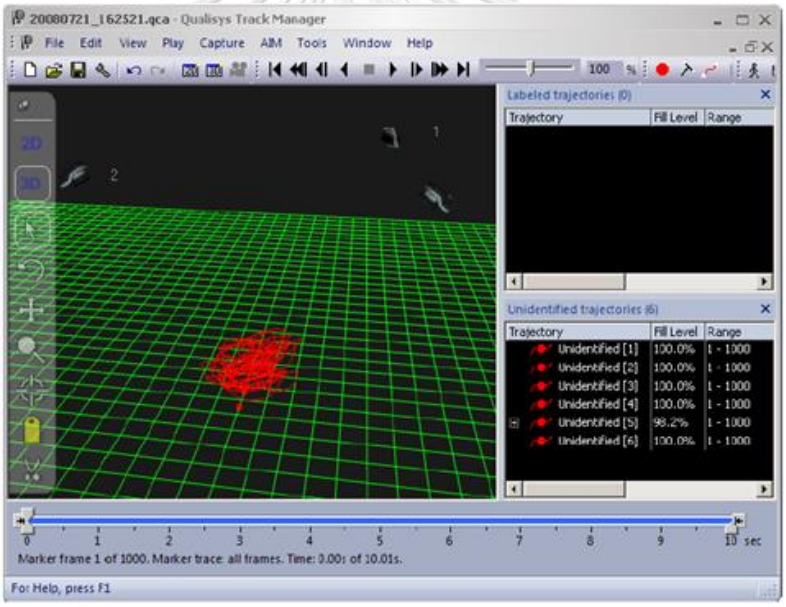
6. เมื่อการ calibration เสร็จสิ้น หน้าต่างที่มีผลการ calibration จะปรากฏขึ้น โดยผลการทดสอบจะแจ้งให้คุณทราบถึง calibration passed และผลการทดสอบบางอย่างของ calibration quality



Calibration results

(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

7. นอกจากนี้คุณยังสามารถดู measurement volume ได้โดยคลิก Track cal



Measurement volume

(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

8. ปิดไฟล์ calibration โดยการคลิก Close ในเมนู File และ Remove the calibration object ซึ่ง measurement volume จะได้รับการ calibration และการ measurement สามารถนำมาเริ่มต้นใหม่ได้

Calibration

การ Calibration ประกอบด้วยการตั้งค่าการ calibration ที่จำเป็นเพื่อให้เกิด correct calibration ซึ่งข้อมูลที่ถูกป้อนโดยทางอื่นจะทำให้ได้ข้อมูลการจับภาพเคลื่อนไหวที่ไม่มีคุณภาพเท่าที่ควร สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ calibration

Calibration type

เลือกประเภทการ calibration ที่จะใช้ โดยประเภทการ calibration ที่สนับสนุน ได้แก่ **Wand calibration, Frame calibration** และ **Fixed camera calibration** ซึ่งทั้งสามแบบได้อธิบายไว้ด้านล่างนี้

Wand calibration

Wand calibration ใช้การ calibration 2 แบบเพื่อการ calibration ระบบ หนึ่งคือโครงสร้างอ้างอิงแบบ L-shaped ซึ่งมี marker สี่ตัวติดอยู่ โครงสร้างแบบ stationary L (เรียกว่า reference object below) กำหนดจุดกำเนิดและการวางแนวของระบบในพิกัดที่จะใช้กับระบบกล้อง วัตถุที่ใช้ในการ calibration อื่น ๆ เรียกว่า calibration wand โดยประกอบด้วย marker สองจุดที่อยู่ห่างกัน วัตถุนี้ถูกย้ายไปอยู่ใน measurement volume เพื่อสร้างข้อมูลและกำหนดตำแหน่งทิศทางของกล้อง

Calibration kit

มีการกำหนด calibration kit ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมาก โดย calibration kit ใช้สำหรับปรับขนาดและหาพิกัดใน measurement volume จึงจำเป็นต้องใช้วัตถุสองอย่างเพื่อทำการ calibration ระบบ : reference structure และ wand

หมายเหตุ: วัตถุที่ใช้ในการ calibration เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์การวัดและควรได้รับการดูแลด้วยความระมัดระวัง ข้อผิดพลาดในการปรับขนาดจากการ calibration ที่เสียหายจะแพร่กระจายไปทั่วทั้งการวัดและการวิเคราะห์

Calibration kit type

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การระบุประเภทของ Calibration kit type ใน drop-down block และการระบุขนาดโครงสร้างอ้างอิงแบบ L-shaped จะมีอัลกอริทึมการ calibration เพื่อหาเครื่องหมายอ้างอิงเมื่อทำการบันทึกการ calibration แล้ว ซึ่งการตั้งค่าสำหรับ calibration kit จะมีสี่ชนิดต่อไปนี้

Wand kit 110 mm

Wand kit 300 mm

Wand kit 750 mm

Kit defined below

Exact wand length

ป้อนระยะห่างระหว่างศูนย์ของ marker ที่สะท้อนแสงบน reference wand ใน Exact wand length ซึ่งได้รับการวัดด้วยความแม่นยำสูงและสามารถพบได้บน plate on the wand

Reference object definition

Reference object definition จะใช้เฉพาะเมื่อ Kit define below เป็นชุด Calibration kit type แล้ว ต้องกำหนดตำแหน่งของ marker ที่สะท้อนบน L-shaped เพื่อระบุเครื่องหมายเฟรมอ้างอิง โดยตำแหน่งจะถูกกำหนดเป็นระยะห่างจาก corner marker (origin marker) ไปยัง marker อื่น ๆ ซึ่งดูจากแถบเครื่องมือ Project options

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ: เมื่อใช้ชุดเครื่องมือมาตรฐาน คำจำกัดความอ้างอิงจะแสดงระยะทางสำหรับชุดอุปกรณ์ที่เลือก

Coordinate system orientation and translation

ภายใต้ Coordinate system orientation เป็นการวางแนวระบบ Coordinate จะมุ่งเน้นไปที่ระบบพิกัดของการจับการเคลื่อนไหวด้วยการเลือกทิศทางของแกน X, Y และ Z ใน measurement volume การวิเคราะห์ที่ตามมาจะเหมือนกันกับที่ใช้สำหรับ reference structure

Axis pointing upwards และ **Long arm axis** เป็นตัวกำหนดทิศทางของแกน เลือกแกนที่ต้องการในแต่ละการตั้งค่าเพื่อให้ได้ระบบพิกัดที่ต้องการ โดยดูรูปที่อยู่ถัดจากการตั้งค่าเพื่อให้เข้าใจถึงแกนที่ถูกปรับทิศทาง

Maximum number of frames used as calibration input

Maximum number of frames used as calibration input จะจำกัดจำนวนเฟรมที่ใช้ในกระบวนการ calibration ค่าเริ่มต้นคือ 1000 เฟรม หากจำนวนเฟรมในไฟล์การ calibration มีขนาดใหญ่กว่าการตั้งค่านี้เฟรมจะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้ง measurement เช่น ถ้าเวลาในการ calibration ถูกตั้งไว้ที่ 20 วินาทีจะมีเฟรมประมาณ 2000 เฟรมในไฟล์การ calibration จากนั้นด้วยจำนวนเฟรมเริ่มต้นกรอบทุกวินาทีจะถูกใช้เพื่อ calibration ระบบ

ควรลดค่านี้ลงถ้าคุณมีไดรฟ์ข้อมูลที่คุณสามารถ calibration ได้ภายในประมาณ 10-15 วินาที ซึ่งจะทำให้การคำนวณเร็วขึ้นเล็กน้อย ในทางกลับกันเป็นการดีที่จะเพิ่มกระบวนการนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าไดรฟ์ข้อมูลเป็นไดรฟ์ข้อมูลแบบขยายซึ่งกล้องไม่สามารถดูโครงสร้างอ้างอิงการ calibration ได้ทั้งหมด ในการทดสอบนี้จะทำให้การ calibration และการทดสอบเป็นไปอย่างยาวนานด้วยจำนวนเฟรมสูงสุดที่แตกต่างกันเพื่อดูว่าผลกระทบดังกล่าวมีผลต่อผลการ calibration อย่างไร

Apply coordinate transformation

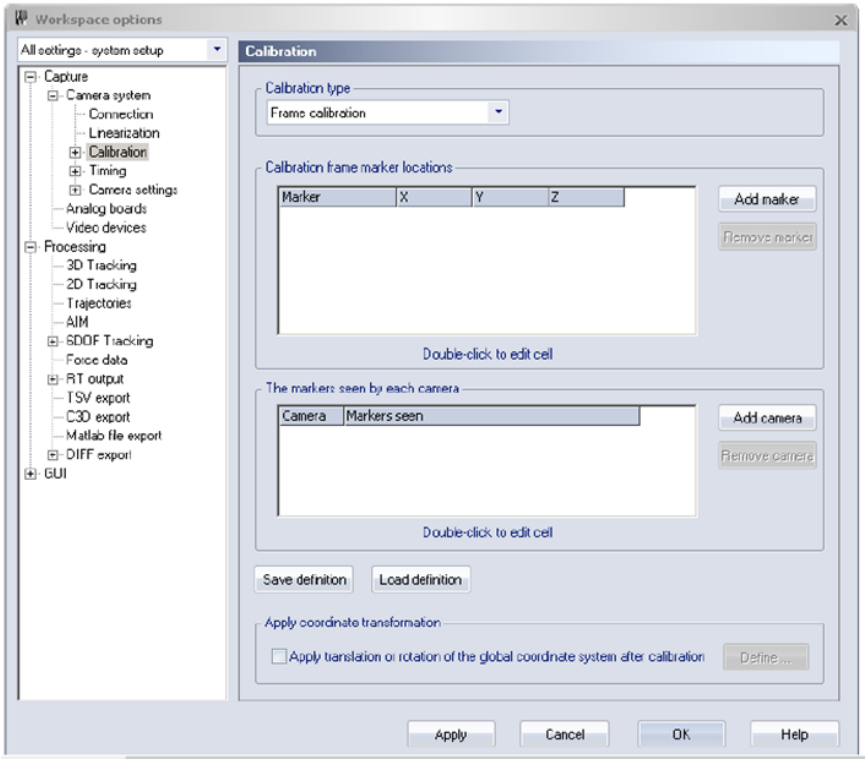
ด้วยการ Apply coordinate transformation นี้ คุณสามารถแปลและหมุนระบบพิกัดทั้งหมดไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยเลือก checkbox และจากนั้นคลิก Define เพื่อตั้งค่าการแปลงพิกัดในหน้า Transformation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Frame calibration

Frame calibration ใช้โครงสร้างที่เข้มงวด (มักเรียกว่า calibration frame) โดยมี marker อย่างน้อยห้าตำแหน่ง ซึ่งจะต้องระบุตำแหน่งที่แน่นอนของ marker ด้วยความแม่นยำสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยจะแนะนำให้วาง marker ไว้ในลักษณะที่ไม่สมมาตร จุดเริ่มต้นและทิศทางของระบบพิกัดของการจับการเคลื่อนไหวจะถูกกำหนดโดยการวางกรอบการ calibration ใช้การ Save definition เพื่อบันทึก current frame definition และโหลดคำจำกัดความที่บันทึกไว้พร้อม Load definition

หมายเหตุ: การ measurement ควรทำภายในไดรฟ์ข้อมูลที่อยู่ภายใน calibration frame เนื่องจากการ measurement ภายนอกนี้ไม่สามารถรับประกันได้ว่ามีความแม่นยำสูง



Frame calibration

(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

Calibration frame marker locations

ใช้ปุ่ม Add marker และ Remove marker เพื่อเพิ่มหรือลบเครื่องหมายของ calibration frame จากนั้นดับเบิลคลิกตำแหน่งของแกน X, Y และ Z ของแต่ละ marker เพื่อทำการแก้ไข

หมายเหตุ: ต้องระบุ marker ทั้งหมดเพื่อให้การ calibration frame สำเร็จ

The markers seen by each camera

ใช้ปุ่ม Add camera หรือ Remove camera เพื่อปรับจำนวนกล้องในระบบ ป้อนหมายเลขของเครื่องหมายบน calibration frame ที่กล้องแต่ละตัวเห็น (ตัวเลขจะปรากฏในคอลัมน์แรกของคอลัมน์เครื่องหมายปรับเกณฑ์การ calibration) จากนั้นแยกตัวเลขด้วยเครื่องหมายจุลภาค

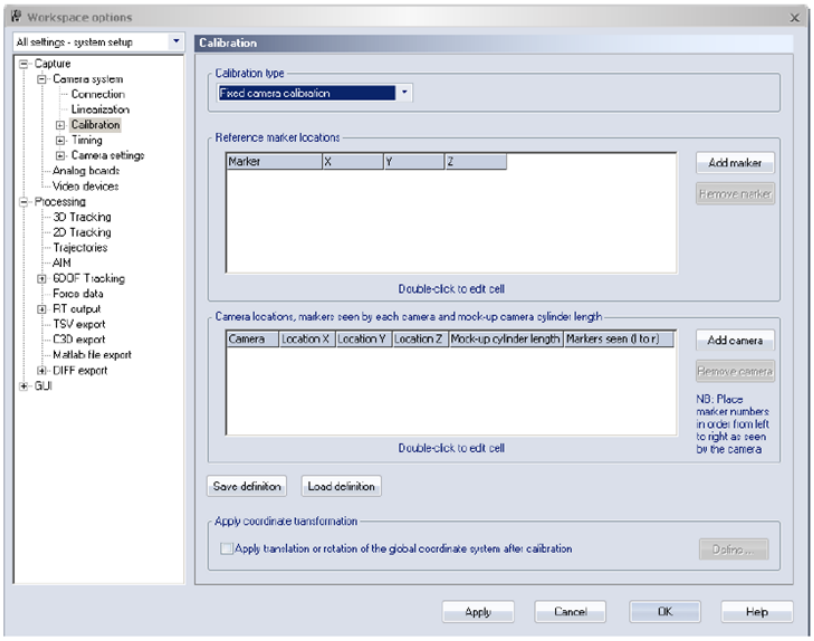
หมายเหตุ: ต้องเพิ่มกล้องเข้าไปทั้งหมดเพื่อให้การ calibration frame สำเร็จ

Apply coordinate transformation

การใช้ปุ่ม Apply coordinate transformation ทำให้สามารถแปลและหมุนระบบพิกัดทั้งหมดไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ เลือก checkbox แล้วจากนั้นคลิก Define เพื่อตั้งค่าการแปลงพิกัดในหน้า transformation

Fixed camera calibration

ในหน้าการ calibration สำหรับการ calibration กล้อง ควรป้อนข้อมูลจากการวัดแบบสำรวจ แต่หากไม่สามารถดูหน้าการ calibration นี้ได้ ให้เปลี่ยน Calibration type เป็น Fixed camera calibration สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบกล้องถาวรติดต่อ Qualisys AB เกี่ยวกับคู่มือ QTM - Marine รวมถึงคำอธิบายโดยละเอียดเกี่ยวกับการติดตั้งกล้อง การวัดแบบสำรวจการ calibration กล้องถาวร การตรวจสอบความถูกต้อง และการใช้งาน 6DOF ในการใช้งานทางทะเล



Fixed camera calibration

(QTM Qualisys Track Manager User Manual, 2011)

ใช้ปุ่ม Save definition และ Load definition เพื่อบันทึกตามลำดับโหลดข้อมูลสำหรับการ calibration กล้อง

หมายเหตุ: ในครั้งแรกที่ป้อนข้อมูล จะต้องป้อนด้วยตนเอง

Reference marker locations

Reference marker locations ควรป้อนข้อมูลการสำรวจของตำแหน่งเครื่องหมายอ้างอิง ใช้เครื่องหมาย Add marker และ Remove marker เพื่อเพิ่มหรือลบตำแหน่งเครื่องหมายอ้างอิง และเพิ่มเครื่องหมายตามลำดับทางกายภาพจากซ้ายไปขวา ซึ่งวิธีนี้จะทำให้สามารถป้อนเครื่องหมายที่มองเห็นได้ง่ายขึ้น จากนั้นดับเบิลคลิกตำแหน่งของแกน **X, Y** และ **Z** ในแต่ละเครื่องหมายเพื่อแก้ไข

หมายเหตุ: ต้องป้อนตำแหน่งทั้งหมดของ marker เพื่อทำการ calibration กล้องให้สำเร็จ

Camera locations and markers seen by each camera in order from left to right

Camera locations and markers seen by each camera in order from left to right ควรป้อนข้อมูลการสำรวจของตำแหน่งกล้อง ใช้ปุ่ม Add camera เพื่อเพิ่มกล้องใหม่ในรายการ โดยกล้องจะต้องป้อนตามลำดับเดียวกับระบบกล้องต้นแบบจาก MCU และจะไม่สามารถจัดเรียงกล้องใหม่ได้หลังจากที่เพิ่มกล้องเข้ามาแล้ว ให้ทำการดับเบิลคลิกที่คอลัมน์เพื่อป้อนข้อมูลต่อไปนี้

ตำแหน่งแกน X, ตำแหน่งแกน Y และตำแหน่งแกน Z

การสำรวจ measurement data ของกล้อง

Mock-up cylinder length

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความยาวของ cylinder ที่ใช้ในกล้องถ่ายรูปเมื่อทำ survey measurement

หมายเหตุ: ความยาวนี้เป็นระยะห่างระหว่างแผ่นดิสก์ของกล้องกับด้านด้านหน้าของ cylinder สำหรับ Pro Reflex MCU อยู่เสมอที่ 18 มม.

Markers seen (l to r)

Marker ที่มองเห็นได้จากกล้อง ป้อนข้อมูลเหล่านี้ตามลำดับจากซ้ายไปขวาตามที่กล้องมองเห็นและแยกด้วยเครื่องหมายจุลภาค (ตัวเลขอ้างอิงถึงคอลัมน์แรกในรายการที่ตั้งของจุดอ้างอิง)

หมายเหตุ: QTM ใช้เครื่องหมายบนสุดในหน้าต่างมุมมอง 2D เป็น reference marker

หมายเหตุ: กล้องทั้งหมดจะต้องถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อให้การ calibration กล้องสำเร็จ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล : นางสาวทัตพิชา พงษ์ศิริ

วัน เดือน ปีเกิด : 17 พฤศจิกายน 2535

สถานที่เกิด : ตรัง

ที่อยู่ปัจจุบัน : 114-116 ถนนบ้านโพธิ์ ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง 92000

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง จังหวัดตรัง ปีการศึกษา 2553

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University