การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

นายวรเมธ ประจงใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF BACKHAND SERVICE IN THAI NATIONAL BADMINTON PLAYERS.

Mr. Vorramate Prajongjai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Sports Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย
โดย	นายวรเมธ ประจงใจ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.นงนภัส เจริญพานิช
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.นงนภัส เจริญพานิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์)

..... กรรมการ
(ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

..... กรรมการ
(ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์เจริญ กระบวนรัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วรเมธ ประจงใจ : การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย. (BIOMECHANICAL ANALYSIS OF BACKHAND SERVICE IN THAI NATIONAL BADMINTON PLAYERS.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.นงนภัส เจริญพานิช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ ณ ช่วงที่ไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ของที่ลูกตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย ผู้เข้าร่วมการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทยที่เล่นในประเภทชายคู่ หญิงคู่และคู่ผสม ทั้งหมด 14 คน กลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องทำการเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือจำนวน 21 ลูก และเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือจำนวน 21 ลูก ตามลำดับ โดยการเสิร์ฟทั้งหมดจะถูกบันทึกด้วยกล้องความเร็วสูงแบบอินฟราเรด (300Hz) รุ่น Oqus7+ (Qualisys Oqus) ประเทศสวีเดน จำนวน 9 ตัว เพื่อเลือก 1 ครั้งที่ลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีนำมาวิเคราะห์การเคลื่อไหวด้วยชุดโปรแกรม Qualisys track manager และ Visual 3D จากนั้น นำค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์มาเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปร มุมข้อต่อข้อศอก ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ความเร็วต้นของลูกขนไก่ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปร มุมข้อต่อข้อศอก ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ความเร่งของลูกขนไก่ ความเร็วต้นของลูกขนไก่ เช่นกัน ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบลูกเสิร์ฟสั้นและลูกเสิร์ฟฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี ตามลำดับ

จากผลการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยครั้งนี้ ได้ว่า มุมข้อต่อข้อศอก ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ น่าจะเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลถึงประเภทของการเสิร์ฟ ความเร็วและระยะทางในการเคลื่อนที่ไปของลูกขนไก่ที่ตกลงในบริเวณที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5878607039 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORD: Badminton, Biomechanical, Backhand short service, Backhand flick service

Vorramate Prajongjai : BIOMECHANICAL ANALYSIS OF BACKHAND SERVICE IN THAI NATIONAL BADMINTON PLAYERS.. Advisor: Nongnapas Charoenpanich, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. Sirirat Hirunrat, Ph.D.

This research aims to analyze the backhand short and flick serving pattern while racket contact shuttlecock while landed on excellent and good areas in Thai badminton players. 14 Thai national badminton players who be the men’s double, women’s double, and mix’s double players were recruited. Each subject was then asked to perform 21 backhand short serves, and 21 flick services from backhand side, respectively. An infrared motion analysis system stemmed from 8 cameras and 1 video camera Qualisys Oqus 7+ (Qualisys, Sweden, 300Hz) was utilized to compile the kinematic determinants of the attendees during their services. To investigate corporeal kinematic and kinetic variables, Qualisys tract manager (QTM) software and Visual3D software (C-Motion, Inc., Rockville, MD, USA) were leveraged. The one-way analysis of variance with repeated measures (One-way anova with repeated measures) was leveraged to determine the difference between mean and standard deviation of kinematic and kinetic data.

The results of this research showed the different at elbow angle, angular velocity of wrist, racket head velocity, racket angle with net, distance and time of forward swing phase, acceleration and velocity of shuttlecock while compared among excellent short service with flick service. Moreover, while compared among good short service with flick service showed the different at elbow angle, angular velocity of wrist, racket head velocity, racket angle with net, distance and time of forward swing phase, acceleration and velocity of shuttlecock for determining the level of significance at 0.05. On the other hands, no different while compared among excellent and good short service and flick service for determining the level of significance at 0.05, respectively.

From the results can conclusion that elbow angle and angular velocity of wrist maybe the key indicator that influence on discipline of service, velocity and distance of shuttlecock travel that landed on different target area.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Sports Science	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่าน ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องและติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนกำลังใจในการดำเนินชีวิตนิสิตปริญญาดุษฎีบัณฑิต รวมถึงข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูงสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตระหนักถึงและซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ท่านอาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร และ ท่านอาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ กรรมการภายในมหาวิทยาลัย ที่ทุกท่านได้กรุณา สละเวลา ให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ อันส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ นักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทยทุกท่าน ที่ได้สละเวลา แรงกายและแรงใจ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงขอกราบขอบพระคุณ สมาคมกีฬาแบดมินตันแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ศูนย์ฝึกกีฬาแบดมินตันเอส ซี จี และสโมสรแกรนด์ นูร่าล์ สำหรับความร่วมมือที่มอบให้จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องสาวของผู้วิจัย และนางสาวพิมพ์ศิริ ตั้งคุณศิริ ที่ทุกท่านคอยให้กำลังใจและสอบถามเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์เสมอมา รวมถึงการให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาตลอดมา ทั้งด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ ส่งผลให้ผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ และส่งผลให้ประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

วรเมธ ประจงใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

ปัญหาในการวิจัย 5

สมมติฐานของการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 6

คำจำกัดความของการวิจัย 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 12

บทที่ 2 13

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

ชีวกลศาสตร์ 14

ชีวกลศาสตร์กับการกีฬา 16

คิเนเมติกส์ (Kinematic) 17

คิเนติกส์ (Kinetic) 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฎของนิวตัน (Newton’s laws) 25
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion) 31
การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ 36
กีฬาแบดมินตัน 37
องค์ประกอบนักกีฬาแบดมินตัน 38
ทักษะการเสิร์ฟลูกแบดมินตัน 39
แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟสั้นเฟรนซ์ (A modified French short serve test) 42
แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟฟริคบอลลู (A modified Ballou drive serve test) 42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
กรอบแนวคิดในการวิจัย 47
บทที่ 3 48
วิธีการดำเนินการวิจัย 48
การเก็บรวบรวมข้อมูล 49
การวิเคราะห์ข้อมูล 55
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 58
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 59
บทที่ 4 64
ผลการวิจัย 64
บทที่ 5 107
สรุปผลการวิจัย 107
อภิปรายผลการวิจัย 122
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 130
สรุปผลการวิจัย 132
ข้อจำกัดในการทำวิจัยครั้งนี้ 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป 133

บรรณานุกรม 134

ประวัติผู้เขียน 186

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการวิจัย..... 65

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายของผู้ร่วมการวิจัย..... 65

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบการเสิร์ฟ 2 รูปแบบ..... 66

ตารางที่ 4 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม..... 67

ตารางที่ 5 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม..... 68

ตารางที่ 6 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ดี..... 69

ตารางที่ 7 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี..... 70

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนเมติกส์ (ร่างกาย) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05..... 71

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมข้อต่อข้อศอก โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี..... 73

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี..... 74

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนเมติกส์ (ไม้แบดมินตันและลูกขนไก่) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05..... 75

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี..... 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วหัวไม้แบดมินตันโดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 79

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 80

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 81

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วต้นลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 82

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนติกส์ (แรงปฏิกิริยา) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 83

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนติกส์ (จุดศูนย์ถ่วง) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิเส้นที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของมุมของข้อต่อข้อศอกระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม 87

แผนภูมิเส้นที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี 88

แผนภูมิเส้นที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 89

แผนภูมิเส้นที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 90

แผนภูมิเส้นที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม 91

แผนภูมิเส้นที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี 92

แผนภูมิเส้นที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 93

แผนภูมิเส้นที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟ ลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 94

แผนภูมิเส้นที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม 95

แผนภูมิเส้นที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี 96

แผนภูมิเส้นที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันใน การเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 97

แผนภูมิเส้นที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันใน การเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิเส้นที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม 99

แผนภูมิเส้นที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี 100

แผนภูมิเส้นที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 101

แผนภูมิเส้นที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟ ลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 102

แผนภูมิเส้นที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม 103

แผนภูมิเส้นที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี 104

แผนภูมิเส้นที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 105

แผนภูมิเส้นที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1 แสดงถึง สถานการณ์ต่างในการตีลูกขนไก่ของกีฬาแบดมินตัน 2

รูปภาพที่ 2 ประเภทของการวิเคราะห์เคลื่อนไหว..... 14

รูปภาพที่ 3 แสดงถึง การเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) ของแขนรอบข้อศอก 18

รูปภาพที่ 4 แสดงถึง หน่วยของการวัด (A) รอบ (B) องศา และ (C) เรเดียน..... 19

รูปภาพที่ 5 ระยะทางหรือระยะขจัดเชิงเส้น (Linear distance or Linear displacement) ที่วัตถุเคลื่อนที่ไปและความเร็วเชิงเส้น ณ ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous linear speed or Velocity) ของตำแหน่งที่วัตถุหมุนรอบแกนด้วยรัศมีที่แตกต่างกัน..... 20

รูปภาพที่ 6 แสดงถึง ความเร่งและความหน่วงเชิงมุมของแขน 22

รูปภาพที่ 7 แสดงถึง องค์ประกอบของแรง 24

รูปภาพที่ 8 แสดงถึง ตัวอย่างแรงผลักและแรงดึง..... 24

รูปภาพที่ 9 แสดงถึง แรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงกิริยา..... 27

รูปภาพที่ 10 แสดงถึง ฐานรองรับ (Base of support)..... 28

รูปภาพที่ 11 แสดงถึง ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) 28

รูปภาพที่ 12 แสดงถึง ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) ของแต่ละส่วนของร่างกาย 30

รูปภาพที่ 13 แสดงถึง รูปจำลองของร่างกายมนุษย์ของ Hanavan 30

รูปภาพที่ 14 แสดงถึง วิธีการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาของโพรเจกไทล์ (A) และ การเคลื่อนที่ปราศจากแรงโน้มถ่วงโลกและไม่ปราศจากแรงโน้มถ่วง (B) 32

รูปภาพที่ 15 แสดงถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 33

รูปภาพที่ 16 แสดงถึง ขนาดและรูปร่างของการเคลื่อนที่ของวัตถุในมุมที่แตกต่างกัน..... 34

รูปภาพที่ 17 แสดงถึง ความสูงสัมพัทธ์ของการเคลื่อนที่รูปแบบโพรเจกไทล์..... 35

รูปภาพที่ 18 แสดงถึง แกนการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวในระนาบต่าง ๆ ทั้ง 3 ระนาบ..... 36

รูปภาพที่ 19 แสดงถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถที่แสดงออกทางกีฬาแบดมินตัน 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปภาพที่ 20 แสดงถึง ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนแสงบนร่างกาย (ภาคผนวก ฑ) 52
รูปภาพที่ 21 แสดงถึง ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนแสงบนไม้แบดมินตันและลูกขนไก่ (ภาคผนวก ฑ) 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

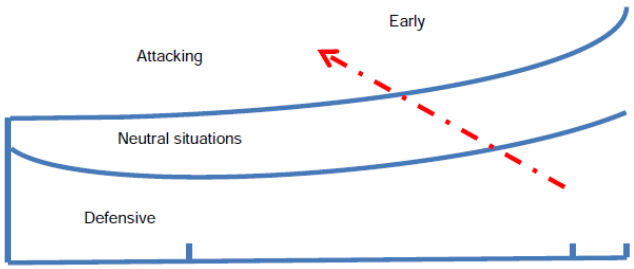
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกีฬาแบดมินตันได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบวิธีการแข่งขัน ทางด้านการนับคะแนนจากเดิม 15 แต้ม ต้องเป็นฝ่ายที่เสิร์ฟเท่านั้นถึงจะสามารถทำคะแนนได้ เปลี่ยนไปเป็นการนับคะแนนรูปแบบ 21 แต้ม (Rally Point 21 × 3) โดยสามารถทำคะแนนได้ทุกฝ่ายไม่ว่าจะเป็นฝ่ายเสิร์ฟหรือเป็นฝ่ายรับก็ตาม ตัดสิน 2 ใน 3 เกมการแข่งขัน จากการเปลี่ยนแปลงกติกาการนับคะแนนการแข่งขันเมื่อ เดือนสิงหาคม ปี 2006 (Phomsoupha. & Laffaye., 2015) และยังมีบางรายการแข่งขันได้ทดลองปรับใช้รูปแบบการนับคะแนนในรูปแบบ 11 แต้ม (Rally Point 11 × 5) โดยสามารถทำคะแนนได้ทุกฝ่ายไม่ว่าจะเป็นฝ่ายเสิร์ฟหรือเป็นฝ่ายรับก็ตามตัดสิน 3 ใน 5 เกมการแข่งขัน แม้ว่าการนับคะแนนรูปแบบนี้ยังอยู่ในขั้นตอนการทดลองและรอฟังผลตอบรับ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปเป็นการนับคะแนนแบบ 11 แต้ม Rally points ในปี 2018 (Badminton World Federation, 2018/2019) ดังนั้น จากการเปลี่ยนแปลงของการนับคะแนนเป็น 21 หรือ 11 แต้ม Rally points ดังที่กล่าวมาข้างต้น รูปแบบเกมการแข่งขันจึงมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไปโดยสิ้นเชิง โดยเปลี่ยนจากรูปแบบที่ยืดเยื้อและใช้เวลาหลายชั่วโมงในการแข่งขัน ไปสู่รูปแบบเกมที่กระชับ รวดเร็ว และรุนแรง ภายใต้สภาวะความกดดันที่เพิ่มมากขึ้น ผู้เล่นจึงต้องเพิ่มความรอบคอบในการเล่นมากขึ้น เนื่องจากการได้มาซึ่งคะแนนแต่ละคะแนนสามารถเกิดได้จากทุก ๆ จังหวะของเกมการแข่งขัน ส่งผลให้นักกีฬาแบดมินตันจึงต้องพัฒนาความสามารถในการควบคุมทิศทางของลูกขนไก่ให้ดียิ่งขึ้นทั้งในเกมบุกและเกมรับ ต้องเพิ่มความเร็วของลูกขนไก่และรวมถึงความแม่นยำในการตีแต่ละท่าทาง เพื่อเพิ่มโอกาสของการได้มาซึ่งชัยชนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Woodward. (2011) ได้เสนอ ปัจจัยทางความสามารถที่แสดงออกของกีฬาแบดมินตันไว้ 5 ปัจจัยด้วยกัน ประกอบด้วย 1.เทคนิค (Technique) 2.แทคติก (Tactic) 3.สมรรถภาพทางกาย (Physical) 4.จิตวิทยา (Phychological) และ 5.การดำเนินชีวิต (Lifestyle) ดังตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กันและมีความสำคัญเท่ากันทุกปัจจัย เช่น ปัจจัยด้านเทคนิค ได้แก่การเคลื่อนที่และการตีในแต่ละลูกที่ดีเยี่ยม ส่งผลต่อ โอกาสในการสร้างเกมบุก หรือแทคติค ส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการได้มาซึ่งคะแนน เป็นต้น

Nasruddin. et al. (2015) กล่าวว่า รูปแบบของการแข่งขันกีฬาแบดมินตันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เกมบุก เกมรับ และการควบคุม โดยเกมบุก หมายถึง การบุกฝ่ายตรงข้ามเพื่อทำคะแนน ซึ่งส่วนใหญ่หมายถึงการตบลูกขนไก่ได้รวดเร็วและแม่นยำ ไม่ออกนอกสนามหรือติดตาข่าย เกมรับหมายถึง การรับลูกจากฝ่ายบุก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการรับลูกตบจากฝ่ายตรงข้าม ซึ่งการรับที่ดี หมายถึง การรับลูกที่รวดเร็วส่งลูกกลับไปยังสนามฝั่งตรงกันข้ามได้ โดยลูกจะต้องไม่ออกนอกสนามหรือติดตาข่าย โดยสามารถควบคุมตำแหน่งให้ลูกตกลงยังเป้าหมายที่ต้องการได้ จะเห็นได้ว่า จากลักษณะเกมบุกและเกมรับที่ดีนั้นจะต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญในการตีลูกขนไก่ นั่นคือ ความสามารถในการควบคุมลูกขนไก่ ซึ่งลูกที่สามารถทำคะแนนได้ต้องหมายถึง ลูกที่ถูกควบคุมให้มีความเร็ว ความแรงที่เหมาะสม และตกลงในตำแหน่งที่รับได้ยากและเสียเปรียบในการรับลูกขนไก่ สอดคล้องกันกับ Woodward. (2011) ซึ่งได้กำหนดพื้นที่ในการตีลูกขนไก่ในแต่ละสถานการณ์ของกีฬาแบดมินตันไว้ 3 พื้นที่ด้วยกัน ประกอบด้วย 1.พื้นที่บุก (Attacking) หมายถึง พื้นที่ตีลูกขนไก่และหลังจากการตีจะเป็นเกมบุก 2.พื้นที่ปกติหรือพื้นที่ธรรมชาติ (Neutral situations) หมายถึง พื้นที่ตีลูกขนไก่และหลังจากตีจะอยู่ในสถานการณ์ปกติหรือธรรมชาติ และ 3.พื้นที่รับ (Defensive) หมายถึง พื้นที่ตีลูกขนไก่และหลังจากตีจะตกอยู่ในเกมรับ ดังรูปภาพที่ 1



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพที่ 1 แสดงถึง สถานการณ์ต่างในการตีลูกขนไก่ของกีฬาแบดมินตัน
(Woodward., 2011)

จากรูปภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า ถ้านักกีฬาสามารถควบคุมการตีลูกขนไก่ให้ตกลงยังบริเวณพื้นที่รับในฝ่ายตรงกันข้ามได้นั้น ส่งผลให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันและเพิ่มโอกาสการได้คะแนน ดังนั้น นักกีฬาที่สามารถควบคุมการตีลูกขนไก่ทั้งเกมบุกและเกมรับได้ดีที่สุด ให้ลูกตกลงในตำแหน่งที่ยากต่อการรับและไม่ให้เกิดการตีลูกเสียเอง (Unforced errors) จึงจะนำมาซึ่งชัยชนะในเกมการแข่งขัน

จากการเปลี่ยนระบบการนับคะแนน ส่งผลให้สามารถทำคะแนนได้ทั้งขณะอยู่ในเกมบุกและเกมรับ ดังนั้น นักกีฬาจะต้องควบคุมเกมให้ได้ทั้งในเกมบุกและเกมรับ โดยควรจะคุมเกมให้ได้ตั้งแต่ลูกแรกของการเริ่มต้นเกม นั่นคือ ลูกเสิร์ฟ นั่นเอง สอดคล้องกับ Harb. (2016) กล่าวว่า ลูกเสิร์ฟ (Service) หมายถึง ลูกที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ในการเสิร์ฟและเดินทางแนวทแยงไปตกลงยังบริเวณฝ่ายตรงกันข้าม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลูกเสิร์ฟด้วยหน้ามือ (Forehand serve) และหลังมือ (Backhand serve) โดยลูกเสิร์ฟแบ่งตามตำแหน่งการตกของลูกขนไก่ในบริเวณพื้นสนามในพื้นที่ฝ่ายตรงกันข้าม และความสูงของลูกขนไก่ขณะลอยข้ามตาข่าย ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ลูกเสิร์ฟสั้น (Short serve), ลูกเสิร์ฟยาว (Long serve), และลูกเสิร์ฟฟริค (Flick serve) ลูกเสิร์ฟจัดเป็นเป็นหัวใจสำคัญของการแข่งขันกับการนับคะแนนแบบ 21 หรือ 11 แต้ม Rally point โดยถ้านักกีฬาสามารถควบคุมลูกเสิร์ฟได้ดี จะส่งผลให้ลดโอกาสในการเป็นเกมบุกของฝ่ายตรงกันข้ามและสร้างโอกาสเกมบุกให้กับฝ่ายตนเอง เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดของการได้มาซึ่งคะแนน และส่งผลให้เพิ่มโอกาสการเป็นผู้ชนะในเกมการแข่งขันนั้น ๆ (Downey, 1984; Gawin., Beyer., Hasse., & Büsch., 2013; Jun-ning., 2004; Lian-mei. & He., 2010; Shen, 2014; Yong., 2008)

Gawin. et al. (2013) กล่าวว่า ลูกเสิร์ฟที่ถูกใช้มากและบ่อยที่สุดในทั้งประเภทคู่ คือ ลูกเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือ (Backhand short serve) และลูกเสิร์ฟฟริคด้วยหลังมือ (Backhand flick serve) โดยลูกเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือ จะถูกใช้มากและบ่อยที่สุด ด้วยเหตุผลที่ว่า การเสิร์ฟในรูปแบบนี้จะสามารถสร้างโอกาสให้ผู้เสิร์ฟเป็นฝ่ายบุกและลดโอกาสของคู่ต่อสู้ในการเปิดเกมบุกกลับมา เนื่องจากการเสิร์ฟที่ดีจะใช้เวลาสั้นในการเสิร์ฟ ส่งผลให้คู่แข่งขันหรือฝั่งตรงข้ามยากที่จะตั้งรับผู้เสิร์ฟจึงสามารถควบคุมเกมให้ได้เปรียบในการแข่งขัน และเพิ่มโอกาสการได้มาซึ่งคะแนนมากขึ้น ส่วนลูกเสิร์ฟฟริค จะถูกใช้สลับกันกับลูกเสิร์ฟสั้นเพื่อทำลายจังหวะของฝ่ายตรงกันข้าม เพราะฝ่ายตรงกันข้ามต้องถอยหลังและตีลูกขนไก่อย่างรวดเร็ว รวมถึงฝ่ายตรงกันข้ามไม่สามารถคาดเดาล่วงหน้าว่าจะเสิร์ฟลูกอะไรในแต้มนี้

ดังนั้น หากเราสามารถวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 รูปแบบนี้ ว่ามีท่าทางการเสิร์ฟอย่างไร ลูกจึงจะลอยไปตกตรงตำแหน่งยอดเยี่ยม และถ้าสามารถพัฒนาการเสิร์ฟทั้ง 2 รูปแบบนี้ให้มีท่าทางการเสิร์ฟที่เหมือนกัน หรือใกล้เคียงกัน ก็จะส่งผลให้นักกีฬาในฝ่ายตรงกันข้ามคาดเดาวิถีการลอยของลูกได้ยาก ซึ่งส่งผลให้เพิ่มโอกาสในการชนะการแข่งขันได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Woodward. (2011) กล่าวว่า นักกีฬาแบดมินตันควรมีท่าทางการเสิร์ฟด้วยหลังมือที่ไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเสิร์ฟในรูปแบบใดก็ตาม

การศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบการเสิร์ฟจำเป็นต้องผ่านการวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหว เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการฝึกซ้อม โดยอาศัยหลักการทางชีวกลศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการเสิร์ฟได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ Hussain., Ahmed., Mohammad., Khan., and Bari. (2011) ศึกษาการเสิร์ฟลูกสั้นในกีฬาแบดมินตัน เกี่ยวกับความเร็วลูกขนไก่ มุมของไม้แบดมินตันและองค์ประกอบต่าง ๆ ของร่างกาย Hussain., Ahmed., Bari., et al. (2011) ศึกษาการเคลื่อนที่ของแขนในการเสิร์ฟสูงและเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือ เพื่อวิเคราะห์ การเคลื่อนที่ของแขน มุมของข้อมือ ข้อศอก และข้อไหล่, ความเร็วลูกขนไก่, มุมของลูกขนไก่, ความสูงของจุดกระทบระหว่างลูกขนไก่และไม้แบดมินตัน, และความสูงลูกขนไก่ในขณะเคลื่อนที่ Shen (2014) ศึกษาการเสิร์ฟในแต่ละประเภทด้วยการจับไม้แบดมินตันด้วยหน้ามือและหลังมือ เพื่อวิเคราะห์ ความแตกต่างของการ เสิร์ฟสั้น เสิร์ฟสูง และเสิร์ฟยิง ด้วยการจับไม้แบบหน้ามือและหลังมือ Rusydi., Sasaki., Sucipto., Zaini., and Windasari. (2015) ศึกษาการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของแขนสำหรับการเสิร์ฟสั้นในกีฬาแบดมินตัน เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ (Backhand short serve) และการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ (Backhand flick serve) จึงเป็นรูปแบบการเสิร์ฟที่น่าสนใจ เนื่องจากน่าจะเป็นรูปแบบที่สามารถทำคะแนนได้มากที่สุด สามารถส่งเสริมให้ผู้เล่นเพิ่มโอกาสการเป็นผู้ควบคุมเกม เพิ่มโอกาสการเป็นผู้ชนะการแข่งขันได้มากขึ้น การพัฒนาความสามารถในการเสิร์ฟนี้สามารถทำได้บนพื้นฐานความรู้ทางชีวกลศาสตร์ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม ยังไม่พบงานวิจัยใดศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบการเสิร์ฟทั้ง 2 รูปแบบนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจจะวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือจากบริเวณพื้นที่สนามด้านขวา ไปตกลงพื้นที่สนามตรงกันข้ามทางด้านขวา โดยเน้นการเสิร์ฟที่สามารถควบคุมลูกให้ตกลงที่ตำแหน่งที่มีโอกาสรับได้น้อยที่สุดและเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ (Backhand short serve) และการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ (Backhand flick serve) ที่มีประสิทธิภาพที่สุดนำไปใช้เป็นแนวทางในการฝึกซ้อมหรือพัฒนา ทักษะ เทคนิคและแทคติก แก่นักกีฬาแบดมินตัน รวมถึงผู้ฝึกสอนหรือนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ต่อไป

ปัญหาในการวิจัย

การเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือให้ลูกตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ควรมีท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ และลูกขนไก่ รวมถึงมีแรงปฏิกิริยาจากพื้น และการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเป็นอย่างไร

สมมติฐานของการวิจัย

มุมของหน้าไม้แบดมินตัน ความเร็วต้นของลูกขนไก่ คือ ตัวแปรสำคัญที่ควบคุมและส่งผลต่อจุดตกลงของลูกขนไก่บนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือเมื่อลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

2.เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือเมื่อลูกที่ตกลงบนพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

3.เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายของการเสิร์ฟลูกสั้น ระหว่างลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

4.เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายของการเสิร์ฟลูกฟริค ระหว่างลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การถ่ายเทแรงขณะเคลื่อนไหว ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย และการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ เมื่อลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

ตัวแปรต้น

1.การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ โดยลูกตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent)

2.การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ โดยลูกตกลงบนพื้นที่ดี (Good)

3.การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือโดยลูกตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent)

4.การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือโดยลูกตกลงบนพื้นที่ดี (Good)

ตัวแปรตาม

1.มุมข้อต่อข้อมือ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Wrist angle at contact point) (degree)

2.มุมข้อต่อข้อศอก ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Elbow angle at contact point) (degree)

3.มุมข้อต่อหัวไหล่ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Shoulder angle at contact point) (degree)

4.ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศาต่อวินาที)
(Angular velocity of wrist at contact point) (degree/sec)

5.มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Racket angle of ground at contact point) (degree)

6.ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตรต่อวินาที)
(Racket head velocity at contact point) (m/sec)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Racket position at contact point) (m)

8.ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Height of racket at contact point) (m)

9.ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (วินาที)
(Time of back swing phase) (msec)

10.ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (วินาที)
(Time of Forward swing phase) (sec)

11.ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Distance of forward swing phase) (m)

12.ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (เมตรเมตรต่อวินาที)
(Initial velocity of shuttlecock) (m/sec)

13.ความสูงของลูกขนไก่ ขณะไม้แบดมินตันกระทบ (เมตร)
(Height of shuttlecock at contact point) (m)

14.แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านใน ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fx-Ground reaction force at contact point) (N/kg)

15.แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลัง ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่
(นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fy-Ground reaction force at contact point (N/kg)

16.แรงปฏิกิริยาแนวดิ่ง ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fz-Ground reaction force at contact point) (N/kg)

17.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านนอกและด้านใน ขณะไม้กระทบลูก
(COGx-Center of gravity at contact point)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

18.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านหน้าและด้านหลัง ขณะไม้กระทบลูก (COGy -Center of gravity at contact point)

19.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง ขณะไม้กระทบลูก (COGz -Center of gravity at contact point)

ตัวแปรควบคุม

1.พื้นที่เป้าหมายในการเสิร์ฟลูกสั้นและเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ

2.ลูกขนไก่ รับรองจากสหพันธ์แบดมินตันโลก (BWF) (ภาคผนวก ฎ)

3.สนามแบดมินตันจำลอง (ภาคผนวก ฉ)

4.ตาข่าย และความสูงตาข่าย

5.ห้องปฏิบัติการ (ภาคผนวก จ)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1.ผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจกับผู้ฝึกสอน และนักกีฬาในความควบคุมดูแลให้ทำการฝึกซ้อมตามตารางฝึกซ้อมปกติในแต่ละวันของผู้ฝึกสอนกำหนด

2.ผู้เข้าร่วมการวิจัย ต้องทดสอบการเสิร์ฟลูกสั้นและเสิร์ฟลูกฟริค ให้ได้คะแนนมากกว่า 60 คะแนนจาก 100 คะแนน จากการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูก (ภาคผนวก ก และภาคผนวก ข)

3.มีสุขภาพสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการวิจัย

4.สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำจำกัดความของการวิจัย

แบดมินตัน (Badminton)

แบดมินตันเป็นกีฬาที่ต้องถือไม้เพื่อการเล่นหรือแข่งขัน โดยถ้ามีผู้เล่น 2 คนอยู่ฝั่งตรงกันข้ามกันจะถูกเรียกว่า (เดี่ยว) หรือ ถ้ามีผู้เล่นฝั่งละ 2 คนจะถูกเรียกว่า “คู่” ซึ่งถูกเล่นอยู่ในสนามสี่เหลี่ยมและถูกแบ่งครึ่งด้วยตาข่าย (Shen, 2014) แบดมินตันเหมือนกันกับกีฬาประเภทอื่น ๆ ที่ต้องถือไม้ในการเล่นหรือแข่งขันโดยมีทักษะกลไกลการเล่นเกมบุกที่สำคัญ คือ ลูกตบด้วยหน้ามือ (Forehand smash), ลูกตัดหยอด (Drop), และลูกเคลียร์ต่ำ (Clear) เป็นต้น ทั้งหมดที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนแต่สำคัญไม่แพ้กันและส่วนใหญ่เป็นเรื่องของเกมบุก สิ่งที่สำคัญที่จะได้มาซึ่งคะแนนสำหรับกีฬาแบดมินตัน คือ ทำอย่างไรโดยที่ลูกขนไก่ต้องไปตกลงอยู่ที่พื้นในบริเวณที่ไม่ผิดกฎและกติกาสำหรับการแข่งขันในแต่ละประเภท (El-Gezawi., 2016; Paup. & Fernhall., 2017)

การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ (Backhand short serve)

การปฏิบัติตามกฎของเกมการแข่งขันแบดมินตัน สำหรับการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือนั้นลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยงและผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่านโดยลอยใกล้กับตาข่ายมากที่สุดและไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามและมีระยะทางสั้นที่สุด ลูกเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือถูกใช้มากในการแข่งขันประเภทคู่และชายเดี่ยว เพื่อเริ่มต้นเกมการแข่งขัน, เพื่อทำลายโอกาสในสร้างสรรค์เกมบุกของฝั่งตรงกันข้าม, และเพื่อช่วยสร้างสรรค์โอกาสสำหรับเกมบุกของฝั่งผู้เสิร์ฟ (Woodward., 2011) การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น ลูกเสิร์ฟจะต้องเดินทางโดยเลียดกับตาข่ายและมีระยะทางสั้นที่สุดแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟสั้น เพราะฉะนั้นการวิจัยครั้งนั้นจึงกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการเสิร์ฟเพื่อให้ได้มาซึ่ง ลูกเสิร์ฟยอดเยี่ยม (Excellent) และลูกเสิร์ฟดี (Good) ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลูกเสิร์ฟสั้น ยอดเยี่ยม (Excellent) หมายถึง ลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยง และผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่าน โดยลอยใกล้กับตาข่ายมากที่สุดและไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟสั้น โดยมีระยะทางสั้นที่สุด ตกลงในพื้นที่ยอดเยี่ยม และใกล้กับเส้นกึ่งกลางของสนามแบดมินตันมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

ลูกเสิร์ฟสั้น ดี (Good) หมายถึง ลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยง และผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่าน โดยลอยใกล้กับตาข่ายมากที่สุดและไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟสั้น โดยตกลงในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่ยอดเยี่ยมและไกลจากเส้นกึ่งกลางของสนามแบดมินตันมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ (Backhand flick serve)

การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือนั้น ลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยง และผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่านโดยลอยสูงจากตาข่ายมากที่สุดและไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามและมีระยะทางยาวที่สุด แต่ไม่ตกลงในบริเวณพื้นที่เสิร์ฟยาว ลูกเสิร์ฟฟริคด้วยหลังมือถูกใช้มากในการแข่งขันประเภทคู่ เพื่อเริ่มต้นเกมการแข่งขัน, เพื่อทำลายโอกาสในสร้างสรรค์เกมบุกของฝั่งตรงกันข้าม, และเพื่อให้ผู้รับลูกเสิร์ฟเสียจังหวะโดยต้องเคลื่อนที่ถอยหลังเพื่อไปตีลูกขนไก่ การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น ลูกเสิร์ฟจะต้องเดินทางไม่สูงมากและมีระยะทางยาวที่สุดแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟยาว (Gawin. et al., 2013) (ภาคผนวก ง)

ลูกเสิร์ฟฟริค ยอดเยี่ยม (Excellent) หมายถึง ลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยง และผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่านเชือกกั้นที่ติดตั้งไว้ และไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟยาว โดยมีระยะทางไกลที่สุด ตกลงในพื้นที่ยอดเยี่ยม และใกล้กับเส้นกึ่งกลางของสนามแบดมินตันมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลูกเสิร์ฟฟริค ดี (Good) หมายถึง ลูกขนไก่จะมีวิถีการเดินทางจากพื้นที่ในการเสิร์ฟไปยังพื้นที่ในการเสิร์ฟฝั่งตรงกันข้ามด้วยแนวทแยง และผ่านตาข่ายโดยลูกขนไก่ผ่านผ่านเชือกกั้นที่ติดตั้งไว้ และไปตกลงยังบริเวณพื้นที่เสิร์ฟในฝั่งตรงกันข้ามแต่ไม่ตกลงในบริเวณเสิร์ฟยาว โดยตกลงในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่ยอดเยี่ยมและไกลจากเส้นกึ่งกลางของสนามแบดมินตันมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics)

ชีวกลศาสตร์ คือ การประยุกต์เนื้อหาวิชากลศาสตร์ (Mechanics) เข้ากับระบบของร่างกาย ดังนั้น เป็นการผสมผสานระหว่างการศึกษาระบบร่างกาย ซึ่งจำเป็นต้องรู้เรื่องอวัยวะต่าง ๆ (กายวิภาค) และการทำงานที่สอดคล้องกันของอวัยวะต่าง ๆ (สรีรวิทยา) และระบบการเคลื่อนไหวของวัตถุภายใต้แรง (กลศาสตร์) เข้าด้วยกัน เพื่อจะได้นำความรู้และองค์ประกอบที่ได้มาไปใช้ในการพัฒนาทักษะการกีฬา ป้องกันการบาดเจ็บ และพัฒนาอุปกรณ์ทางการกีฬาที่เหมาะสมได้ (ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, 2553; ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2544) กล่าวว่า การศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sports biomechanics) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ศึกษาถึงการวิเคราะห์ในเชิงชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต โดยประยุกต์หลักวิชาสรีรวิทยา กายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ดังนั้น การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ จึงเป็นการศึกษาที่จะช่วยให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาแบดมินตันได้รับรู้และรับทราบถึง การเคลื่อนที่ เคลื่อนไหวและแรงที่ทำให้เคลื่อนที่ ในแต่ละทักษะของกีฬาแบดมินตันได้เป็นอย่างดี

คิเนติกส์ (Kinetic)

การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของวัตถุหรือร่างกาย โดยมีแรงมาเกี่ยวข้อง โดยจะศึกษาถึงเหตุผลของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวมากกว่าผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหว ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ แรง พลังงาน กำลังงาน งาน จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย และโมเมนตัม เป็นต้น (Knudson., 2007)

ดังนั้น การศึกษาเรื่องของแรง การถ่ายโยงแรง จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายและความสัมพันธ์ของการถ่ายโยงแรงจึงเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ส่งผลถึง ท่าทางการแสดงออกทางทักษะและรวมถึงความพร้อมในการเคลื่อนที่ไปสู่ตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วในกีฬาแบดมินตัน

คิเนเมติกส์ (Kinematic)

การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึง หรือมุ่งเน้นที่ลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความเร็ว อัตราเร็ว อัตราเร่ง เวลา ระยะทาง ระยะขจัด เป็นต้น โดยไม่คำนึงถึง หรือมุ่งเน้นที่ แรง พลังงาน หรือโมเมนตัมที่เข้ามาเกี่ยวข้องหรือกระทำ เช่น การวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ จะได้ระยะการเคลื่อนไหวกี่องศา และการเคลื่อนไหวของร่างกายอยู่ในระนาบใดข้อต่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในแต่ละช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การงอขา เหยียดขา กางขา หุบขา หรือการหมุนของขาออกด้านนอก ด้านใน เป็นต้น (Knudson., 2007)

ดังนั้น การศึกษาทางด้านการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นเหมือนจุดเริ่มต้นที่สามารถบอกกับผู้ฝึกสอนและนักกีฬาแบดมินตันได้ว่า ถ้าต้องการให้ลูกขนไก่มีความเร็วและความแม่นยำที่เพิ่มมากขึ้น ควรจะต้องฝึกอย่างไร ที่บริเวณใดของร่างกาย หรือถ้าต้องการควบคุมให้ลูกขนไก่ให้ไปในทิศทางที่ต้องการ ปัจจัยอะไรมีความสัมพันธ์กันบ้าง เป็นต้น

จุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity)

จุดที่ร่างกายอยู่ในสมดุลโดยปราศจากแนวโน้มในการหมุน หรือเป็นจุดสมมติที่แรงโน้มถ่วงโลกกระทำต่อร่างกาย เนื่องจากจุดศูนย์ถ่วงมักจะเป็นจุดอ้างอิงในระบบที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ จากแนวคิดที่ว่าจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเป็นจุดที่แรงโน้มถ่วงโลก (Gravity) กระทำต่อร่างกาย โดยแรงโน้มถ่วงโลกที่กระทำต่อร่างกายนี้ เรียกว่า น้ำหนัก (Weight) ของร่างกายนั่นเอง ดังนั้นเส้นแนวแรง (Line of action) จึงมีทิศทางชี้ลงสู่พื้นโลกในแนวดิ่ง (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2546)

ดังนั้น แบดมินตันและจุดศูนย์ถ่วง มีความสัมพันธ์กันมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวไปรับลูก หรือการยืนตีในทักษะที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วง จะบอกการเคลื่อนที่มีความเร็วและทิศทางเป็นอย่างไร และท่าทางสมดุลที่สุดต้องเป็นอย่างไรในกีฬาแบดมินตัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.รูปแบบการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของร่างกายและไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือที่มีประสิทธิภาพ

2 รูปแบบการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นข้อมูลและตัวอย่างกับ ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา รวมถึงนักกีฬาแบดมินตัน

3.รูปแบบการถ่ายเทน้ำหนักของร่างกาย หรือ การถ่ายเทแรงของขาทั้ง 2 ข้าง ในขณะทำการเสิร์ฟสั้นและเสิร์ฟฟริค

4.แนวทางในการพัฒนาท่าทางการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริค ที่มีความเหมือนกันของทั้ง 2 การเสิร์ฟในนักกีฬาแบดมินตัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ (Backhand short serve) และการวิเคราะห์การเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ (Backhand flick serve) จากบริเวณสนามฝั่งขวาไปตกลงบริเวณสนามฝั่งขวาในฝั่งตรงกันข้าม และตกลงในบริเวณที่ถูกกำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้า รวบรวมบทความ เอกสาร และตำราวิชาการ ที่มีรายละเอียดเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง พร้องทั้ง นำมาเรียบเรียงเพื่อเป็นองค์ความรู้ประกอบสำหรับการทำศึกษาวิจัยครั้งนี้ และนำมาเรียบเรียงไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

บทความ เอกสาร ตำราวิชาการ

ชีวกลศาสตร์

ชีวกลศาสตร์กับการกีฬา

คิเนเมติกส์

คิเนเมติกส์เชิงมุม

คิเนติกส์

กฎของนิวตัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความมั่นคงหรือความสามารถในการรักษาสมดุล

จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงโลกของร่างกายมนุษย์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ

กีฬาแบดมินตัน

องค์ประกอบนักกีฬาแบดมินตัน

การเสิร์ฟ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชีวกลศาสตร์

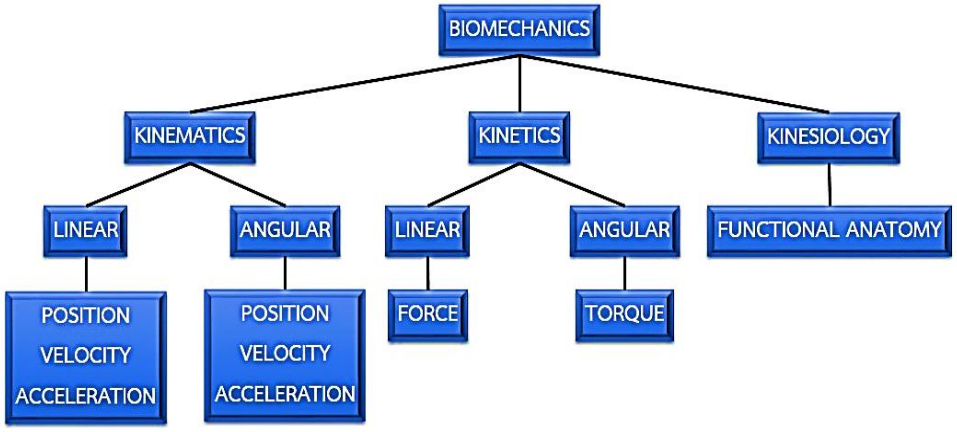
ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ (2553) กล่าวว่า กลศาสตร์ (Mechanics) เป็นการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงที่มากระทำ กลศาสตร์ สามารถจำแนกการศึกษาได้เป็นหลายด้าน เช่น การศึกษาในด้านของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหว แบ่งออกได้สองรูปแบบ ประกอบด้วย

สถิตยศาสตร์ (Statics) คือ การศึกษาวัตถุที่ปราศจากความเร่ง ซึ่งมี 2 กรณี คือ เมื่อวัตถุอยู่นิ่งอยู่กับที่หรือเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

จลนศาสตร์ (Dynamics) คือ การศึกษาวัตถุที่เคลื่อนไหวด้วยความเร่งสามารถแยกย่อยได้เป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย

คิเนเมติกส์ (Kinematics) คือ การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึงลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น อัตราเร็ว ความเร็ว อัตราเร่ง ความเร่ง ระยะทาง ระยะขจัด เวลา เป็นต้น โดยไม่เน้นในส่วนของแรงและพลังงาน และโมเมนตัมที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

คิเนติกส์ (Kinetics) คือ การศึกษาถึงแรงและสาเหตุการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงแรงที่มาทำให้เกิดการเคลื่อนไหว อาจเป็นแรงภายในกล้ามเนื้อ หรือแรงภายนอกร่างกาย



รูปภาพที่ 2 ประเภทของการวิเคราะห์เคลื่อนไหว

(Joseph. & Knutzen, 2006)

การศึกษาทางชีวกลศาสตร์สามารถจำแนกการนำชีวกลศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับการกีฬาและการออกกำลังกายได้เป็น 2 ประเด็นหลัก คือ การพัฒนาสมรรถภาพ และการลดหรือการรักษาอาการการบาดเจ็บ

การพัฒนาสมรรถภาพ

สมรรถภาพการเคลื่อนไหวทางร่างกายสามารถพัฒนาได้หลายวิธี การเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพนั้นเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางด้านกายวิภาคศาสตร์ ทักษะทางประสาทสรีรวิทยา ความสามารถที่แสดงออกทางสรีรวิทยา และจิตวิทยา

การพัฒนาเทคนิค

วิธีการที่ง่ายที่สุดในการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา คือ การพัฒนาเทคนิคของนักกีฬาซึ่งเป็นแรงจูงใจสำคัญในการศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์ นักชีวกลศาสตร์ส่วนใหญ่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงเทคนิคและใช้คำแนะนำที่ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะในนักกีฬาหรือกิจกรรมที่เทคนิคเป็นปัจจัยที่ส่งผลมากกว่าโครงสร้างของร่างกาย หรือความสามารถทางสรีรวิทยา วิธีการนำชีวกลศาสตร์ไปใช้ในการพัฒนาเทคนิคประกอบไปด้วย 2 วิธีการ คือ การนำความรู้ทางกลศาสตร์ไปแก้ไขทักษะการเคลื่อนที่ของนักกีฬา และการค้นพบเทคนิคใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าในการทำทักษะนั้น ๆ

การพัฒนาการฝึก

การประยุกต์ชีวกลศาสตร์เพื่อพัฒนาการฝึกสามารถเกิดขึ้นได้หลายทาง เช่น การวิเคราะห์เทคนิคที่บกพร่องของนักกีฬาสามารถช่วยให้ผู้ฝึกสอนในการปรับรูปแบบการฝึกให้เหมาะกับนักกีฬาได้ การใช้เครื่องมือการออกกำลังกายและการทดสอบที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งตัวนักกีฬาเองอาจมีข้อจำกัดจาก ความแข็งแรง ความอดทนของกล้ามเนื้อบางมัด จากความเร็วของการเคลื่อนที่ หรือจากด้านใดด้านหนึ่งของเทคนิค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การป้องกันการบาดเจ็บและการฟื้นฟู

ความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว การป้องกันหรือการรักษาการบาดเจ็บเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีการนำชีวกลศาสตร์มาประยุกต์ใช้โดยการให้ข้อมูลด้านคุณสมบัติของแรงที่กระทำระหว่างการเคลื่อนไหว ไปจนถึงการรักษาเพื่อป้องกันหรือฟื้นฟู งานวิจัยทางด้านชีวกลศาสตร์นำเสนอเหตุผลของการบาดเจ็บ Lateral epicondylitis (Tennis elbow) ว่า กล้ามเนื้อ Extensor carpi radialis brevis ทำงานหนักจนเกินไป (Morris., Jobe., Perry., Pink., & Healy., 1989)

นักชีวกลศาสตร์ Knudson and Blackwell. (1997) กล่าวถึง การใช้เทคนิคที่ผิดระหว่างการรับลูกแบบ Backhand เป็นผลให้เกิดการใช้งานกล้ามเนื้อมากเกินไปได้ นอกจากนี้ยังมีการนำชีวกลศาสตร์มาใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงานเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการใช้งานที่มากเกินไป ช่วยออกแบบกายอุปกรณ์ (Prosthetics and orthotics) สำหรับช่วยเหลือให้ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ชีวกลศาสตร์กับการกีฬา

การประยุกต์วิชาฟิสิกส์และกลศาสตร์เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต ในทางกีฬาชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับร่างกายมนุษย์ใช้แรงกับตนเองและกับผู้อื่นในการปะทะกันของร่างกายได้รับผลอย่างไรจากแรงภายนอก ความรู้ที่ลึกซึ้งในทางชีวกลศาสตร์จะเป็นเครื่องชี้นำสำคัญสำหรับนักกีฬาเพื่อจะเลือกเทคนิคการฝึกซ้อมกีฬาได้เหมาะมากยิ่งขึ้นเพื่อตรวจสอบและเข้าใจถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ (2544) กล่าวว่า การศึกษาด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sports biomechanics) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์การกีฬาที่จะศึกษาถึงการวิเคราะห์ในเชิงชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยประยุกต์หลักวิชาสรีรวิทยา กายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2546) กล่าวว่า ในการจัดทำรูปแบบการออกกำลังในการฝึกหรือปรับสภาพของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ควรใช้หลักทางกลศาสตร์ของระบบคานเพื่อความเข้าใจถึงผลของการเปลี่ยนแปลงท่าทางผลของแรงพยายาม (Motive force) และแรงต้านทาน (Resistive force) ที่มีต่ออวัยวะต่าง ๆ เนื่องจากการเคลื่อนไหวนั้นจะต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลไกการเคลื่อนที่ 4 ประการ ประกอบด้วย

1.สร้างความสมดุลระหว่าง 2 แรง หรือมากกว่า 2 แรงขึ้นไป

2.ช่วยให้ใช้แรงพยายาม (Motive force) น้อยลง โดยเอาชนะแรงต้านทาง (Resistive force) ที่มากกว่า

3.ช่วยให้ได้เปรียบในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงด้วยความเร็ว เช่น การเคลื่อนน้ำหนัก (Load) หรือแรงต้านทาน (Resistance) ได้เป็นระยะที่ไกลหรือเร็วกว่าที่แรงพยายามทำได้

4.เปลี่ยนทิศทางของแรงพยายาม (Motive force) เช่น เคลื่อนแรงต้านทานไปทิศทางหนึ่งในขณะที่แรงพยายามเคลื่อนไปอีกทิศทางหนึ่ง

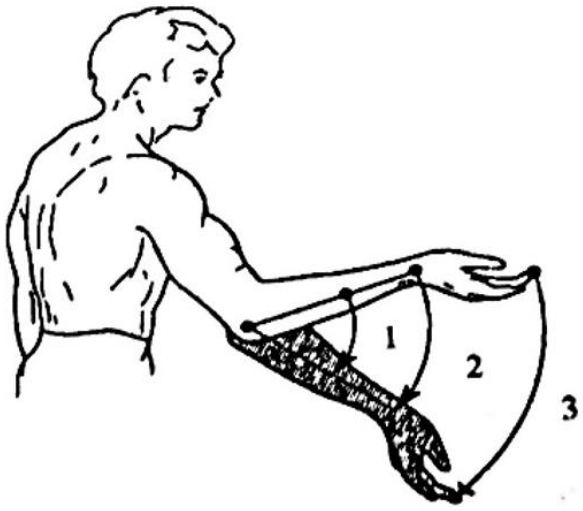
การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ไม่ได้มีเพียงแต่กีฬาแบดมินตันเท่านั้น ชีวกลศาสตร์ทางการกีฬายังศึกษาและวิเคราะห์ในกีฬาประเภทอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น เทนนิส Du., Zhou., and Wang. (2016) ศึกษาตัวแปรทางคิเนเมติกส์ของการเสิร์ฟลูกแรกในการแข่งขันที่ประเทศจีน ในนักกีฬาเทนนิสหญิงระดับโลก 2 ท่าน คือ เซเรน่า วิลเลี่ยม และ ซิโมน่า ฮาเล็บ ผลของการศึกษาพบว่า การเสิร์ฟลูกของนักกีฬาเพศหญิงระดับโลก สามารแบ่งได้เป็น 3 ช่วงของการเคลื่อนไหว ดังนี้ 1.ช่วงโยนบอล เซเรน่า โยนบอลสูงถึง 1.70 เมตร และซิโมน่า โยนบอลสูง 1.58 เมตร 2.ช่วงการเหวี่ยงไม้ไปด้านหลัง 3.ช่วงการเหวี่ยงไม้มาด้านหน้า เป็นต้น เทเบิลเทนนิส Bańkosz and Winiarski. (2017) ศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรทางคิเนเมติกส์ของการตีลูกหน้ามือและหลังมือด้วยวิธีการท๊อปสปิน ในนักกีฬาเทเบิลเทนนิสเพศหญิงจำนวน 12 คนที่มีทักษะและสมรรถภาพระดับสูง ผลการศึกษาและวิเคราะห์ พบว่าความเร็วสูงสุดของไม้เทเบิลเทนนิสเกิดขึ้นในช่วงกระทบกับลูกเทเบิลเทนนิส ผลของการศึกษาและวิเคราะห์นี้สามารถเพิ่มการฝึกเทเบิลเทนนิสเทคนิคได้โดยตรง

คิเนเมติกส์ (Kinematic)

การศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือร่างกาย ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยคำนึงถึงลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความเร็ว อัตราเร็ว อัตราเร่ง เวลา เป็นต้น ซึ่งจะไม่นำเรื่องของแรงพลังงาน และโมเมนตัม เข้ามาเกี่ยวข้อง

คิเนเมติกส์เชิงมุม (Angular kinematics)

คิเนเมติกส์เชิงมุม (Angular kinematics) เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ ที่เกิดขึ้นเมื่อทุกจุดของวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบแกนเดียวกัน การเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) มีความสำคัญมากเพราะว่าการเคลื่อนที่ของมนุษย์เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่เชิงมุมของรยางค์ต่าง ๆ รอบแกน เนื่องจากร่างกายมนุษย์จะประกอบไปด้วยกระดูกหลายชิ้น มาเรียงต่อกันเป็นโครงสร้างของร่างกาย ตำแหน่งของกระดูก 2 ชิ้นมาต่อกันเรียกว่า ข้อต่อ (Joint) ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดหมุนให้รยางค์ส่วนปลายสามารถหมุนรอบจุดหมุน (Axis of rotation)



รูปภาพที่ 3 แสดงถึง การเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) ของแขนรอบข้อศอก (Kreighbaum, 1996)

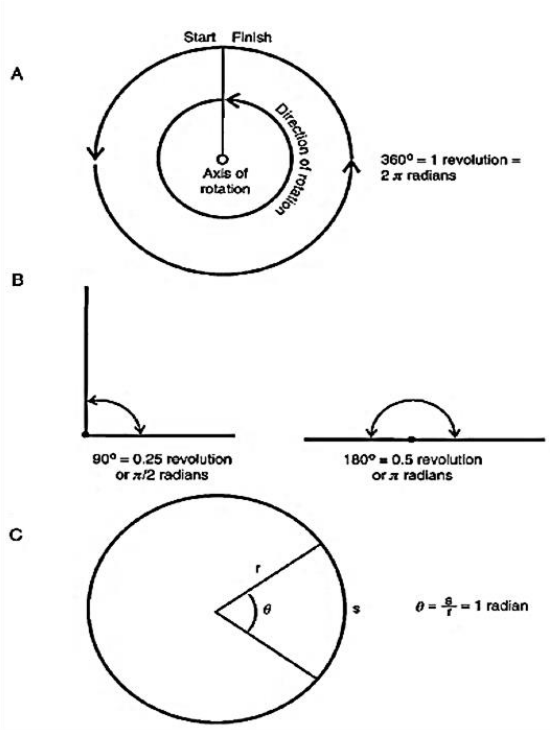
ตำแหน่งเชิงมุม (Angular position)

การที่เส้นหรือระนาบวางทำมุมกับอีกเส้นหรืออีกระนาบหนึ่ง สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ ประกอบด้วย ถ้าเส้นหรือระนาบที่ทำมุมกับเส้นหรือระนาบที่ไม่เคลื่อนที่ (Fixed reference) เทียบเคียงกับโลก (ตามแนวระนาบหรือแกน X, ตามแนวดิ่งหรือแกน Y) จะเรียกตำแหน่งเชิงมุมตำแหน่งนี้ว่า “ตำแหน่งเชิงมุมแท้จริง (Absolute angular position)” ส่วนอีกรูปแบบนั้น เส้นหรือระนาบทำมุมกับเส้นหรือระนาบที่อยู่ใกล้เคียงกันและสามารถเคลื่อนที่ได้ (Movable reference) จะเรียกตำแหน่งนี้ว่า “ตำแหน่งเชิงมุมสัมพันธ์ (Relative angular position)”

Chulalongkorn University

ระยะขจัดเชิงมุม (Angular displacement)

การเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) จากตำแหน่งเริ่มต้น (Initial position) จนถึงตำแหน่งสิ้นสุด (Final position) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของแขนหรือวัตถุ ซึ่งถูกเรียกว่า “ระยะขจัดเชิงมุม (Angular displacement)” แทนด้วยสัญลักษณ์ θ (Theta) มีหน่วย คือ องศา (Degrees) หรือ องศา (Radians) โดยที่ทิศทางการเคลื่อนที่จะเป็นบวก (ทวนเข็มนาฬิกา; Counter clockwise) หรือเป็นลบ (ตามเข็มนาฬิกา; Clockwise) ขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่



รูปภาพที่ 4 แสดงถึง หน่วยของการวัด (A) รอบ (B) องศา และ (C) เรเดียน
(Joseph. & Knutzen, 2006)

ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity)

เมื่อวัตถุหรือร่างกายหมุนรอบแกนหรือจุดหมุน สามารถบอกความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่รอบแกนได้ เรียกว่า ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) มีหน่วย คือ องศาต่อวินาที หรือเรเดียนต่อวินาที และสามารถแทนด้วยสัญลักษณ์ $\boldsymbol{\omega}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

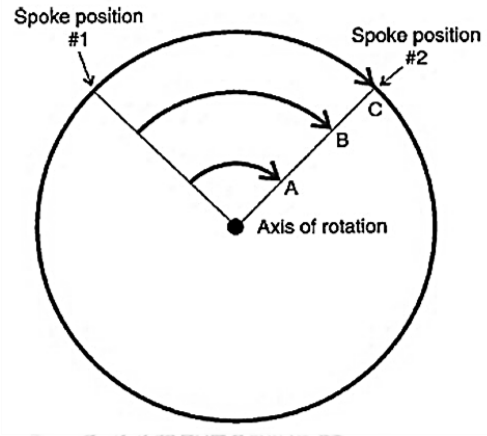
$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

โดยที่ ω แทนที่ ความเร็วเชิงมุม
(Angular speed or Angular velocity)

θ แทนที่ ระยะขจัดเชิงมุม
(Angular distance or Angular displacement)

t แทนที่ เวลาที่วัตถุหรือร่างกายเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด (Initial position to final position)

การเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) ในรูปแบบของระยะทาง (θ) และความเร็ว (ω) แต่เนื่องจากร่างกายมนุษย์มีความเกี่ยวข้องกันกับการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้น (Linear motion) และการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular motion) เพราะฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงคงวามสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม



รูปภาพที่ 5 ระยะทางหรือระยะขจัดเชิงเส้น (Linear distance or Linear displacement) ที่วัตถุเคลื่อนที่ไปและความเร็วเชิงเส้น ณ ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous linear speed or Velocity) ของตำแหน่งที่วัตถุหมุนรอบแกนด้วยรัศมีที่แตกต่างกัน
(Joseph. & Knutzen, 2006)

$$s = r\theta$$

โดยที่ s แทนที่ ระยะทางหรือระยะขจัดเชิงเส้น (Linear distance or linear displacement)

r แทนที่ รัศมีของการหมุน (Radius of rotation)

θ แทนที่ มุมที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ (Angle of movement)

จากรูปที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง หรือ ระยะขจัดเชิงมุม (Linear distance or Angular displacement) กับระยะทาง หรือ ระยะขจัดเชิงเส้น (Linear distance or Linear displacement) ที่วัตถุหมุนรอบแกนใน 3 ตำแหน่ง และยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงมุม (Angular Speed or Angular velocity) และความเร็วเชิงเส้น (Linear speed or Linear velocity) ที่ 3 ตำแหน่งดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมการที่ $s = r\theta$ จะเห็นได้ว่า ตำแหน่ง C วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทางหรือระยะขจัดเชิงเส้นที่มากกว่าวัตถุที่ตำแหน่ง B เพราะรัศมีจากแกน (Axis) ถึงตำแหน่ง C มากกว่าถึงตำแหน่ง B ดังนั้น ถ้ารัศมีการหมุน (Radius of rotation) ที่ตำแหน่ง A เท่ากับ 0.3 เมตร จะได้ระยะทางเชิงเส้น (Linear distance) เท่ากับ 0.6 เมตร รัศมีของการหมุนที่ตำแหน่ง B เท่ากับ 0.6 เมตร จะได้ระยะทางเชิงเส้น เท่ากับ 1.2 เมตร และรัศมีของการหมุนที่ตำแหน่ง C เท่ากับ 0.9 เมตร จะได้ระยะทางเชิงเส้น เท่ากับ 1.8 เมตร

ความเร็วเชิงเส้น (Linear speed or Linear velocity) นั้น ยิ่งมีการเพิ่มขึ้นของระยะรัศมีของการหมุน (Radius Of Rotation) มากเท่าไหร่ ความเร็วเชิงเส้นก็จะเพิ่มมากขึ้น จากรูปที่1.6 วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเชิงมุม (Angular Distance) เท่ากับ 2 เรเดียน ใช้เวลา 0.5 วินาที จึงได้ส่วนความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) เท่ากับ4 เรเดียนต่อวินาที (rad/s) เท่ากันทุกตำแหน่ง แต่จะได้ความเร็วเชิงเส้นที่ตำแหน่ง A เท่ากับ 1.2 เมตรต่อวินาที ตำแหน่ง B เท่ากับ 2.4 เมตรต่อวินาที และตำแหน่ง C เท่ากับ 3.6 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับนักกีฬา เช่น ไม้กอล์ฟ ไม้แบดมินตัน ไม้เทนนิส และอื่น ๆ จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น ความเร็วเชิงมุม และรัศมีในการหมุน

ความเร็วเชิงเส้นที่ตำแหน่งไกลจากแกนของการหมุน (Axis of rotation) จะมีมากกว่าตำแหน่งที่อยู่ใกล้แกนของการหมุน ด้วยความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) เท่ากัน ดังนั้นการจับไม้แบดมินตัน ไม้เทนนิส ไม้กอล์ฟ ไกลจากหน้าไม้จะช่วยเพิ่มรัศมีของการหมุน และเพิ่มความเร็วเชิงเส้นของหน้าไม้ขณะกระทบลูกได้ (Impact position) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นกีฬาดังกล่าวนี้จะเพิ่มความยาวของรยางค์ของผู้เล่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความเร่งเชิงมุม (Angular acceleration)

อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วเชิงมุม มีหน่วย คือ องศาต่อวินาที^{2} หรือ เรเดียนต่อวินาที^{2} แทนด้วยสัญลักษณ์ “α”

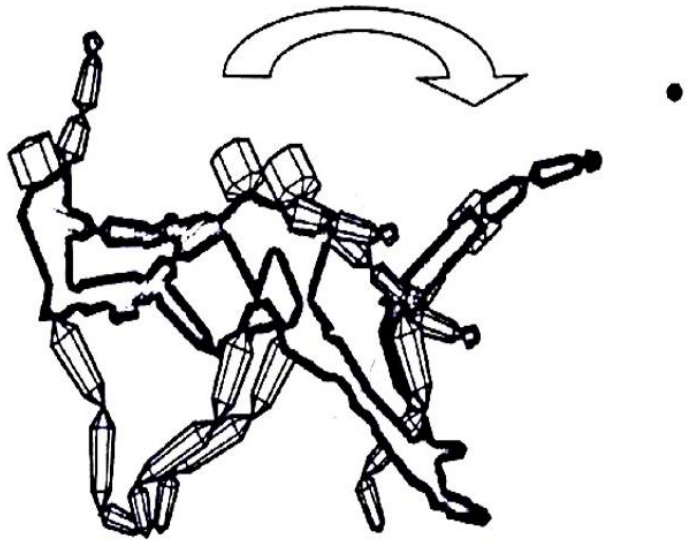
$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

โดยที่ α แทนที่ ความเร่งเชิงมุม (Angular acceleration)

ω แทนที่ ระยะขจัดเชิงมุม (Angular displacement)

t แทนที่ เวลาที่วัตถุ หรือ ร่างกาย เคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นจนสิ้นสุด (Initial to final position)

เพราะฉะนั้น เมื่อใดที่วัตถุมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น วัตถุจะมีความเร่งเพิ่มขึ้น มีทิศทางเชิงมุมเป็นบวก และเมื่อวัตถุสูญเสียความเร็ว วัตถุจะมีความเร่งลดลง ทิศทางเชิงมุมเป็นลบ



รูปภาพที่ 6 แสดงถึง ความเร่งและความหน่วงเชิงมุมของแขน

(Bartlett, 2014)

ดังนั้น การศึกษาทางคิเนเมติกส์ ทั้งเชิงเส้น และเชิงมุม เป็นส่วนประกอบที่จะถูกเชื่อมโยงในการศึกษาท่าทางอย่างเป็นรูปแบบในนักกีฬาทุก ๆ ประเภท เพื่อพัฒนาเทคนิคทักษะ และสร้างแบบฝึกเพื่อพัฒนาไปสู่ความสามารถสูงสุดในแต่ละประเภทกีฬา

กล่าวโดยสรุป การศึกษาทางคิเนเมติกส์ ธราดล ดีประชา (2556) กล่าวว่า เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือร่างกาย โดยคำนึงถึงลักษณะรูปแบบและส่วนประกอบของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหว ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยไม่คำนึงถึงแรงที่มากระทำ ที่ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ เช่น ระยะทาง (Distance), การเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacement), ความเร็วในการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว (Velocity), และความเร่งในการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว (Acceleration) เป็นต้น นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความสามารถในการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของกีฬาหรือนักกีฬา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

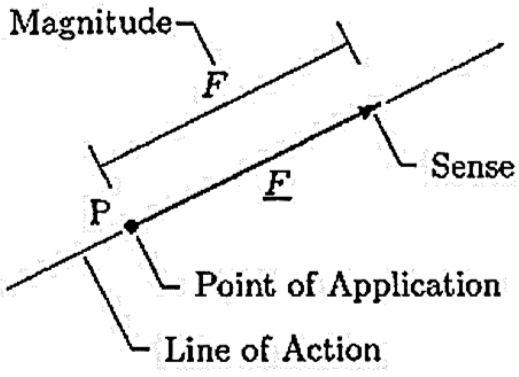
คิเนติกส์ (Kinetic)

การศึกษาแรงที่ทำ ให้เกิดการเคลื่อนไหว (Force) ซึ่งอาจจะเป็นแรงที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อหรือแรงกระทำจากภายนอกร่างกาย กำลัง (Power) และพลังงานที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการเคลื่อนที่ไป เช่น ศึกษาแรงปฏิกิริยาตอบโต้ (Ground reaction force) หรือแรงรอบจุดหมุนของข้อต่อ (Moment) การได้เปรียบเสียเปรียบเชิงกลและพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในกิจกรรมนั้น ๆ เช่น การกระโดดสูง การว่ายน้ำ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แรง (Force)

การผลักหรือการดึงเท่านั้น แต่ถ้าต้องการกล่าวถึงแรงในภาษาทางการมากกว่านี้แรงคือปฏิกิริยาระหว่างวัตถุสองสิ่ง หรือระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อม เช่น เราเตะบอล เรากำลังออกแรงไปสู่ลูกบอลให้ลูกบอลเดินทางไปในทิศทางที่เราต้องการ หรือเรายืนอยู่เฉย ๆ โลกก็ออกแรงดึงเราให้อยู่บนพื้นไม่ให้ลอยออกไปนอกโลก



รูปภาพที่ 7 แสดงถึง องค์ประกอบของแรง
(Özkaya., Leger., Goldsheyder., & Nordin., 2012)

แรงประกอบไปด้วยองค์ประกอบเฉพาะ 4 ประเภท ดังรูปภาพที่ 1.6

1.ขนาด (Magnitude) หมายถึง ปริมาณของแรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน หรือ ปอนด์ เช่น 44 นิวตัน หรือ 10 ปอนด์

2.ทิศทาง (Direction) หมายถึง ทิศทางที่แรงกระทำต่อวัตถุ เช่น ทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิว 60 องศา

3.จุดที่แรงกระทำต่อวัตถุ (Point of application) หมายถึง ตำแหน่งที่แรงกระทำต่อวัตถุ หรือ รับแรงเข้าสู่ระบบ

4.แนวการกระทำ (Line of action) หรือเส้นแนวแรง (Line of force) หมายถึง เส้นตรงที่ลากจากจุดที่แรงกระทำต่อวัตถุ (Point of application) ไปตามทิศทางของแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แรงเป็นปริมาณเวคเตอร์ดังนั้นแรงจึงมีทั้งขนาดและทิศทาง การรวมแรงจึงต้องทำด้วยการบวกหรือลบเวคเตอร์เท่านั้น ไม่สามารถทำโดยการบวกหรือลบธรรมดา แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน *(N)* หรือ $\frac{kg \times m}{s^2}$

รูปภาพที่ 8 แสดงถึง ตัวอย่างแรงผลักและแรงดึง
ปรับปรุงจาก (ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, 2553)

วัตถุหรือร่างกายประกอบด้วยวัสดุปริมาณหนึ่งไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ เรียกว่า “มวล” ของวัตถุ (Mass) ซึ่งใช้เป็นปริมาณในการวัดแรงต้านการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์เคลื่อนที่ของวัตถุ (Inertia) ดังนั้น ถ้าวัตถุหรือร่างกายมีมวลมาก แรงต้านการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์เคลื่อนที่ของวัตถุหรือร่างกายก็จะมีมากตามกันไปด้วย

มวล (Mass)

เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่บอกถึงปริมาณสสาร ซึ่งโดยมากมวลจะแสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ (ความเฉื่อย) ถ้ามีแรง (แรงลัพธ์ไม่เท่ากับศูนย์) มากระทำต่อวัตถุ วัตถุที่มีมวลน้อยก็จะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ (เปลี่ยนความเร็ว) ได้เร็วกว่า วัตถุที่มีมวลมาก มวลมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) สิ่งหนึ่งที่บุคคลที่เริ่มศึกษากลศาสตร์จะสับสนกันมากคือความแตกต่างระหว่างมวลและน้ำหนัก มวล คือ สสารที่วัตถุมี ดังนั้น มวลคือสิ่งที่จับต้องได้น้ำหนัก คือ แรงที่โลกกระทำต่อวัตถุ น้ำหนักต้องมีหน่วยเป็นนิวตัน ดังนั้น วัตถุใด ๆ ก็ตามจะมีมวลเท่ากันเสมอไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม แต่จะมีน้ำหนักแตกต่างกันไป ตามแต่แรงดึงดูดของสถานที่ เช่น โลก ดาวพุธ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ เป็นต้น

กฎของนิวตัน (Newton’s laws)

ในการเคลื่อนที่ทุกอย่างของวัตถุที่มีขนาดใหญ่ จะสัมพันธ์กับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3 ข้อดังนี้

1.วัตถุจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ถ้ามีแรงลัพธ์ที่เป็นศูนย์มากระทำ

หรืออาจจะกล่าวได้ว่า วัตถุจะคงสภาพการเคลื่อนที่เดิม ถ้าไม่มีแรงใด ๆ มากระทำต่อวัตถุ กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน จะพบการประยุกต์ใช้บ่อยมากในทางสถิตยศาสตร์เช่น อาคารต่าง ๆ หรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่นิ่งต่าง ๆ แต่ในแง่ของการกีฬาจะพบบ่อยมากในกีฬาสเก็ตน้ำแข็ง เมื่อนักสเก็ตน้ำแข็งจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ขณะที่ไถลไปตามน้ำแข็ง (แต่อย่างไรก็ตาม ความเร็วของนักสเก็ตน้ำแข็งจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากแรงเสียดทานและแรงต้านของอากาศ)

2.วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งถ้ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ

กฎข้อที่สอง เป็นกฎที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนิวตัน เมื่อไรก็ตามที่วัตถุได้รับแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น ผลัก ดึง ลาก เตะ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไปตามทิศทางของแรงภายนอก นอกจากนี้ถ้าแรงที่มากระทำต่อวัตถุมาก การเคลื่อนที่ของวัตถุก็จะเร็วขึ้น หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประยุกต์ของกฎข้อที่สองของนิวตันมีหลายอย่าง เช่น การที่ไลน์แมนของทีมอเมริกันฟุตบอลหยุดเกมการวิ่งของคู่ต่อสู้ เมื่อไลน์แมนนั้นออกแรงในทิศทางตรงกันข้ามกับการวิ่งของคู่ต่อสู้ด้วยแรงที่มากพอก็จะทำให้ความเร่งของคู่ต่อสู้ลดลงจนเป็นศูนย์หรือหยุดลงได้ หรือการเคลื่อนที่ของรถยนต์ได้รับแรงมาจากเครื่องยนต์เป็นต้น

จากสมการ $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ สามารถสรุปใจความที่สำคัญได้ดังนี้

2.1 ถ้าแรงคงที่ วัตถุที่มีมวลน้อยกว่า จะมีความเร่งมากกว่า นั่นหมายความว่า วัตถุที่มีมวลน้อยกว่าจะเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่า เช่น นักกีฬาที่ตัวเล็กจะมีความคล่องแคล่วมากกว่าทำให้เหมาะกับกีฬาที่อาศัยความคล่องแคล่ว เช่น แบดมินตัน ปิงปอง มากกว่า

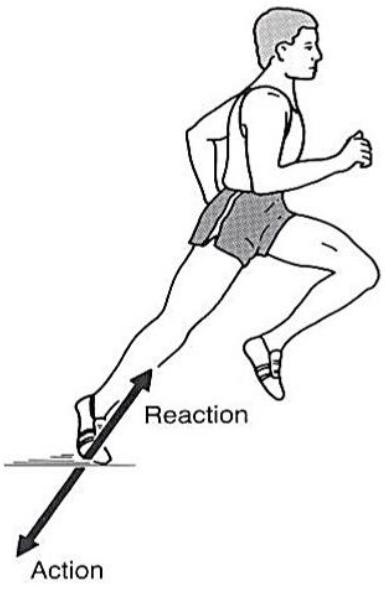
2.2 ถ้าความเร่งคงที่ มวลที่มากขึ้นจะทำให้เราต้องออกแรงมากขึ้นในการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ เช่น นักกีฬาที่ต้องอาศัยการปะทะ อาทิ ซูโม่ หรือยูโด คนที่มีมวลมากจะได้เปรียบกว่านักกีฬาที่มีมวลน้อย

2.3 ถ้ามวลคงที่ แรงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร่งเพิ่มขึ้น เช่น การเร่งคันเร่งของรถยนต์ให้มากขึ้นก็จะทำให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น

3.แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา แต่มีทิศทางตรงกันข้าม และทำอยู่บนวัตถุต่างชิ้นกัน

แรงเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ เช่น แรงดึงดูด ดังนั้น แรงจะมาเป็นคู่เสมอ พิจารณาการยืนของเราบนโลก ถ้าเรายืนถ่ายน้ำหนักของเราลงบนโลกด้วยฝ่าเท้าของเรา (แรงกิริยา) ถ้าโลกไม่ออกแรงต้าน (แรงปฏิกิริยา)ดังนั้น เช่น วัตถุอันหนึ่งออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกอันหนึ่ง วัตถุชิ้นที่ 2 ย่อมออกแรงกระทำตอบด้วยขนาดเท่ากันแต่อยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกันกับวัตถุชิ้นที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



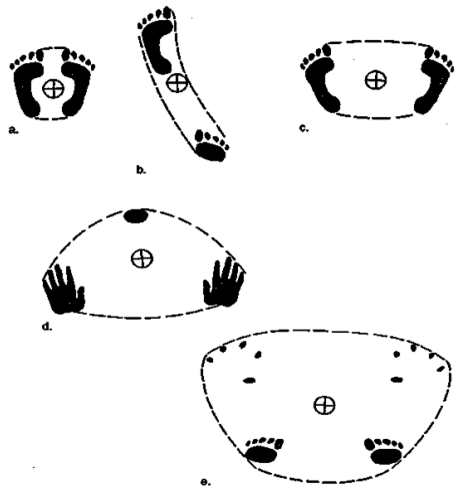
รูปภาพที่ 9 แสดงถึง แรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงกิริยาในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น
(Knudson., 2007)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความมั่นคงหรือความสามารถในการรักษาสมดุล

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความมั่นคงหรือความสามารถในการรักษาสมดุลภายใต้สถานการณ์ใด ๆ เป็นทักษะพื้นฐานของมนุษย์ เช่น การยืนด้วยขาข้างเดียวโดยไม่เกิดการสูญเสียสมดุล เพราะฉะนั้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อความมั่นคง (Stability) ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1.ขนาดของรูปร่างและฐานรองรับ (Base of support)

ปัจจัยแรกที่ส่งผลต่อความมั่นคงของวัตถุหรือมนุษย์ ประกอบด้วยส่วนของร่างกายที่สัมผัสกับพื้นผิวรองรับ เมื่อคนคนหนึ่งยืนอยู่ น้ำหนักของร่างกายของคนคนนั้นจะตกลงบนเท้าทั้ง 2 ข้าง ฐานรองรับจะมีพื้นที่ตั้งแต่เท้าทั้ง 2 ข้างและพื้นที่ว่างระหว่างเท้า ถ้ายืนแยกเท้าออกจากกัน ฐานรองรับจะมีความกว้างเพิ่มมากขึ้น ความสมดุล (Equilibrium) จะเพิ่มมากขึ้น หรือคนคนหนึ่งยืนด้วยการมีไม้ค้ำยันรองรับน้ำหนักตัว คนคนนี้จะฐานรองรับที่รวมพื้นที่เท้าและไม้ค้ำยัน ซึ่งส่งผลให้มีความมั่นคงมากกว่า ถ้าคนคนนี้วางไม้ค้ำยันค่อนไปทางด้านหน้า และทำให้ฐานรองรับเป็นรูปสามเหลี่ยมแทนที่จะวางอยู่แนวเดียวกันกับเท้า

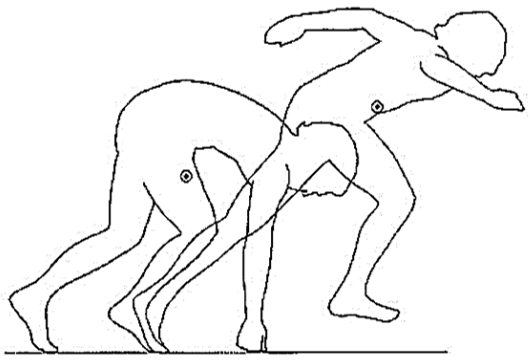


รูปภาพที่ 10 แสดงถึง ฐานรองรับ (Base of support)

(Hamilton., 2011)

2.ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง (Height of center of gravity)

โดยปกติแล้วจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) ในมนุษย์ที่ยืนในลักษณะตัวตรงจะอยู่บริเวณกระดูกสันหลังระดับก้น (Sacrum) ชิ้นที่ 2 แต่ถ้าคนคนนั้นยกแขนขึ้นเหนือศีรษะ หรือยกของไว้ระดับเอว จุดศูนย์ถ่วงจะเคลื่อนที่สูงขึ้นและจะส่งผลให้ความสมดุลลดลง การลดลงของจุดศูนย์ถ่วงหรือการที่จุดศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำลงจะส่งผลให้เกิดความมั่นคงที่เพิ่มขึ้น



รูปภาพที่ 11 แสดงถึง ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity)

(Hamilton., 2011)

3.ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นแนวของศูนย์ถ่วง (Line of gravity) กับฐานรองรับ (Base of support)

วัตถุจะคงอยู่ในสภาวะสมดุลตราบเท่าที่ เส้นแนวของศูนย์ถ่วง (Line of gravity) ยังตกอยู่ภายใต้ฐานรองรับ (Base of support) เมื่อแรงโน้มถ่วงโลก (Gravity) ที่มากระทำต่อร่างกายมีทิศทางที่ชี้ลงสู่พื้นนั้นยิ่งใกล้กึ่งกลางของฐานรองรับมากเท่าไหร่ ส่งผลให้มีความมั่นคงที่เพิ่มมากขึ้นเท่านั้น แต่ถ้าเส้นแนวของศูนย์ถ่วง อยู่ใกล้ขอบของฐานรองรับมากเท่าไหร่จะส่งผลให้เสียสมดุลมากขึ้นเท่านั้น เมื่อร่างกายมีการเกิดขึ้นของการเสียสมดุลร่างกายจะตอบสนองอัตโนมัติในการสร้างฐานรองรับขึ้นมาใหม่ซึ่งต้องการอาศัยการควบคุมทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ดี

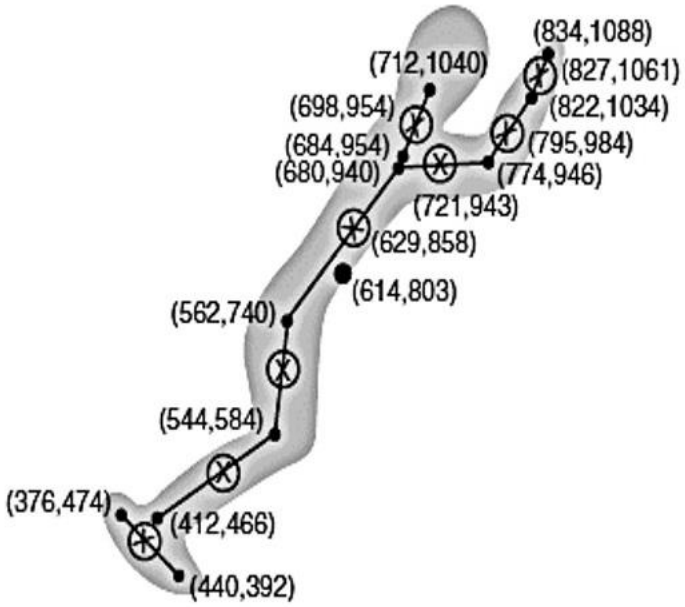
จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงโลก (Center of Gravity) ของร่างกายมนุษย์

จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงโลก (Center of gravity : CG) ของร่างกาย หมายถึง จุดที่ร่างกายอยู่ในสมดุลโดยปราศจากแนวโน้มในการหมุน หรือเป็นจุดสมมติที่แรงโน้มถ่วงโลกกระทำต่อร่างกาย เนื่องจากจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงมักจะเป็นจุดอ้างอิงในระบบที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ จากแนวคิดที่ว่าจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงของร่างการเป็นจุดที่แรงโน้มถ่วงโลก (Gravity) กระทำต่อร่างกาย โดยแรงโน้มถ่วงโลกที่กระทำต่อร่างกายนี้เรียกว่าน้ำหนัก (Weight) ของร่างกายนั่นเอง ดังนั้นเส้นแนวแรง (Line of action) จึงมีทิศชี้ลงสู่พื้นโลกในแนวดิ่ง

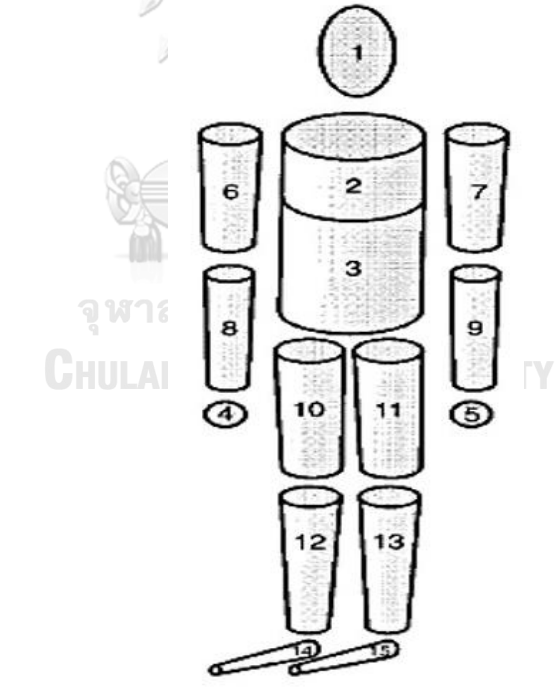
ตามจริงแล้วแรงโน้มถ่วงโลกดึงทุกอนุภาคของร่างกาย แต่ละส่วนของร่างกายจึงมีมวล (Mass) น้ำหนัก (Weight) และจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง แสดงตำแหน่งโดยประมาณของจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Body segments) ที่เชื่อมต่อกัน จุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะมีตำแหน่งอยู่ค่อนไปทางส่วนที่มีมวลมากกว่า ซึ่งมักจะเป็นส่วนต้น (Proximal End) ของร่างกาย

ร่างกายมนุษย์ไม่ได้เป็นวัตถุแข็งเป็นท่อนเดียวกัน (Rigid body) ดังนั้น ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงจึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งของรยางค์ต่าง ๆ ของร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปภาพที่ 12 แสดงถึง ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) ของแต่ละส่วนของร่างกาย (Joseph. & Knutzen, 2006)



รูปภาพที่ 13 แสดงถึง รูปจำลองของร่างกายมนุษย์ของ Hanavan (Joseph. & Knutzen, 2006)

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion)

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในอากาศ โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.แรงโน้มถ่วงโลก (Gravity) มีผลต่อเส้นทางการเคลื่อนที่โดยส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งแบบพาราโบลา (Parabola curve)

2.เมื่อความสูงในขณะที่ปล่อยวัตถุ (Height of release) และความสูงเมื่อวัตถุตกถึงพื้น (Height of landing) อยู่ในระดับเดียวกัน ระยะเวลาที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปจนถึงจุดสูงสุดจะเท่ากับระยะเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่จากจุดสูงสุดตกลงสู่พื้น

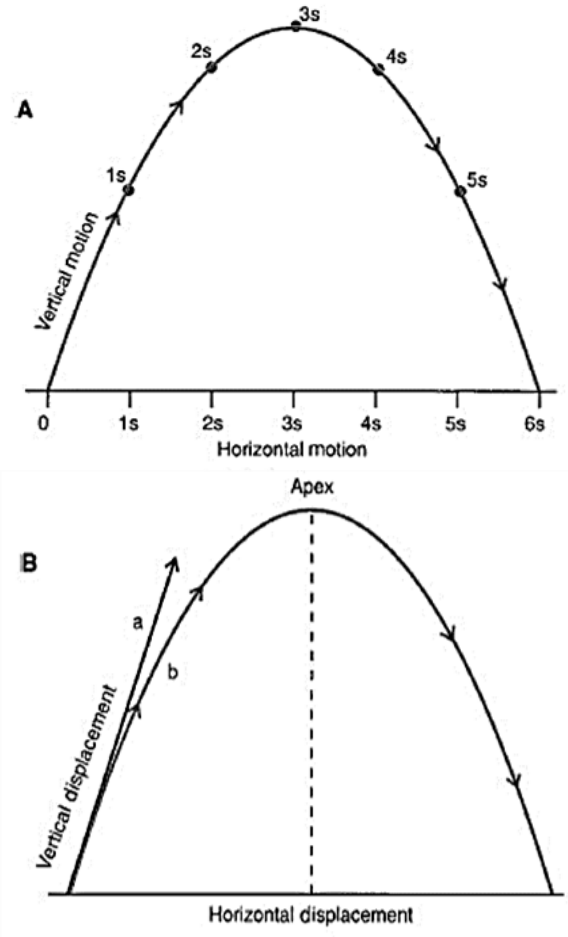
3.ความเร็วในแนวดิ่ง (Vertical velocity) จะเปลี่ยนแปลงจากทางบวกที่ตำแหน่งปล่อยวัตถุไปเป็นค่าศูนย์ที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่ (เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทาง) และกลายเป็นค่าลบเมื่อวัตถุตกลงสู่พื้น

4.แรงโน้มถ่วงโลก คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุขณะที่วัตถุลอยอยู่กลางอากาศ ซึ่งส่งผลก่อให้เกิด ความเร่งในแนวดิ่ง (Vertical acceleration) มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาที^{2} และมีทิศทางลงสู่พื้น

5.เนื่องจากไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวราบ เพราะฉะนั้น ความเร่งในแนวราบ (Horizontal acceleration) ของวัตถุจะมีค่าเท่ากับศูนย์ ส่งผลให้ ความเร็วในแนวราบจะคงที่สม่ำเสมอ

6.ระยะเวลาของวัตถุที่ลอยอยู่ในอากาศจะขึ้นอยู่กับความเร็วในแนวดิ่ง (Vertical velocity) ในขณะที่ปล่อยวัตถุและรวมถึงความสูงในการปล่อยวัตถุที่สูงกว่าพื้นที่วัตถุตกลง

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ 2 ส่วนคือ แนวราบ (Horzontal component) ที่แรงต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ และตามแนวดิ่ง (Vertical component) ซึ่งแรงโน้มถ่วงโลกจะส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนที่



รูปภาพที่ 14 แสดงถึง วิธีการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาของโพรเจกไทล์ (A) และ การเคลื่อนที่ปราศจากแรงโน้มถ่วงโลกและไม่ปราศจากแรงโน้มถ่วง (B)

(Joseph. & Knutzen, 2006)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

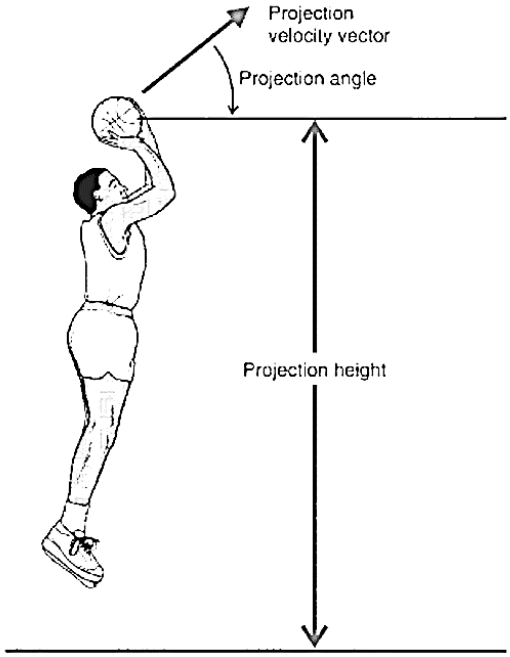
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile trajectory)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile trajectory) ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1.มุมของการเคลื่อนที่ (Angle of projection)

2.ความเร็วของการเคลื่อนที่ (Velocity of projection)

3.ความสูงสัมพัทธ์ของการเคลื่อนที่ (Relative height of projection)



รูปภาพที่ 15 แสดงถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
(Joseph. & Knutzen, 2006)

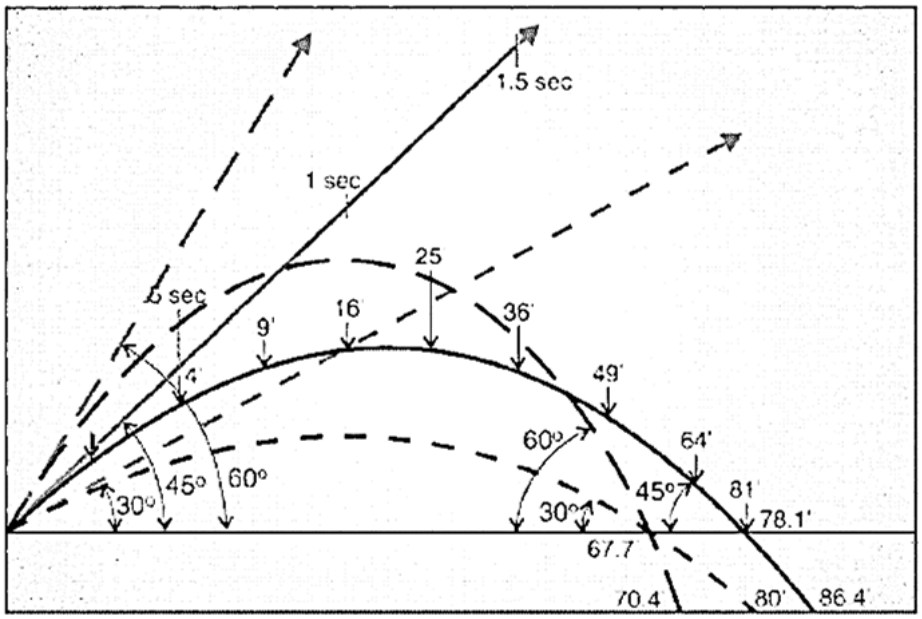
มุมของการเคลื่อนที่ (Angle of projection)

รูปร่างหรือรูปแบบในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ขึ้นอยู่กับมุมในการเคลื่อนที่ โดยทั่วไปจะมีด้วยกัน 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1.ถ้ามุมในการเคลื่อนที่อยู่ในแนวดิ่ง (90˚) การเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในแนวดิ่ง

2.ถ้ามุมในการเคลื่อนที่อยู่ในแนวราบ (0˚) การเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในแนวราบ

3.ถ้ามุมในการเคลื่อนที่อยู่ในแนวทแยง ระหว่าง 0˚ ถึง 90˚ การเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นเป็นรูปแบบพาราโบลา



รูปภาพที่ 16 แสดงถึง ขนาดและรูปร่างของการเคลื่อนที่ของวัตถุในมุมที่แตกต่างกัน (Joseph. & Knutzen, 2006)

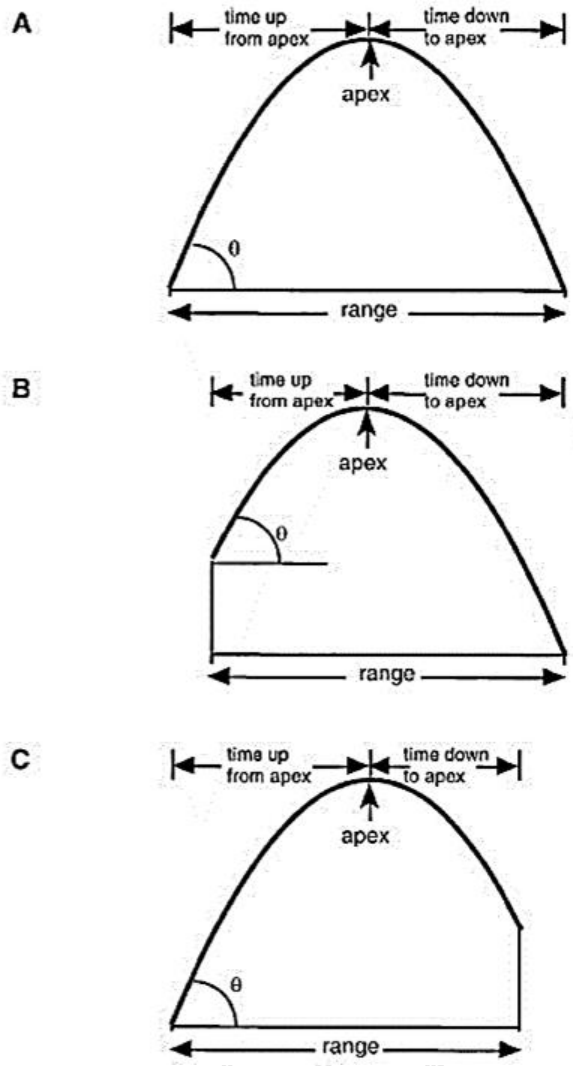
ความเร็วของการเคลื่อนที่ (Velocity of projection)

ระยะทางที่วัตถุหรือร่างกายเคลื่อนที่ไปได้ เป็นผลคูณระหว่างความเร็วของการเคลื่อนที่ตามแนวราบ (Horizontal velocity) กับเวลาที่วัตถุลอยอยู่ในอากาศ (Flight time)

ความสูงสัมพัทธ์ของการเคลื่อนที่ (Relative height of projection)

ปัจจัยที่ 3 ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือ ความสูงสัมพัทธ์ของการเคลื่อนที่เป็นความแตกต่างระหว่างความสูงของวัตถุหรือร่างกาย ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ และความสูงของวัตถุหรือร่างกายที่ตกลงมาถึงพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

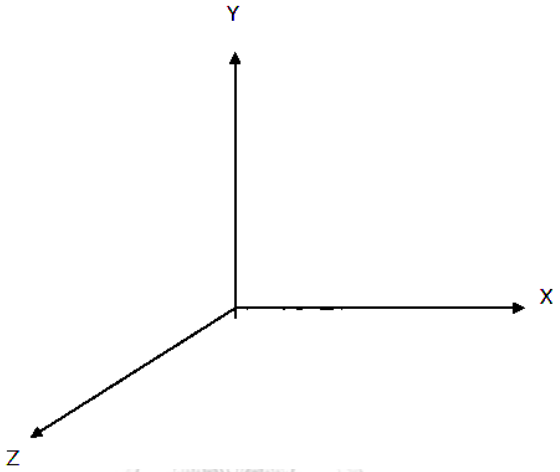


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพที่ 17 แสดงถึง ความสูงสัมพัทธ์ของการเคลื่อนที่รูปแบบโพรเจกไทล์
(Joseph. & Knutzen, 2006)

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 2 มิตินั้น เป็นวิธีการที่สะดวกแต่ข้อมูลที่ได้มาไม่ละเอียดมากเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนที่และการเคลื่อนไหวของมนุษย์ประกอบไปด้วย 3 ระนาบ ซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้มาเป็นได้เมื่อใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ เช่น เมื่อต้องการศึกษาการขว้างจักรหรือทุ่มน้ำหนัก การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นใน 3 ระนาบ และหมุนรอบแกน 3 แกน



รูปภาพที่ 18 แสดงถึง แกนการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวในระนาบต่าง ๆ ทั้ง 3 ระนาบ (สบสันต์ มหานิยม, 2553)

เมื่อทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทั้ง 3 ระนาบ จะต้องมีข้อจำกัด หรือข้อตกลงเบื้องต้น คือ อวัยวะที่เคลื่อนที่และเคลื่อนไหวนั้นจะต้องมีรูปทรงต้องไม่เปลี่ยนแปลง แนวของจุดศูนย์ถ่วงของอวัยวะที่เคลื่อนที่และเคลื่อนไหวนั้นจะเกิดขึ้นบริเวณโดยรอบข้อต่อของอวัยวะนั้น และแกนของข้อต่อจะถูกตรึงให้หมุนไปตามระนาบที่อ้างอิงอย่างไม่มีแรงเสียดทาน

การจัดตำแหน่งของกล้องในขณะทำการวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวแบบ 2 มิตินั้น สามารถติดตั้งกล้องโดยใช้กล้องเพียง 1 ตัวก็เพียงพอ แต่สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวแบบ 3 มิตินั้น จะต้องใช้กล้องอย่างน้อยสุด 2 กล้อง ซึ่งกล้องทั้ง 2 กล้องวางห่างกันเป็นมุม 60-90 องศา ซึ่งกันและกัน เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งของมาร์คเกอร์ได้อย่างแม่นยำและชัดเจนที่สุดทั้ง 3 มิติ

กีฬาแบดมินตัน

เกมการแข่งขันกีฬาแบดมินตันในปัจจุบันนี้ประกอบไปด้วยประเภท ชายเดี่ยว หญิงเดี่ยว ชายคู่ หญิงคู่ และคู่ผสม ในแต่ละประเภทประกอบด้วย ทักษะ เทคนิคและแทคติก ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละประเภท เกมการแข่งขันกีฬาแบดมินตันจะประกอบไปด้วยหลาย ๆ ทักษะ เทคนิค และแทคติก เข้ามารวมกัน ฝ่ายใดสามารถแสดงออกทางความสามารถของทักษะ เทคนิคและแทคติกได้ดีกว่าย่อมมีเปอร์เซ็นต์ประสบความสำเร็จในเกมการแข่งขันนั้นมากกว่า

เกมการแข่งขันแบดมินตันจะประกอบไปด้วยการปฏิบัติทักษะสำคัญหลาย ๆ ทักษะ เทคนิค และแทคติก เช่น การเสิร์ฟลูก การตีลูกโด่ง การหยอด การตบ การตัดหยอด การตีลูกงัด และการตีลูกดาด เป็นต้น โดยเฉพาะการเสิร์ฟลูก เป็นทักษะการเริ่มเกมการแข่งขันที่มีผลต่อคะแนน และยังเป็นหัวใจของเกมการแข่งขันแบดมินตัน ด้วยเหตุผลที่ว่า ถ้าฝ่ายเสิร์ฟสามารถแสดงออกทางความสามารถในการเสิร์ฟได้ดี ส่งผลให้สามารถควบคุมรูปแบบเกมการแข่งขันนั้นได้ สามารถสร้างโอกาสให้ฝ่ายตนเองอยู่ในเกมบุกได้ ลดโอกาสของฝ่ายตรงกันข้ามในการเล่นเกมบุก และส่งผลให้คู่ต่อสู้ตีลูกกลับมาได้ยาก เพราะฉะนั้นการเสิร์ฟจึงมีความสำคัญต่อเกมการแข่งขันมากไม่น้อยไปกว่าทักษะอื่น ๆ

การเสิร์ฟลูกที่ดีนั้นต้องอาศัยทักษะที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความสามารถในการควบคุมข้อมือในการบังคับไม้แบดมินตัน ความแม่นยำในวางลูก และมีการฝึกซ้ำ ๆ จนเกิดเป็นความชำนาญ ฉะนั้น การเสิร์ฟลูก จึงถือได้ว่าเป็นทักษะ เทคนิค และแทคติก เริ่มต้นที่มีความสำคัญในการสร้างความได้เปรียบฝ่ายตรงกันข้ามตั้งแต่เริ่มต้นเกมการแข่งขัน การเสิร์ฟลูก แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักดังต่อไปนี้ การเสิร์ฟด้วยหน้ามือ และ การเสิร์ฟด้วยหลังมือ และการเสิร์ฟลูกจะมีเป้าหมายในการเสิร์ฟด้วยกัน 2 เป้าหมาย คือ การเสิร์ฟสั้น และการเสิร์ฟยาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบนักกีฬาแบดมินตัน

นักกีฬาแบดมินตันจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีปัจจัยที่แสดงออกทางความสามารถทางแบดมินตัน 5 ปัจจัยหลักด้วยกัน ดังต่อไปนี้ 1.เทคนิค 2.แทคติก 3.สมรรถภาพทางกาย 4.สภาพทางจิตวิทยา 5.การใช้ชีวิต เป็นต้น

PERFORMANCE FACTOR	EXAMPLES
TECHNIQUE	How to move and hit the shuttle.
TACTICS	Your decision making, depending upon your awareness.
PHYSICAL	Strength, speed, endurance, flexibility etc.
PSYCHOLOGICAL	Self-reliance, confidence, control, concentration, commitment.
LIFESTYLE	Balance of activities, time management, parents, nutrition, injury management.

รูปภาพที่ 19 แสดงถึง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถที่แสดงออกทางกีฬาแบดมินตัน (Woodward., 2011)

ในทุก ๆ ปัจจัยมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ถ้าการแข่งขันที่มีระยะเวลายาวนาน (Physical factor) มีความสัมพันธ์และมีความต้องการ โภชนาการที่ถูกต้องและเหมาะสม (Life style) หรือ การเคลื่อนที่และการตีในแต่ละลูกที่ดีขึ้น (Technique) ส่งผลต่อ โอกาสในการสร้างเกมบุก (Tactics) ดังนั้น ทั้ง 5 ปัจจัยเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน นักกีฬาแบดมินตันทุกคนควรที่จะมีพร้อม เพื่อการได้มาซึ่งชัยชนะและการพัฒนาการของการฝึกซ้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะการเสิร์ฟลูกแบดมินตัน

กิจกรรมการแข่งขันกีฬาทุกชนิด จะต้องมีการเริ่มต้นเกมการแข่งขัน เพื่อเปิดการแข่งขัน โดยเฉพาะกีฬาที่มีตาข่ายกั้นกลางระหว่างคู่แข่งขัน เช่น เทเบิลเทนนิส, เทนนิส, วอลเลย์บอล, เซปักตะกร้อ, และแบดมินตัน เป็นต้น การเริ่มต้นเพื่อเปิดเกมการแข่งขัน คือ การเสิร์ฟลูก หรือที่นิยมเรียกกันว่า “ลูกเสิร์ฟ” มีความหมายและความสำคัญมากโดยเฉพาะกีฬาแบดมินตัน อาจกล่าวได้ว่า การเสิร์ฟลูก หรือลูกเสิร์ฟ เป็นหัวใจของกีฬาแบดมินตันก็ว่าได้ การเสิร์ฟในกีฬาแบดมินตันจะต่างกันกับกีฬาประเภทอื่น ๆ ที่มีตาข่ายกั้นกลาง กล่าวคือ มีกติกาบังคับเอาไว้ส่งผลให้ลูกเสิร์ฟที่ถูกส่งขึ้นไปอย่างถูกต้องนั้นจะต้องมีวิถีที่พุ่งย้อนขึ้นไป จึงดูเหมือนว่าจะเป็นจุดเสียเปรียบ คือ อยู่ในสถานการณ์เกมรับมากกว่าเกมบุก ซึ่งต่างกับเซปักตะกร้อ เทนนิส หรือเทเบิลเทนนิส ที่มีลักษณะในการเสิร์ฟลูกแบบจู่โจม หรืออยู่ในสถานการณ์เกมบุกมากกว่าเกมรับ อย่างไรก็ตาม การเสิร์ฟลูกในกีฬาแบดมินตันก็มิได้หมายความว่า จะเป็นจุดเสียเปรียบเพียงอย่างเดียว หากนำไปศึกษาและปฏิบัติอย่างถูกต้องแล้ว การเสิร์ฟลูกกลับกลายจะเป็นจุดเด่นในการแข่งขันกีฬาแบดมินตัน

การเสิร์ฟลูก เป็นทักษะ เทคนิค และแทคติก ที่สำคัญในกีฬาแบดมินตัน ที่ถูกใช้ในทุกประเภทของการแข่งขัน แม้ว่าการเสิร์ฟลูกนั้นจะไม่ใช่เป็นทักษะ เทคนิค และแทคติก ที่อันตรายเมื่อเทียบเท่ากับทักษะอื่น ๆ ที่ใช้ในเกมบุก เช่น การตบ, การตัดหยอด, การหยอด, และการดาด เป็นต้น ก็ตาม แต่สิ่งที่สำคัญคือ การแข่งขันกีฬาแบดมินตันต้องใช้การเสิร์ฟลูกตลอดระยะเวลาการแข่งขันทั้งหมด หากผู้แข่งขันฝั่งใดมีความสามารถในการเสิร์ฟลูกได้ดี นั้นหมายถึง แม่นยำและสม่ำเสมอ จะส่งผลให้เป็นผู้ชนะในเกมการแข่งขันนั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะการเสิร์ฟลูกในกีฬาแบดมินตันจะประกอบ 3 ประเภทด้วยกัน ดังต่อไปนี้ (Woodward., 2011)

1.การเสิร์ฟลูกสั้น

2.การเสิร์ฟลูกยาว

3.การเสิร์ฟลูกฟริค

1.การเสิร์ฟลูกสั้น (Short serve)

การเสิร์ฟลูกสั้น การเสิร์ฟลูกในลักษณะนี้สามารถเสิร์ฟได้ทั้งหน้ามือและหลังมือ เป้าหมายของลูกเสิร์ฟสั้นไปตกลงบริเวณเส้นส่งลูกสั้นของฝั่งตรงกันข้าม วิถีและความชำนาญของลูกเสิร์ฟประเภทนี้ใช้ความชำนาญจากการฝึกให้เกิดความแม่นยำ โดยการใช้ข้อมือมากกว่าแรงเหวี่ยงของแขน เพื่อประมาณน้ำหนักพอที่ลูกขนไก่วิ่งข้ามพ้นและใกล้ตาข่ายมากที่สุด แล้วส่วนหัวของลูกขนไก่ จะปักลงต่ำ ตกลงบริเวณเส้นส่งลูกสั้น หรือมีระยะการเดินทางที่สั้นที่สุดแต่ไม่ตกลงบริเวณเสิร์ฟสั้น

2.การเสิร์ฟลูกยาว (Long serve)

การเสิร์ฟลูกยาว เป็นการเสิร์ฟจากลูกโยนโด่งจากหน้ามือด้านล่าง ซึ่งเป็นลูกที่ตีด้วยความแรงโดยใช้การเหวี่ยงของแขนไปพร้อมกับการทำงานของข้อมือ ผสมผสานการถ่ายโยงน้ำหนักจากเท้าที่วางด้านหลังไปสู่เท้าที่วางด้านหน้า การเสิร์ฟลูกยาวประเภทนี้ วิถีของลูกจะเป็นมุมกว้าง และจุดที่ลูกตกต้องอยู่ระหว่างเส้นเสิร์ฟลูกยาวประเภทคู่และเส้นท้ายสนามแบดมินตัน จึงจะถูกจัดว่าเป็นการเสิร์ฟลูกยาวที่ดี การเสิร์ฟลูกยาวส่วนมากมักถูกใช้ในการแข่งขันประเภทเดี่ยว นอกเหนือไปจากนั้น การเสิร์ฟลูกประเภทนี้ ส่งผลให้ฝั่งตรงกันข้ามต้องออกจากจุดศูนย์กลางของสนามแข่งขันและป้องกันการบุกจากการตบของฝั่งตรงกันข้าม และอีกทั้งยังช่วยเหลือให้ฝ่ายเสิร์ฟลูกมีเวลามากในการเตรียมตัวสำหรับลูกต่อไปที่จะเกิดขึ้น หรือการตีกลับมาจากฝั่งตรงกันข้าม

3.การเสิร์ฟลูกฟริค (Flick serve)

การเสิร์ฟลูกฟริค เป็นการเสิร์ฟลูกที่ผสมผสานกันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกยาวเข้าด้วยกัน ดังนั้น มุมในการส่งลูกเสิร์ฟฟริคจะมีมุมแหลม สามารถใช้ได้ทั้งหน้ามือและหลังมือในการเสิร์ฟ เป็นลูกที่ตีด้วยความเร็วของลูกที่มีมากกว่าความรุนแรง เป้าหมายของการเสิร์ฟลูกฟริค เป็นบริเวณมุมเส้นส่งลูกยาวในเกมการแข่งขันประเภทคู่และมุมเส้นท้ายสนามแบดมินตันในเกมการแข่งขันประเภทเดี่ยว วิถีของการเสิร์ฟลูกฟริคเมื่อพุ่งขึ้นพ้นตาข่ายส่วนหัวลูกขนไก่จะปักลงต่ำ ส่งผลให้คู่ต่อสู้รีบที่จะตีกลับมาด้วยการตีแบบรับมากกว่าบุก ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเสียเปรียบในเกมการแข่งขัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วงการเคลื่อนไหวของการเสิร์ฟ

ช่วงที่ 1 Preparing เป็นช่วงเริ่มต้นจากการยืนในท่าเตรียมพร้อมและมั่นคง ไม้แบดมินตันและลูกขนไก่ยื่นออกไปหน้าลำตัว ไปจนถึงไม้แบดมินตันเริ่มมีการถอยหลังเข้าหาลำตัว Back swing

ช่วงที่ 2 Back swing เริ่มต้นจากการเริ่มของไม้แบดมินตันที่เริ่มมีการเคลื่อนที่เข้าหาลำตัว ไปจนถึงการเริ่ม Forward swing ของไม้แบดมินตัน

ช่วงที่ 3 Forward swing เริ่มต้นจากการเคลื่อนที่ของไม้แบดมินตันออกจากลำตัว ไปจนถึงไม้แบดมินตันและลูกขนไก่กระทบกัน

ช่วงที่ 4 Follow-up เริ่มต้นหลังจากไม้แบดมินตันและลูกขนไก่กระทบกัน และหัวไม้แบดมินตันเคลื่อนที่สูงขึ้น (Shen, 2014; Woodward., 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟสั้นเฟรนซ์ (A modified French short serve test) (ภาคผนวก ก)

แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟสั้นเฟรนซ์ เป็นแบบทดสอบที่มีจุดประสงค์เพื่อ ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางทักษะของนักกีฬาแบดมินตันในการเสิร์ฟลูกสั้นในทุก ๆ ระดับความสามารถ ซึ่งลูกสั้นที่มีประสิทธิภาพจะต้อง ผ่านตาข่ายในแนวทแยงโดยใกล้กับตาข่ายมากที่สุด ระยะทางสั้นที่สุด และต้องไม่ตกลงในพื้นที่เสิร์ฟสั้นในฝั่งตรงกันข้าม โดยทดสอบการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูก มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน และมีพื้นที่เป้าหมายที่ได้คะแนนแตกต่างกันออกไปตามความยากง่าย จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า แบบทดสอบเสิร์ฟสั้นถูกใช้อย่างแพร่หลาย โดยค่า Reliability เท่ากับ .65, .91, .93, .91 และ Validity เท่ากับ .26, .40, .34, .26 ตามลำดับ (Washington, 1968) แบบทดสอบนี้ถูกใช้ในการทดสอบทักษะการเสิร์ฟในกีฬาแบดมินตันเรื่อยมา(CY. & BH., 2016; Goode & Magill., 1986; Toriola., Toriola., Dhaliwal., & Igbokwe., 2004; Yadav., Yadav., & Sharma., 2010)

แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟฟริคบอลลู (A modified Ballou drive serve test) (ภาคผนวก ข)

แบบทดสอบทักษะการเสิร์ฟฟริคบอลลู เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางทักษะของนักกีฬาแบดมินตันในการเสิร์ฟลูกฟริคในทุก ๆ ระดับความสามารถ คำว่า ฟริค หมายถึง การหมุนอย่างเร็วของข้อมือและแขนส่วนล่าง เพื่อทำให้คู่แข่งขันตะลึงหรือหลอก จากลูกที่มีวิถีช้ากลายเป็นลูกที่มีวิถีเร็ว (Wang. & Moffit., 2009) ซึ่งลูกฟริคที่มีประสิทธิภาพจะต้องในแนวทแยง ระยะทางยาวที่สุด และต้องไม่ตกลงในพื้นที่เสิร์ฟยาวในฝั่งตรงกันข้าม โดยทดสอบการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูก มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน และมีพื้นที่เป้าหมายที่ได้คะแนนแตกต่างกันออกไปตามความยากง่าย จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า แบบทดสอบเสิร์ฟฟริคถูกใช้อย่างแพร่หลาย โดยค่า Reliability .977 และ .934 ตามลำดับ (CY. & BH., 2016; Goode & Magill., 1986; Toriola. et al., 2004; Yadav. et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hussain., Ahmed., Bari., et al. (2011) ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของแขนในการเสิร์ฟยาวและเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือในนักกีฬาแบดมินตัน จุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของแขนในนักกีฬาแบดมินตันระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 6 คน การเก็บข้อมูลเป็นการเก็บข้อมูลในสถานการณ์ขณะแข่งขันจริง ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์และตัวแปรทางสัดส่วนของร่างกายส่วนบน ประกอบไปด้วย ความเร็วลูกขนไก่, ความสูงของลูกขนไก่ในขณะกระทบไม้แบดมินตัน, ความสูงของลูกขนไก่ในขณะเดินทาง, มุมของลูกขนไก่, มุมข้อต่อข้อมือ, มุมข้อต่อข้อศอก , และมุมของข้อต่อหัวไหล่ ค่าเฉลี่ยของอายุ, ส่วนสูง, และน้ำหนักของนักกีฬาแบดมินตันระดับมหาวิทยาลัย คือ อายุ (20.83±1.72) ปี, ส่วนสูง (167.13±7.06) เซนติเมตร, น้ำหนัก (59.00±3.68) กิโลกรัม กล้องที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ คือ Canon legria HF S10 ความละเอียด 60 Hz. และโปรแกรม Silicon Coach Pro7 ถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาในครั้งนี้ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ของการศึกษานี้ พบว่า เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของการเสิร์ฟยาวและเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือ คือ มุมข้อต่อข้อศอก , ความสูงของลูกขนไก่ในขณะกระทบไม้แบดมินตัน, และความสูงของลูกขนไก่ในขณะเดินทาง

Hussain., Ahmed., Mohammad., et al. (2011) ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยวีดิทัศน์ในทักษะการเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือและหลังมือในนักกีฬาแบดมินตัน จุดประสงค์เพื่อ ศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ (คิเนเมติกส์) ประกอบด้วย ความเร็วลูกขนไก่, มุมของไม้แบดมินตัน, และสัดส่วนต่าง ๆ ศึกษาและวิเคราะห์ในนักกีฬาแบดมินตันเพศชาย จำนวน 8 คน ค่าเฉลี่ยของอายุ, ส่วนสูง, และน้ำหนักของนักกีฬาแบดมินตันระดับมหาวิทยาลัย คือ อายุ (18.8±0.9) ปี, ส่วนสูง (174.8±3.5) เซนติเมตร, น้ำหนัก (66.9±4.5)กิโลกรัม กล้องที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ คือ Canon legria HF S10 ความละเอียด 60 Hz. และโปรแกรม Silicon coach pro7 ถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาในครั้งนี้ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างการเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือและการเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือ คือ มุมของไม้แบดมินตันและมุมของข้อต่อหัวไหล่ และยังพบว่ามีความสัมพันธ์ไปในแนวทาง ลบ ของ มุมของข้อต่อหัวไหล่และความเร็วของลูกขนไก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Hsueh., Chen., Pan., and Tsai. (2012) ศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการแย๊บ,การหยอดปั่น, และหยอดเลี้ยวด้วยหน้ามือในนักกีฬาแบดมินตัน จุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแปรทางคิเนเมติกส์ของรยางค์ส่วนบนของร่างกายในนักกีฬาแบดมินตันผู้ชาย ที่มีความสามารถสูงของประเทศไต้หวันจำนวน 8 คน ตัวแปรทางคิเนเมติกส์ถูกเก็บด้วยกล้อง Vicon system ความละเอียด (250Hz) และโปรแกรม Visual 3D software ถูกใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรที่ได้มา ผลการศึกษาและวิเคราะห์ของการศึกษานี้ พบว่า นักกีฬาแบดมินตันที่มีความสามารถสูงแสดงทักษะหรือปฏิบัติทักษะ การแย็บ ด้วยความเร็วเชิงมุมของข้อต่อรยางค์ส่วนบนของร่างกายน้อย แต่กลับกันในการแสดงทักษะหรือปฏิบัติทักษะ การหยอดปั่น นักกีฬาแบดมินตันมีความเร็วเชิงมุมของท่าทาง Forearm supination และ Wrist ulnar flexion. การหยอดเลี้ยวทางด้านหน้ามือแสดงให้เห็นถึงความเร็วเชิงมุมที่มีมากที่สุดในการทำท่าทาง Internal rotation ของข้อต่อหัวไหล่ Forearm pronation และระยะทางระหว่างแนวกลางลำตัวและจุดกระทบมีค่าน้อย

Shen (2014) ศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ (คิเนเมติกส์) ของทักษะการเสิร์ฟสั้น, เสิร์ฟยาว, และเสิร์ฟฟริคด้วยหน้ามือและหลังมือในนักกีฬาแบดมินตัน จุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเสิร์ฟด้วยหน้ามือและหลังมือในการเสิร์ฟทั้ง 3 ประเภท คือ เสิร์ฟสั้น, เสิร์ฟยาว, และเสิร์ฟฟริคในนักกีฬาแบดมินตันผู้ชายจำนวน 7 คนค่าเฉลี่ยของอายุ, ส่วนสูง, และน้ำหนักของนักกีฬาแบดมินตันระดับมหาวิทยาลัย คือ อายุ (20.1±1.7) ปี, ส่วนสูง (175.3±4.6) เซนติเมตร, น้ำหนัก (64.5±7.4) กิโลกรัม กล้องที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ คือ Digital cameras ความละเอียด 50 Hz. และโปรแกรม Ariel Performance Analysis System (APAS, San Diego, USA) ถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาในครั้งนี้ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เกิดความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟด้วยหน้ามือและหลังมือ และไม่เกิดความแตกต่างของการเสิร์ฟในช่วง ดึงไม้ถอยหลัง (Back swing phase) ด้วยหน้ามือและหลังมือทั้ง 3 ประเภทของการเสิร์ฟ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

- เกิดความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟด้วยหน้ามือและหลังมือ และเกิดความแตกต่างของทุกประเภทของการเสิร์ฟ คือ การเสิร์ฟสั้น เสิร์ฟยาว และเสิร์ฟฟริค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

- การเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือ สร้างความได้เปรียบในเรื่องของ ระยะเวลาที่สั้น และส่งผลให้ฝั่งตรงกันข้ามยากที่จะตอบสนองได้ทันท่วงที ดังนั้น การเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือจึงเป็นที่นิยมมากในกีฬาแบดมินตัน

Rusydi. et al. (2015) ศึกษาและวิเคราะห์การเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือในกีฬาแบดมินตัน บนพื้นฐานการหมุนลักษณะ Euler angle จุดประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแขนในการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวถูกติดตั้งในบริเวณของแขนดังต่อไปนี้ 1. Dorsal area ของมือ 2.ข้อต่อข้อมือ 3.ข้อต่อข้อศอก 4.ข้อต่อข้อหัวไหล่ โดยมีนักกีฬาแบดมินตันตันที่มีความสามารถสูงจำนวน 3 คน และ ผู้ฝึกสอนแบดมินตัน จำนวน 2 คน แสดงหรือปฏิบัติทักษะการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ จำนวน 5 ครั้ง ผลการศึกษาและวิเคราะห์ของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือประกอบด้วยการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของแขน 2 รูปแบบด้วยกัน คือ 1.การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือโดยมีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของบริเวณ Dorsal area ของมือเท่านั้น 2.การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือโดยมีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของบริเวณ ข้อต่อข้อมือ เท่านั้น ข้อต่อหัวไหล่ไม่มีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวใด ๆ ทั้งสิ้น และพบว่า นักกีฬาแบดมินตันตันที่มีความสามารถสูงจำนวน 3 คน มีการแสดงทักษะหรือปฏิบัติการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือคล้ายกัน หรือเหมือนกับกับผู้ฝึกสอนแบดมินตัน จำนวน 2 คน

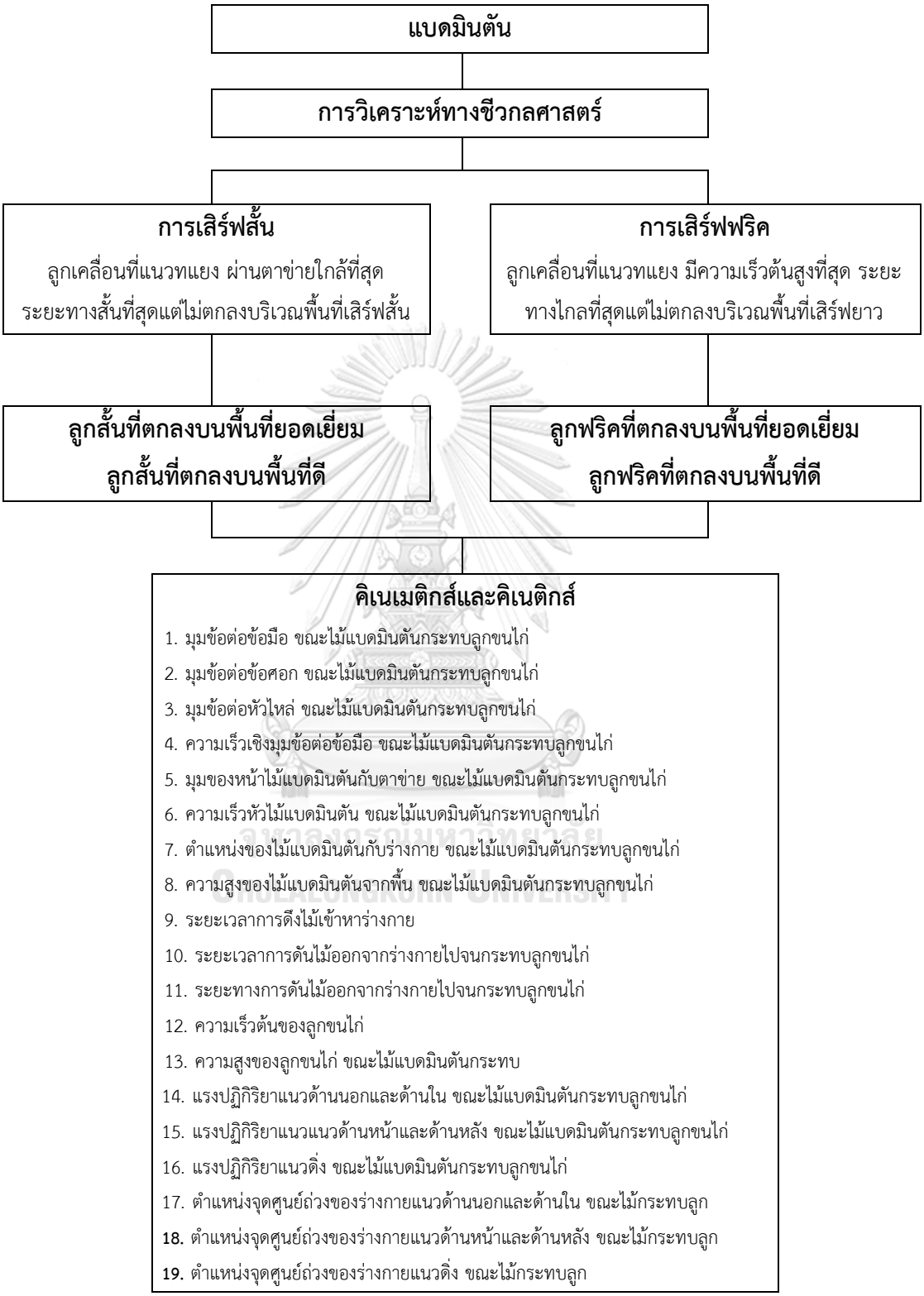
Kaelin-Lang., Sawaki., and Cohen. (2005) ศึกษาและวิจัยบทบาทของการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของนิ้วหัวแม่มืออย่างตั้งใจที่จะส่งผลต่อการเข้ารหัสของกลไกระบบความจำ จุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการแสดงทักษะโดยตนเอง (Active training) และการแสดงทักษะโดยมีการผู้ช่วยคอยช่วยเหลือ (Passive training) ที่จะส่งผลการเข้ารหัสกลไกของความจำในบุคคลสุขภาพดี ผู้ชายจำนวน 7 คน และผู้หญิงจำนวน 2 คน โดยจำนวนทั้งหมด 9 คนถนัดมือขวา อายุอยู่ระหว่าง 23-43 ปี โดยมีค่าเฉลี่ยอายุ 34 ปี โดยระยะเวลาในการศึกษาและวิจัย 2 สัปดาห์ครึ่ง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่1 แสดงทักษะโดยตนเอง (Active training) ด้วยวิธีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวนิ้วหัวแม่มืออย่างตั้งใจไปยังฝั่งตรงข้ามจุดเริ่มต้นและเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น โดยมีการเพิ่มเติมเรื่องของสัญญาณเสียง ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ 30 นาทีด้วยกัน กลุ่มที่ 2 แสดงทักษะโดยมีการช่วยเหลือ (Passive training) ด้วยวิธีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวนิ้วหัวแม่มืออย่างตั้งใจไปฝั่งตรงข้ามจุดเริ่มต้นและเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น โดยมีการเพิ่มเติมเรื่องของสัญญาณเสียง ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ 30 นาทีด้วยกัน ผลการศึกษาและวิจัยของการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การแสดงทักษะโดยตนเอง (Active training) มีการนำไปสู่การเข้ารหัสกลไกความจำได้ดีกว่า การแสดงออกทักษะโดยมีการช่วยเหลือ (Passive training) รวมถึงการเรียนรู้ทักษะ, ความผิดพลาดในการปฏิบัติทักษะ เช่น มุมในการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวและการทำงานของกล้ามเนื้อ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gawin. et al. (2013) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของการรับลูกเสิร์ฟในนักกีฬาระดับโลก จุดประสงค์เพื่อศึกษาท่าทางการยืนรับลูกเสิร์ฟ ท่าทางการเข้าหาลูกเสิร์ฟ และระยะเวลาในการเข้าหาลูกเสิร์ฟ ท่าทางที่มีประสิทธิภาพดี และมีประสิทธิภาพด้อยแตกต่างหรือเหมือนกันอย่างไร โดยใช้กล้องวิดีโอความเร็วสูง จำนวน 3 ตัว ติดตั้งทางด้านขวาของสนาม 2 ตัวและทางด้านหน้าของสนาม 1 ตัว ผลการศึกษาและวิเคราะห์ครั้งนี้ พบว่า นักกีฬาระดับโลกที่ประสบความสำเร็จกับการรับลูกเสิร์ฟ ประกอบด้วย มีความสามารถเข้าถึงลูกขนไก่ได้ใกล้ตาข่ายมากกว่าและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงกว่านักกีฬาระดับโลกที่ไม่ประสบความสำเร็จในการรับลูกเสิร์ฟ การวิจัยนี้ รายงานเพิ่มเติมว่า นักกีฬาระดับโลกที่ประสบความสำเร็จในการรับลูกเสิร์ฟมีท่าทางการยืนในลักษณะ ลำตัวยืดขึ้นและยื่นไม้แบดมินตันไปด้านหน้าหรือไปหาฝั่งตรงกันข้าม ที่สำคัญคือ รยางค์ส่วนล่างและลำตัวมีการงอเพียงเล็กน้อย เมื่อฝั่งตรงกันข้ามเสิร์ฟลูกขนไก่ นักกีฬาระดับโลกที่ประสบความสำเร็จ จะออกตัวด้วยวิธีการเคลื่อนเท้าที่อยู่ด้านหน้า ถอยลงไปด้านหลัง และออกแรงถีบจากเท้าทั้ง 2 ข้างคล้ายกับการระเบิดพลังไปด้านหน้า และใช้เทคนิกการตีลูกขณะตัวลอยอยู่ในอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของไม้แบดมินตัน ความเร็วต้นของลูกขนไก่ และแรงปฏิกิริยาจากพื้น ขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย และเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของไม้แบดมินตัน ความเร็วต้นของลูกขนไก่ และแรงปฏิกิริยาจากพื้น ขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือระหว่างลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

ประชากร

นักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาแบดมินตัน จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย โดยการคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ G*Power analysis 3.0.10 ดังนี้ Effect size = 7.2027374, α = 0.05, Power (1-β) = 0.95 และจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 คน (Total sample size = 3) ดังนั้น ผู้วิจัยได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันการ Drop out โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 14 คน มีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.นักกีฬาประเภท ชายคู่ จำนวน 8 คน (ถนัดซ้าย 2 คนและถนัดขวา 6 คน)

2.นักกีฬาประเภท หญิงคู่ จำนวน 6 คน (ถนัดขวา 6 คน)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.ผู้วิจัยติดต่อขอใช้ห้องทดลองทางชีวกลศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.ผู้วิจัยติดตั้งกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว จำนวน 8 ตัว ในห้องปฏิบัติการ โดยจำลองสนามแบดมินตันโดยติดเทปตามแนวสนาม ติดตั้งตาข่ายกั้น โดยมีขนาด และความสูงตามมาตรฐาน โดยให้พื้นที่ที่ต้องการทดสอบอยู่บริเวณส่วนกลางของกล้องทุกตัวสามารถจับภาพได้

3.ผู้วิจัยติดตั้ง เชือกไนลอนขนาด 4 มิลลิเมตร ระหว่างเสาทั้ง 2 ข้างของเหนือตาข่ายให้มีความตึง และมีความสูงจากขอบบนของตาข่ายเป็นระยะ 15 เซนติเมตร

4.ผู้วิจัยติดตั้ง พื้นที่เป้าหมายในการเสิร์ฟสั้นและเสิร์ฟฟริคด้วยหลังมือ ประกอบด้วย พื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

5.ผู้วิจัยทดสอบกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Calibration) ตามคู่มือ (ภาคผนวก ฐ)

6.อธิบายวัตถุประสงค์ และขั้นตอนของการทำวิจัยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบอย่างละเอียด

7.เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria)

7.1 นักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย

7.2 ทดสอบการเสิร์ฟสั้นด้วยแบบทดสอบเสิร์ฟลูกสั้นเฟรนซ์ (A modified French short serve test) ให้ได้คะแนนมากกว่า 60 คะแนนจาก 100 คะแนน จากการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูก (ภาคผนวก ก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3 ทดสอบการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยแบบทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู (A modified Ballou drive serve test) ให้ได้คะแนนมากกว่า 60 คะแนนจาก 100 คะแนน จากการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูก (ภาคผนวก ข)

7.4 ไม่มีอาการบาดเจ็บใด ๆ รบกวนหรือส่งผลต่อการวิจัยครั้งนี้

8.เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

8.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัย ขอถอนตัวออกจากการวิจัย

8.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัย ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ตามจำนวนครั้งที่กำหนดไว้

8.3 ผู้เข้าร่วมการวิจัย เกิดอุบัติเหตุหรือเกิดการบาดเจ็บขณะทำการวิจัย ผู้วิจัยรับผิดชอบโดยนำส่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายเองทั้งหมด จนผู้เข้าร่วมการวิจัย หายเป็นปกติ

8.4 ผู้เข้าร่วมการวิจัย ทดสอบการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคได้ไม่เกิน 60 คะแนนจาก 100 คะแนนโดย ผู้วิจัย เตรียมดินสอกด ไว้เป็นของที่ระลึก

9.ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการพิทักษ์สิทธิ์ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างละเอียดแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ที่ผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

10.ผู้วิจัย สอบถามข้อมูลพื้นฐาน จากผู้เข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ช)

11.ผู้เข้าร่วมการวิจัย วัดส่วนประกอบของร่างกาย เพื่อหาปริมาณไขมัน โดยใช้เครื่อง

Body Composition Analyzers รุ่น ACCUNIQ BC300 ตราสินค้า JAWON

12.ผู้วิจัย วัดสัดส่วนของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้ สายวัด (Measurement tape) (ภาคผนวก ซ) ดังนี้

12.1 ความยาว แขนช่วงบน (Acromion - Radiale)

12.2 ความยาว แขนช่วงล่าง (Radiale - Stylion)

12.3 ความยาว มือ (Stylion - Dactylion)

12.4 ความกว้าง มือ (bulge of the palm including thumb)

12.5 ความยาว ขาช่วงบน (Trochanterion - Suprapatella)

12.6 ความยาว ขาช่วงล่าง (Suprapatella – Later al malleolus)

12.7 ความสูง ข้อเท้า (Lateral malleolus – Floor)

12.8 ความยาว เท้า (Top of 2^{nd} Toe – Calcaneus)

12.9 ความกว้าง เท้า (Metatarsal head 1^{st} - Metatarsal head 5^{th})

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

13.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย

13.1 กรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศชาย ให้ถอดเสื้อ และให้สวมใส่ชุดรัดรูปหรือชุดที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการติดอุปกรณ์สะท้อนแสงและต้องเป็นสีดำเฉพาะกางเกงเท่านั้น โดยผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ให้สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยตามขนาดร่างกายแต่ละบุคคล

13.2 กรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศหญิง ให้สวมใส่ชุดรัดรูปหรือชุดที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการติดอุปกรณ์สะท้อนแสงและต้องเป็นสีดำเท่านั้น โดยผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ให้สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยตามขนาดร่างกายแต่ละบุคคล

13.3 ผู้เข้าร่วมการวิจัย ต้องเตรียม รองเท้า และถุงเท้า มาเอง

13.4 ผู้วิจัยทำความสะอาด ชุดรัดรูป ทุกครั้งหลังจากเก็บข้อมูลเสร็จเรียบร้อย

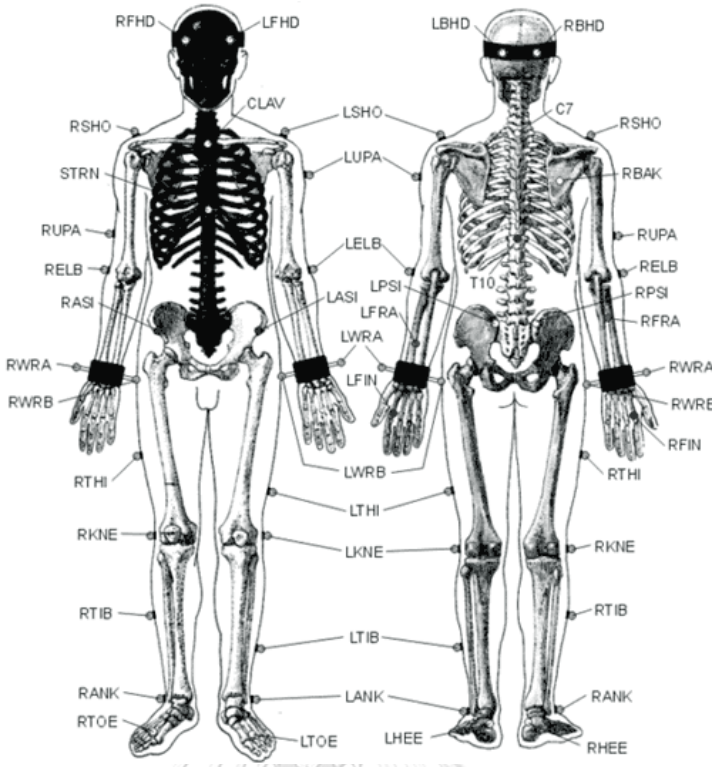
13.5 ชุดรัดรูป ไม่มอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย

14.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย อบอุ่นร่างกาย ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Warm up) เวลา 10 นาที (ภาคผนวก ฒ)

15.ผู้วิจัย ติดอุปกรณ์สะท้อนแสง Super-spherical passive markers โดยผู้วิจัยใช้เทปกาวสำหรับติดผิวหนัง ติดบนฐานรองรับอุปกรณ์สะท้อนแสงและวางบนตำแหน่ง ตามรูปแบบ Plug-in-gait whole body marker set ดังรูปที่ 2

16.ผู้วิจัยติด Retro-reflective tape ติดบริเวณ ไม้แบดมินตันและลูกขนไก่ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ ดังรูปที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปภาพที่ 20 แสดงถึง ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนแสงบนร่างกาย (ภาคผนวก ฑ)

รูปภาพที่ 21 แสดงถึง ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนแสงบนไม้แบดมินตันและลูกขนไก่ (ภาคผนวก ฑ)
(Choi., Lee., & Mun., 2013; Pfeifer, 2015; Sørensen., K., de Zee, & Rasmussen, 2010)

17.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำความคุ้นเคยกับสถานที่ ไม้แบดมินตัน และบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (Specific warm up) เวลา 10 นาที (ภาคผนวก ณ)

18.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย เหยียบลงบนถาดหมึกที่ไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังโดยใส่รองเท้า หลังจากนั้นเหยียบลงบนกระดาษที่เตรียมไว้ให้ ในท่าทางการยืนเป็นท่าเดียวกันกับที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะยืนเพื่อเสิร์ฟ

19.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ยืน ในท่าพร้อมและถนัดของแต่ละคนในการเสิร์ฟบนแผ่นวัดแรง โดยเท้าทั้งสองข้างวางอยู่บนแผ่นวัดแรง หนึ่งแผ่นต่อเท้าหนึ่งข้าง เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือ ให้ไปตกลงยังพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) จำนวน 21 ลูก (1 ชุด = 21 ลูก)

20.ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องเสิร์ฟลูกสั้นให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) อย่างน้อย จำนวน 3 ลูก จากทั้งหมด 21 ลูก

21.หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถเสิร์ฟให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ได้ครบอย่างน้อย 3 ลูกจากทั้งหมด 21 ลูก ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 2 นาที และทำการเสิร์ฟชุดที่ 2 ต่อไป

22.หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถเสิร์ฟให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ได้ครบอย่างน้อย 3 ลูกจากทั้งหมด 3 ชุด จะทำการยกเลิกการเก็บข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลวันดังกล่าว และทำการนัดวันและเวลากับผู้เข้าร่วมการวิจัยอีกครั้งหนึ่ง โดยพักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

23.สิ้นสุดการเก็บข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลของการเสิร์ฟลูกสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากการเก็บข้อมูลของการเสิร์ฟสั้นเสร็จเรียบร้อย

25.ผู้วิจัยติดตั้ง เชือกไนลอนขนาด 4 มิลลิเมตร สีเขียวขี้ม้าระหว่างเสาทั้ง 2 ข้างของเหนือตาข่ายให้มีความตึง และมีความสูงจากขอบบนของตาข่ายเป็นระยะ 30 เซนติเมตร

26.ผู้วิจัยทดสอบกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Calibration) ตามคู่มือ (ภาคผนวก ฐ)

27.อธิบายวัตถุประสงค์ และขั้นตอนของการทำวิจัยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบอย่างละเอียด

28.ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการพิทักษ์สิทธิ์ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างละเอียดแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ที่ผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

29.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย อบอุ่นร่างกาย ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Warm up) เวลา 10 นาที (ภาคผนวก ฒ)

30.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำความคุ้นเคยกับสถานที่ ไม้แบดมินตัน และบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (Specific warm up) เวลา 10 นาที (ภาคผนวก ณ)

31.ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ยืน ในท่าพร้อมและถนัดของแต่ละคนในการเสิร์ฟบนแผ่นวัดแรง โดยเท้าทั้งสองข้างวางอยู่บนแผ่นวัดแรง หนึ่งแผ่นต่อเท้าหนึ่งข้าง เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหลังมือ ให้ไปตกลงยังพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) จำนวน 21 ลูก (1 ชุด = 21 ลูก)

32.ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องเสิร์ฟลูกฟริคให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) อย่างน้อย จำนวน 3 ลูก จากทั้งหมด 21 ลูก

33.หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถเสิร์ฟให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ได้ครบอย่างน้อย 3 ลูกจากทั้งหมด 21 ลูก ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 2 นาที และทำการเสิร์ฟชุดที่ 2 ต่อไป

34.หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถเสิร์ฟให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) ได้ครบอย่างน้อย 3 ลูกจากทั้งหมด 3 ชุด จะทำการยกเลิกการเก็บข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลวันดังกล่าว และทำการนัดวันและเวลากับผู้เข้าร่วมการวิจัยอีกครั้งหนึ่ง โดยพักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

35.สิ้นสุดการเก็บข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลของการเสิร์ฟลูกฟริค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล

1.เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกครั้งของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนมาวิเคราะห์ คือ เลือกครั้งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเสิร์ฟ รอดเส้นกั้นเหนือตาข่ายและตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) อย่างละ 1 ลูก โดยผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้พิจารณา

ลูกสั้น

1.1 กรณีที่มีลูกตกลงยังพื้นที่ยอดเยี่ยมมากกว่า 1 ลูก จะเลือกลูกที่ใกล้กับเส้นกึ่งกลางสนามมากที่สุด

1.2 กรณีที่มีลูกตกในตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่ยอดเยี่ยม จะเลือกลูกที่มีความเร็วต้นที่เร็วกว่า

1.3 กรณีที่มีลูกตกลงยังพื้นที่ดีมากกว่า 1 ลูก จะเลือกลูกที่ใกล้กับตำแหน่งกึ่งกลางของเส้นขอบของพื้นที่ดี

1.4 กรณีที่มีลูกในตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่ดี จะเลือกลูกที่มีความเร็วต้นที่เร็วกว่า

1.5 กรณีที่มีลูกตกลงในบริเวณระหว่างจุดกึ่งกลางของเส้นขอบพื้นที่ดี จะเลือกลูกที่ตกไกลกว่าจากเส้นกึ่งกลางสนาม

ลูกฟริค

1.1 กรณีที่มีลูกตกลงยังพื้นที่ยอดเยี่ยมมากกว่า 1 ลูก จะเลือกลูกที่ใกล้กับเส้นกึ่งกลางสนามมากที่สุดและมีความเร็วต้นเร็วที่สุด

1.2 กรณีที่มีลูกตกในตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่ยอดเยี่ยม จะเลือกลูกที่มีความเร็วต้นที่เร็วกว่า

1.3 กรณีที่มีลูกตกลงยังพื้นที่ดีมากกว่า 1 ลูก จะเลือกลูกที่ใกล้กับตำแหน่งกึ่งกลางของเส้นขอบของพื้นที่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 กรณีที่มีลูกในตำแหน่งเดียวกันในพื้นที่ดี จะเลือกลูกที่มีความเร็วต้นที่เร็วกว่า

1.5 กรณีที่มีลูกตกลงในบริเวณระหว่างจุดกึ่งกลางของเส้นขอบพื้นที่ดี จะเลือกลูกที่ตกไกลกว่าจากเส้นกึ่งกลางสนาม

2.นำข้อมูลที่เลือกจากข้อ 1. มาแบ่งช่วงของการเสิร์ฟ ดังต่อไปนี้

2.1 ช่วงที่ 1 Preparing เป็นช่วงเริ่มต้นจากการยืนในท่าเตรียมพร้อมและมั่นคง ไม้แบดมินตันและลูกขนไก่ยื่นออกไปหน้าลำตัว ไปจนถึงไม้แบดมินตันเริ่มมีการถอยหลังเข้าหาลำตัว Back swing

2.2 ช่วงที่ 2 Back swing เริ่มต้นจากการเริ่มของไม้แบดมินตันที่เริ่มมีการเคลื่อนที่เข้าหาลำตัวไปจนถึงการเริ่ม Forward swing ของไม้แบดมินตัน

2.3 ช่วงที่ 3 Forward swing เริ่มต้นจากการเคลื่อนที่ของไม้แบดมินตันออกจากลำตัว ไปจนถึงไม้แบดมินตันและลูกขนไก่กระทบกัน

2.4 ช่วงที่ 4 Follow-up เริ่มต้นหลังจากไม้แบดมินตันและลูกขนไก่กระทบกัน และหัวไม้แบดมินตันเคลื่อนที่สูงขึ้น

3.สร้างรายงานผลข้อมูล คิเนเมติกส์ และคิเนติกส์ ในรูปแบบของกราฟและตารางที่มีการกำหนดช่วงของการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือที่ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ประกอบด้วย

1.มุมข้อต่อข้อมือ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Wrist angle at contact point) (degree)

2.มุมข้อต่อข้อศอก ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Elbow angle at contact point) (degree)

3.มุมข้อต่อหัวไหล่ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Shoulder angle at contact point) (degree)

4.ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศาต่อวินาที)
(Angular velocity of wrist at contact point) (degree/sec)

5.มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (องศา)
(Racket angle of ground at contact point) (degree)

6.ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตรต่อวินาที)
(Racket head velocity at contact point) (m/sec)

7.ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Racket position at contact point) (m)

8.ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Height of racket at contact point) (m)

9.ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (วินาที)
(Time of back swing phase) (msec)

10.ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (วินาที)
(Time of Forward swing phase) (sec)

11.ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (เมตร)
(Distance of forward swing phase) (m)

12.ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (เมตรเมตรต่อวินาที)
(Initial velocity of shuttlecock) (m/sec)

13.ความสูงของลูกขนไก่ ขณะไม้แบดมินตันกระทบ (เมตร)
(Height of shuttlecock at contact point) (m)

14.แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านใน ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fx-Ground reaction force at contact point) (N/kg)

15.แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลัง ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่
(นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fy-Ground reaction force at contact point (N/kg)

16.แรงปฏิกิริยาแนวดิ่ง ขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (นิวตัน/กิโลกรัม)
(Fz-Ground reaction force at contact point) (N/kg)

17.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านนอกและด้านใน ขณะไม้กระทบลูก
(COGx-Center of gravity at contact point)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

18.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านหน้าและด้านหลัง ขณะไม้กระทบลูก
(COGy -Center of gravity at contact point)

19.ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง ขณะไม้กระทบลูก
(COGz -Center of gravity at contact point)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเสิร์ฟสั้นและการเสิร์ฟฟริคด้วยหลังมือ ที่ไปตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) 1 ลูก และพื้นที่ดี (Good) 1 ลูก ในนักกีฬาแบดมินตันทีมชาติไทย โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยโปรแกรม IBM SPSS version 21 เพื่อหาค่าสถิติ ดังต่อไปนี้

1.ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร สัดส่วนของร่างกาย

2.ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร คิเนเมติกส์

3.วิเคราะห์ความปกติของการกระจายตัวของข้อมูลโดยวิธีการ SHAPIRO-WILK TEST แล้วพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติทุกตัวแปร

4.วิเคราะห์วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysisof variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบแปรปรวนหรือความแตกต่างของตัวแปรทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ ของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good)

5.วิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni) เพื่อเปรียบเทียบแปรปรวนหรือความแตกต่างของตัวแปรทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ ของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good)

6.กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ความถี่สูง แบบอินฟราเรด รุ่น Oqus7+ ตราสินค้า Qualisys Oqus ประเทศสวีเดน จำนวน 8 ตัว พร้อมชุดโปรแกรมควบคุม (Qualisys track manager)

1.1 ติดตั้งกล้องบนขาตั้งที่ความสูง 2 เมตร (Manfrotto tripods)

1.2 มุมมองการรับภาพของเลนส์ 65 องศา

1.3 กำหนดความละเอียดในการจับภาพ (Resolution) 4096 x 3072 พิกเซล

1.4 กำหนดความถี่ในการจับภาพ (Capture Frame Rate) 500 Hz

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.กล้องวิดีทัศน์ รุ่น Oqus 210c ตราสินค้า Qualisys ประเทศสวีเดน จำนวน 1 ตัว

3.อุปกรณ์สะท้อนแสง Super-spherical passive markers ติดมาร์คเกอร์ตาม Plug-in-gait whole body marker set ขนาด 16 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2.0 กรัม ตราสินค้า Qualisys จำนวน 39 ตัว

16 mm

4.แผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น ขนาด 90 เซนติเมตร x 90 เซนติเมตร รุ่น FP9090-15 ตราสินค้า BERTEC จำนวน 2 ชุด พร้อมอุปกรณ์ขยายสัญญาณ

4.1 ติดตั้งบนพื้นอย่างแน่นหนา

4.2 กำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูล 1500 Hz

4.3 รับสัญญาณจาก 8 ช่องสัญญาณ ได้แก่ Fx1+2, Fx3+4, Fy1+4, Fy2+3, Fz1, Fz2, Fz3 และ Fz4

4.4 เชื่อมต่อสัญญาณอนาล็อกทั้ง 8 ช่องสัญญาณเข้ากับชุดกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเพื่อทำ

การเก็บข้อมูลไปพร้อมกัน

4.5 จัดวางเพื่อให้วัดแรงปฏิกิริยาขนาด 90 × 90 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.อุปกรณ์เทปสะท้อนแสง Retro-reflective tape ตราสินค้า Qualisys

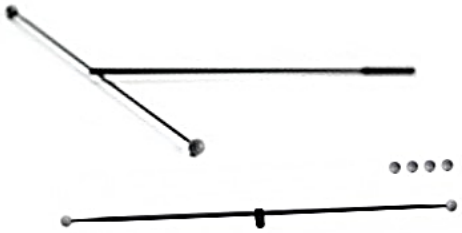
6.เทปสำหรับติดผิวหนัง Double adhesive tape ตราสินค้า Qualisys

7.อุปกรณ์ทดสอบกล้อง Calibration kits

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.1 L-frame

7.2 Wand grip, Small wand (300mm), and Large wand (600 mm)



8.เสื้อและกางเกงรัดรูป Motion capture suits ตราสินค้า Optitrack

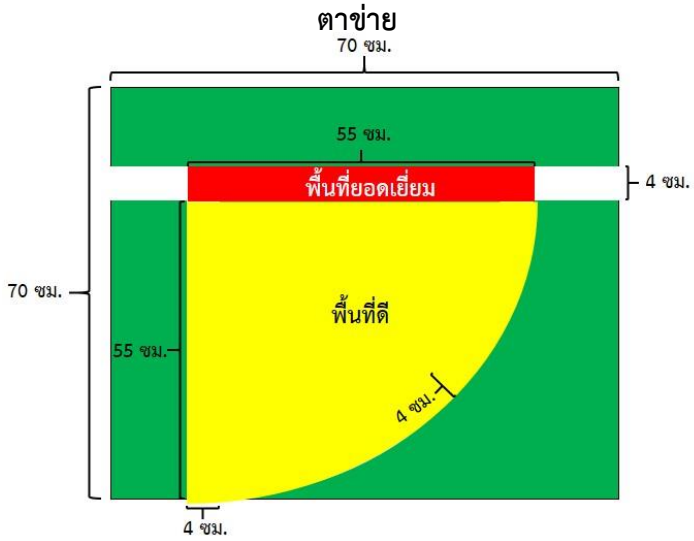
9.เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย Body Composition Analyzers รุ่น ACCUNIQ BC300 ตราสินค้า JAWON

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10.อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกาย (Measurement tape รับประกันโดย มอก.)

11.ลูกขนไก่ โดยรับรองจากสหพันธ์แบดมินตันโลก (BWF) ตราสินค้า YONEX รุ่น AS-50

12.แผ่นพลาสติกสำหรับแสดงพื้นที่เป้าหมายในการเสิร์ฟ



14.แบบเก็บข้อมูลพื้นฐาน (General characteristics)

15.แบบเก็บข้อมูลองค์ประกอบของร่างกาย และสัดส่วนของร่างกาย

(Body composition & Anthropometry)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การถ่ายเทแรงขณะเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายและการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ เมื่อลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตันประเภทชายคู่ หญิงคู่ คู่ผสมทีมชาติไทย และผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอในรูปแบบตารางและแผนภูมิเส้น ดังนี้

ตอนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way Analysis of Variance with repeated measures) เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของชุดข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ณ ตำแหน่งไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 3 แผนภูมิเส้น แสดงข้อมูลคิเนเมติกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย (n = 14)	$\bar{X}$	SD
อายุ (ปี)	24.43	1.87
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.99	9.33
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.79	7.80

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วยนักกีฬาแบดมินตันประเภทคู่จำนวน 14 คน ซึ่งนักกีฬามีอายุเฉลี่ยที่ 24.43±1.87 ปี น้ำหนักเฉลี่ยที่ 64.99±9.33 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ยที่ 170.79±7.80 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายของผู้ร่วมการวิจัย

สัดส่วน (n = 14)	$\bar{X}$	SD
ความยาวกระดูก c7 ถึง กระดูกสะโพก (เซนติเมตร)	48.93	2.79
ความกว้างหัวไหล่ (ส่วนที่กว้างที่สุด) (เซนติเมตร)	41.43	2.24
ความยาวแขนซ้ายช่วงบน (ปุ่มไหล่ ถึง ปุ่มศอก) (เซนติเมตร)	31.50	1.43
ความยาวแขนขวาช่วงบน (ปุ่มไหล่ ถึง ปุ่มศอก) (เซนติเมตร)	31.57	1.38
ความยาวแขนซ้ายช่วงล่าง (ปุ่มศอก ถึง ข้อมือ) (เซนติเมตร)	26.89	1.61
ความยาวแขนขวาช่วงล่าง (ปุ่มศอก ถึง ข้อมือ) (เซนติเมตร)	27.18	1.85
ความยาวมือซ้าย (ปลายนิ้วกลางถึงข้อมือ) (เซนติเมตร)	20.61	4.16
ความยาวมือขวา (ปลายนิ้วกลางถึงข้อมือ) (เซนติเมตร)	18.82	1.20
ความยาวแขนซ้าย (เซนติเมตร)	77.57	3.24
ความยาวแขนขวา (เซนติเมตร)	77.54	3.61
ความกว้างมือซ้าย (ส่วนที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้ง) (เซนติเมตร)	11.21	0.67
ความกว้างมือขวา (ส่วนที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้ง) (เซนติเมตร)	11.64	1.17
ความยาวขาซ้ายช่วงบน (หัวกระดูกต้นขา ถึง ด้านข้างลูกสะบ้า) (เซนติเมตร)	47.64	3.20
ความยาวขาขวาช่วงบน (หัวกระดูกต้นขา ถึง ด้านข้างลูกสะบ้า) (เซนติเมตร)	47.43	3.45
ความยาวขาซ้ายช่วงล่าง (ด้านข้างลูกสะบ้า ถึง ตาตุ่มด้านนอก) (เซนติเมตร)	42.11	2.72
ความยาวขาขวาช่วงล่าง (ด้านข้างลูกสะบ้า ถึง ตาตุ่มด้านนอก) (เซนติเมตร)	42.32	2.49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสูงข้อเท้าซ้าย (ตาตุ่มด้านนอก ถึง พื้น) (เซนติเมตร)	6.39	0.59
ความสูงข้อเท้าขวา (ตาตุ่มด้านนอก ถึง พื้น) (เซนติเมตร)	6.36	0.60
ความยาวขาซ้าย (เซนติเมตร)	96.14	5.60
ความยาวขาขวา (เซนติเมตร)	96.11	5.57
ความยาวเท้าซ้าย (ส่วนที่ยาวที่สุด ถึง ส้นเท้า) (เซนติเมตร)	26.21	1.41
ความยาวเท้าขวา (ส่วนที่ยาวที่สุด ถึง ส้นเท้า) (เซนติเมตร)	26.36	1.38
ความกว้างเท้าซ้าย (บริเวณที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้งเท้า) (เซนติเมตร)	11.75	0.67
ความกว้างเท้าขวา (บริเวณที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้งเท้า) (เซนติเมตร)	11.50	0.59

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วยนักกีฬาแบดมินตันประเภทคู่จำนวน 14 คน ซึ่งนักกีฬามีความยาวลำตัวเฉลี่ยที่ 48.93±2.79 เซนติเมตร ความกว้างหัวไหล่เฉลี่ยที่ 41.43± 2.24 เซนติเมตร ความยาวแขนซ้ายเฉลี่ยที่ 77.57±3.24 เซนติเมตร ความยาวแขนขวาเฉลี่ยที่ 77.54±3.61 เซนติเมตร ความกว้างมือซ้ายเฉลี่ยที่ 11.21±0.67 เซนติเมตร ความกว้างมือขวาเฉลี่ยที่ 11.64±1.17 เซนติเมตร ความยาวขาซ้ายเฉลี่ยที่ 96.14±5.60 เซนติเมตร ความยาวขาขวาเฉลี่ยที่ 96.11±5.57 เซนติเมตร ความกว้างเท้าซ้ายเฉลี่ยที่ 11.75±0.67 เซนติเมตร และความกว้างเท้าขวาเฉลี่ยที่ 11.50±0.59 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการทดสอบการเสิร์ฟ 2 รูปแบบ

ผู้เข้าร่วมวิจัย (n = 14)	$\bar{X}$	SD	**การเปรียบเทียบแบบจับคู่**			
			$\bar{X}$	SD	t	P
คะแนนการทดสอบเสิร์ฟสั้น	97.50	3.13	13.21	5.75	8.59	.00*
คะแนนการทดสอบเสิร์ฟฟริค	84.29	4.57				

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วยนักกีฬาแบดมินตันประเภทคู่จำนวน 14 คน ซึ่งมีคะแนนการทดสอบเสิร์ฟสั้นเฉลี่ยที่ 97.50±3.13 คะแนน และคะแนนการทดสอบเสิร์ฟฟริคเฉลี่ยที่ 84.29±4.57 คะแนน โดยจากการเปรียบเทียบแบบจับคู่ พบว่า มีค่าเฉลี่ย 13.21±5.75 คะแนน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

รูปแบบการเสิร์ฟ	ตัวแปร	สถิติ	Shapiro-Wilk
การเสิร์ฟลูกสั้น	มุมข้อต่อข้อมือ	.969	.865
ตกลง	มุมข้อต่อข้อศอก	.962	.763
พื้นที่ยอดเยี่ยม	มุมข้อต่อหัวไหล่	.974	.926
	ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ	.974	.928
	มุมของหน้าไม้แบดมินตัน	.927	.281
	ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน	.978	.961
	ตำแหน่งของไม้แบดมินตัน	.907	.142
	ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น	.981	.979
	ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย	.933	.335
	ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.944	.467
	ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.889	.079
	ความเร็วต้นของลูกขนไก่	.951	.570
	ความสูงของลูกขนไก่	.956	.662
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างซ้าย	.909	.154
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างขวา	.941	.430
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างซ้าย	.897	.103
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างขวา	.954	.620
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างซ้าย	.952	.589
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างขวา	.937	.382
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน	.929	.293
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง	.973	.913
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง	.952	.597

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

รูปแบบการเสิร์ฟ	ตัวแปร	สถิติ	Shapiro-Wilk
การเสิร์ฟลูกฟริค	มุมข้อต่อข้อมือ	.934	.345
ตกลง	มุมข้อต่อข้อศอก	.967	.841
พื้นที่ยอดเยี่ยม	มุมข้อต่อหัวไหล่	.965	.803
	ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ	.909	.154
	มุมของหน้าไม้แบดมินตัน	.944	.474
	ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน	.963	.777
	ตำแหน่งของไม้แบดมินตัน	.931	.318
	ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น	.951	.575
	ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย	.938	.393
	ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.933	.332
	ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.933	.332
	ความเร็วต้นของลูกขนไก่	.937	.386
	ความสูงของลูกขนไก่	.939	.402
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างซ้าย	.941	.430
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างขวา	.905	.135
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างซ้าย	.954	.620
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างขวา	.882	.062
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างซ้าย	.934	.343
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างขวา	.931	.315
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน	.929	.298
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง	.887	.072
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง	.952	.586

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ดี

รูปแบบการเสิร์ฟ	ตัวแปร	สถิติ	Shapiro-Wilk
การเสิร์ฟลูกสั้นตกลงพื้นที่ดี	มุมข้อต่อข้อมือ	.939	.411
	มุมข้อต่อข้อศอก	.956	.659
	มุมข้อต่อหัวไหล่	.974	.923
	ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ	.926	.265
	มุมของหน้าไม้แบดมินตัน	.952	.593
	ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน	.954	.616
	ตำแหน่งของไม้แบดมินตัน	.883	.065
	ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น	.981	.981
	ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย	.951	.577
	ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.907	.145
	ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่	.951	.577
	ความเร็วต้นของลูกขนไก่	.941	.434
	ความสูงของลูกขนไก่	.949	.548
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างซ้าย	.931	.318
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างขวา	.904	.129
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างซ้าย	.881	.060
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างขวา	.947	.510
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างซ้าย	.955	.643
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างขวา	.909	.152
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน	.939	.404
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง	.923	.245
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง	.932	.324

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงการกระจายตัวของชุดข้อข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

รูปแบบการเสิร์ฟ	ตัวแปร	สถิติ	Shapiro-Wilk
การเสิร์ฟลูกฟริค	มุมข้อต่อข้อมือ	.926	.266
ตกลงพื้นที่ดี	มุมข้อต่อข้อศอก	.942	.444
	มุมข้อต่อหัวไหล่	.944	.467
	ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ	.956	.664
	มุมของหน้าไม้แบดมินตัน	.949	.544
	ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน	.960	.717
	ตำแหน่งของไม้แบดมินตัน	.947	.517
	ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น	.950	.555
	ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย	.947	.508
	ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกาย ไปจนกระทบลูกขนไก่	.895	.096
	ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกาย ไปจนกระทบลูกขนไก่	.968	.843
	ความเร็วต้นของลูกขนไก่	.903	.126
	ความสูงของลูกขนไก่	.921	..225
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างซ้าย	.947	.510
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในข้างขวา	.897	.103
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างซ้าย	.954	.620
	แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังข้างขวา	.882	.062
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างซ้าย	.945	.479
	แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งข้างขวา	.914	.182
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านนอกและด้านใน	.943	.455
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวด้านหน้าและด้านหลัง	.883	.064
	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ในแนวดิ่ง	.955	.642

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของชุดข้อมูลคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ณ ตำแหน่งไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการ Bonferroni ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนเมติกส์ (ร่างกาย) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตัวแปร	$\bar{X}$±SD				F	p
	เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม	เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม	เสิร์ฟสั้นดี	เสิร์ฟฟริคดี		
มุมข้อต่อข้อมือ (องศา)	121.30±9.42	118.70±9.40	121.18±10.16	118.04±9.75	0.42	0.739
มุมข้อต่อข้อศอก (องศา)	139.80±9.86	149.13±10.47	140.24±9.81	149.38±10.48	3.858	0.014*
มุมข้อต่อหัวไหล่ (องศา)	159.22±8.22	159.90±9.63	159.94±8.41	159.41±9.54	0.022	0.995
ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (องศาต่อวินาที)	190.03±71.99	480.68±90.06	197.79±90.33	467.42±132.10	37.711	0.000*

* $p < 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมของข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 121.30±9.42 องศา 118.70±9.40 องศา 121.18±10.16 องศา และ 118.04±9.75 องศา ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า มุมของข้อต่อข้อมือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมข้อต่อข้อศอก ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ ดี มีค่าเฉลี่ย 139.80±9.86 องศา 149.13±10.47 องศา 140.24±9.81 องศา และ 149.38±10.48 องศา ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า มุมข้อต่อข้อศอก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมข้อต่อหัวไหล่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ ดี มีค่าเฉลี่ย 159.22±8.22 องศา 159.90±9.63 องศา 159.94±8.41 องศา และ 159.41±9.54 องศา ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า มุมข้อต่อหัวไหล่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ ดี มีค่าเฉลี่ย 190.03±71.99 องศาต่อวินาที 480.68±90.06 องศาต่อวินาที 197.79±90.33 องศาต่อวินาที และ 467.42±132.10 องศาต่อวินาที ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมข้อต่อข้อศอก โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมข้อต่อข้อศอก (องศา)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 139.80±9.86**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 149.13±10.47**	**เสิร์ฟสั้นดี 140.24±9.81**	**เสิร์ฟฟริคดี 149.38±10.48**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 139.80±9.86		0.019*	0.911	0.095
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 149.13±10.47	0.019*		0.148	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 140.24±9.81	1.000	0.148		0.126
เสิร์ฟฟริคดี 149.38±10.48	0.095	1.000	0.126	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ มุมข้อต่อข้อศอก ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (องศาต่อวินาที)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 190.03±71.99**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 480.68±90.06**	**เสิร์ฟสั้นดี 197.79±90.33**	**เสิร์ฟฟริคดี 467.42±132.10**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 190.03±71.99		0.000*	1.000	0.000*
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 480.68±90.06	0.000*		0.000*	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 197.79±90.33	1.000	0.000*		0.000*
เสิร์ฟฟริคดี 467.42±132.10	0.000*	1.000	0.000*	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนเมติกส์ (ไม้แบดมินตันและลูกขนไก่) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตัวแปร	$\bar{X}$±SD				F	p
	เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม	เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม	เสิร์ฟสั้นดี	เสิร์ฟฟริคดี		
มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย (องศา)	25.20±5.27	19.49±7.32	25.03±5.34	19.06±5.66	4.499	0.007*
ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (เมตรต่อวินาที)	6.19±0.64	13.69±1.2	6.25±0.6	13.46±0.94	326.11	0.000*
ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย (เมตร)	0.57±0.06	0.61±0.05	0.58±0.06	0.59±0.06	0.894	0.451
ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น (เมตร)	1.08±0.05	1.06±0.06	1.08±0.05	1.06±0.06	0.667	0.576
ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (วินาที)	17.64±6.66	20.64±7.16	19.57±8.55	18.93±7.64	0.387	0.762
ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (วินาที)	7.29±1.86	5.64±1.22	7.14±1.61	5.64±1.01	5.421	0.003*
ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (เมตร)	0.28±0.05	0.45±0.06	0.28±0.06	0.44±0.07	35.088	0.000*
ความเร็วต้นลูกขนไก่ (เมตรต่อวินาที)	5.24±1.57	11.36±4.23	5.18±1.52	10.19±3.42	17.194	0.000*
ความสูงของลูกขนไก่ขณะกระทบไม้แบดมินตัน (เมตร)	1.04±0.05	1.00±0.05	1.04±0.06	1.00±0.06	2.184	0.101

* $p < 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่ายในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 25.20±5.27 องศา 19.49±7.32 องศา 25.03±5.34 องศา และ 19.06±5.66 องศา ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 6.19±0.64 เมตรต่อวินาที 13.69±1.2 เมตรต่อวินาที 6.25±0.6 เมตรต่อวินาที และ 13.46±0.94 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 0.57±0.06 เมตร 0.61±0.05 เมตร 0.58±0.06 เมตร และ 0.59±0.06 เมตร ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 1.08±0.05 เมตร 1.06±0.06 เมตร 1.08±0.05 เมตร และ 1.06±0.06 เมตร ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 17.64±6.66 วินาที 20.64±7.16 วินาที 19.57±8.55 วินาที และ 18.93±7.64 วินาที ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 7.29±1.86 วินาที 5.64±1.22 วินาที 7.14±1.61 วินาที และ 5.64±1.01 วินาที ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 0.28±0.05 เมตร 0.45±0.06 เมตร 0.28±0.06 เมตร และ 0.44±0.07 เมตร ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วต้นลูกขนไก่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 5.24±1.57 เมตรต่อวินาที 11.36±4.23 เมตรต่อวินาที 5.18±1.52 เมตรต่อวินาที และ 10.19±3.42 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ความเร็วต้นลูกขนไก่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย (องศา)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 25.20±5.27**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 19.49±7.32**	**เสิร์ฟสั้นดี 25.03±5.34**	**เสิร์ฟฟริคดี 19.06±5.66**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 25.20±5.27		0.014*	1.000	0.052
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 19.49±7.32	0.014*		0.104	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 25.03±5.34	1.000	0.104		0.063
เสิร์ฟฟริคดี 19.06±5.66	0.052	1.000	0.063	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมของหน้าไม้แบดมินตันกับตาข่าย ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วหัวไม้แบดมินตันโดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (เมตรต่อวินาที)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 6.19±0.64**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 13.69±1.2**	**เสิร์ฟสั้นดี 6.25±0.6**	**เสิร์ฟฟริคดี 13.46±0.94**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 6.19±0.64		0.000*	1.000	0.000*
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 13.69±1.2	0.000*		0.000*	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 6.25±0.6	1.000	0.000*		0.000*
เสิร์ฟฟริคดี 13.46±0.94	0.000*	1.000	0.000*	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วหัวไม้แบดมินตัน ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (วินาที)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 7.29±1.86**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 5.64±1.22**	**เสิร์ฟสั้นดี 7.14±1.61**	**เสิร์ฟฟริคดี 5.64±1.01**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 7.29±1.86		0.027*	1.000	0.027*
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 5.64±1.22	0.027*		0.054	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 7.14±1.61	1.000	0.054		0.054
เสิร์ฟฟริคดี 5.64±1.01	0.027*	1.000	0.054	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (เมตร)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 0.28±0.05**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 0.45±0.06**	**เสิร์ฟสั้นดี 0.28±0.06**	**เสิร์ฟฟริคดี 0.44±0.07**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 0.28±0.05		0.000*	1.000	0.000*
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 0.45±0.06	0.000*		0.000*	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 0.28±0.06	1.000	0.000*		0.000*
เสิร์ฟฟริคดี 0.44±0.07	0.000*	1.000*	0.000*	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วต้นลูกขนไก่ โดยวิธีการของ Bonferroni ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเร็วต้นลูกขนไก่ (เมตรต่อวินาที)	**เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 5.24±1.57**	**เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 11.36±4.23**	**เสิร์ฟสั้นดี 5.18±1.52**	**เสิร์ฟฟริคดี 10.19±3.42**
เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม 5.24±1.57		0.000*	1.000	0.000*
เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม 11.36±4.23	0.000*		0.000*	1.000
เสิร์ฟสั้นดี 5.18±1.52	1.000	0.000*		0.000*
เสิร์ฟฟริคดี 10.19±3.42	0.000*	1.000	0.000*	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ระหว่างการการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี แสดงให้เห็น ความแตกต่างระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนติกส์ (แรงปฏิกิริยา) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตัวแปร	$\bar{X}$±SD				F	p
	เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม	เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม	เสิร์ฟสั้นดี	เสิร์ฟฟริคดี		
แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาขวา) (นิวตัน/กิโลกรัม)	0.03±0.18	0.06±0.17	0.04±0.15	0.07±0.19	0.143	0.933
แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาซ้าย) (นิวตัน/กิโลกรัม)	0.06±0.27	0.04±0.23	0.05±0.21	0.05±0.24	0.019	0.996
แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาขวา) (นิวตัน/กิโลกรัม)	0.38±0.14	0.31±0.26	0.37±0.15	0.32±0.26	0.471	0.704
แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาซ้าย) (นิวตัน/กิโลกรัม)	0.45±0.13	0.40±0.22	0.44±0.12	0.39±0.21	0.379	0.768
แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาขวา) (นิวตัน/กิโลกรัม)	4.47±2.45	4.46±2.65	4.43±2.61	4.51±2.55	0.003	1.000
แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ (ขาซ้าย) (นิวตัน/กิโลกรัม)	5.28±2.50	5.35±2.68	5.26±2.59	5.18±2.57	0.011	0.998

* $p < 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี ของขาขวา มีค่าเฉลี่ย 0.03±0.18 นิวตัน/กิโลกรัม 0.06±0.17 นิวตัน/กิโลกรัม 0.04±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม และ 0.07±0.19 นิวตัน/กิโลกรัม และขาซ้าย มีค่าเฉลี่ย 0.06±0.27 นิวตัน/กิโลกรัม 0.04±0.23 นิวตัน/กิโลกรัม 0.05±0.21 นิวตัน/กิโลกรัม และ 0.05±0.24 นิวตัน/กิโลกรัม ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แรงปฏิกิริยาแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและบริเวณพื้นที่ดี ของขาขวา มีค่าเฉลี่ย 0.38±0.14 นิวตัน/กิโลกรัม 0.31±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม 0.37±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม และ 0.32±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม และขาซ้าย มีค่าเฉลี่ย 0.45±0.13 นิวตัน/กิโลกรัม 0.40±0.22 นิวตัน/กิโลกรัม 0.44±0.12 นิวตัน/กิโลกรัม และ 0.39±0.21 นิวตัน/กิโลกรัม ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี ของขาขวา มีค่าเฉลี่ย 4.47±2.45 นิวตัน/กิโลกรัม 4.46±2.65 นิวตัน/กิโลกรัม 4.43±2.61 นิวตัน/กิโลกรัม และ 4.51±2.55 นิวตัน/กิโลกรัม และขาซ้าย มีค่าเฉลี่ย 5.28±2.50 นิวตัน/กิโลกรัม 5.35±2.68 นิวตัน/กิโลกรัม 5.26±2.59 นิวตัน/กิโลกรัม และ 5.18±2.57 นิวตัน/กิโลกรัม ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า แรงปฏิกิริยาแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของชุดตัวแปรทางคิเนติกส์ (จุดศูนย์ถ่วง) มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตัวแปร	$\bar{X}$±SD				F	p
	เสิร์ฟสั้นยอดเยี่ยม	เสิร์ฟฟริคยอดเยี่ยม	เสิร์ฟสั้นดี	เสิร์ฟฟริคดี		
ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้กระทบลูก (มิลลิเมตร)	0.17±0.05	0.16±0.05	0.16±0.05	0.16±0.05	0.214	0.886
ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้กระทบลูก (มิลลิเมตร)	0.26±0.03	0.26±0.05	0.26±0.03	0.26±0.05	0.048	0.986
ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งขณะไม้กระทบลูก (มิลลิเมตร)	1.03±0.06	1.03±0.06	1.03±0.06	1.03±0.05	0.004	1.000

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้กระทบลูก ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 0.17±0.05 มิลลิเมตร 0.16±0.05 มิลลิเมตร 0.16±0.05 มิลลิเมตร และ 0.16±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านในขณะไม้กระทบลูก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

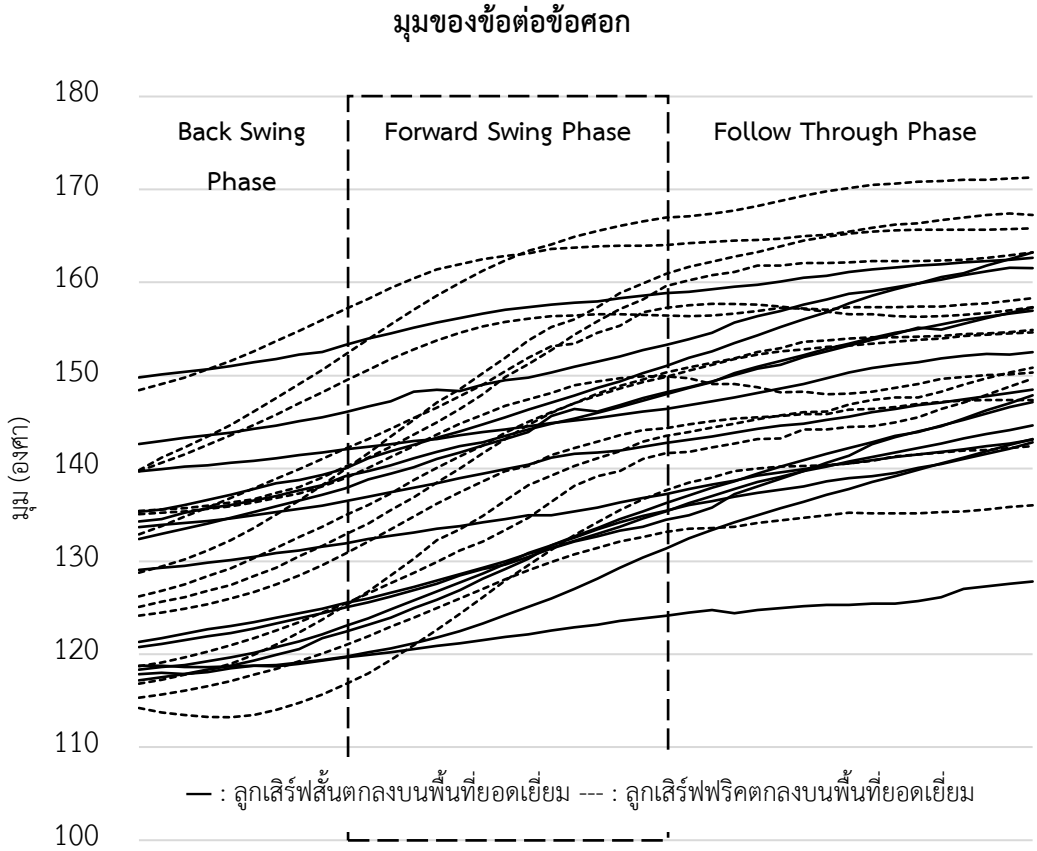
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้กระทบลูก ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 0.26±0.03 มิลลิเมตร 0.26±0.05 มิลลิเมตร 0.26±0.03 มิลลิเมตร และ 0.16±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ

โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลังขณะไม้กระทบลูก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งขณะไม้กระทบลูก ในการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม และบริเวณพื้นที่ดี มีค่าเฉลี่ย 1.03±0.06 มิลลิเมตร 1.03±0.06 มิลลิเมตร 1.03±0.06 มิลลิเมตร และ 1.03±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ

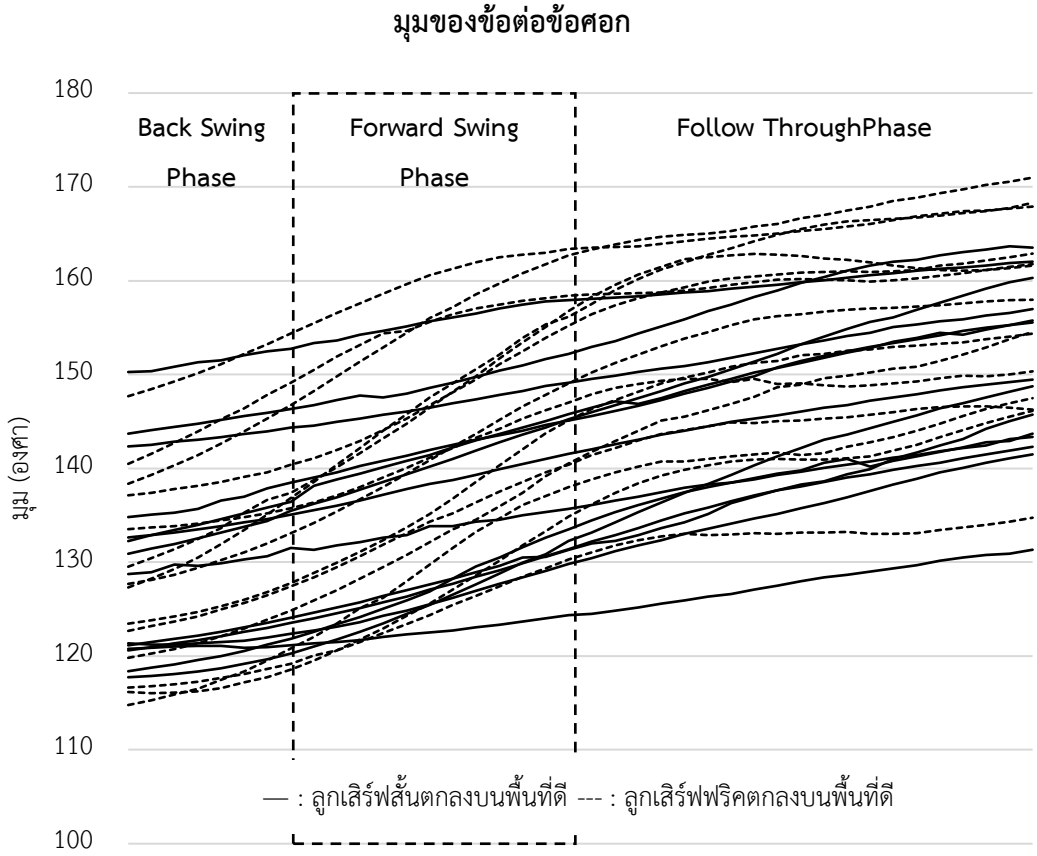
โดยเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคของลูกขนไก่ที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งขณะไม้กระทบลูก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



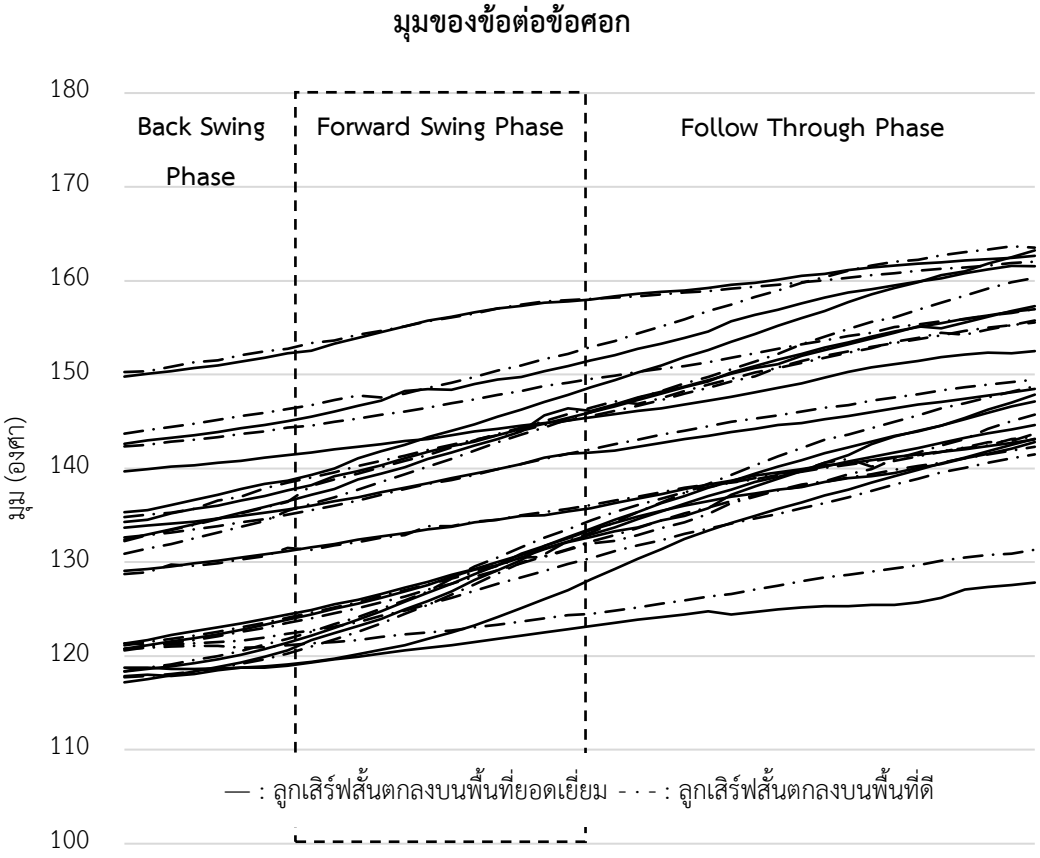
แผนภูมิเส้นที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของมุมของข้อต่อข้อศอกระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

จากแผนภูมิเส้นที่ 1 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของข้อต่อข้อศอกมีการเคลื่อนไหวในท่างอข้อศอก (Elbow flexion) โดยในช่วง Back swing มีการงอข้อศอกประมาณ 120-150 องศา และแสดงการเพิ่มองศาของการงอศอกในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูก flick แสดงความชันของกราฟมากกว่าของการเสิร์ฟลูกสั้นในช่วง Forward swing



แผนภูมิเส้นที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

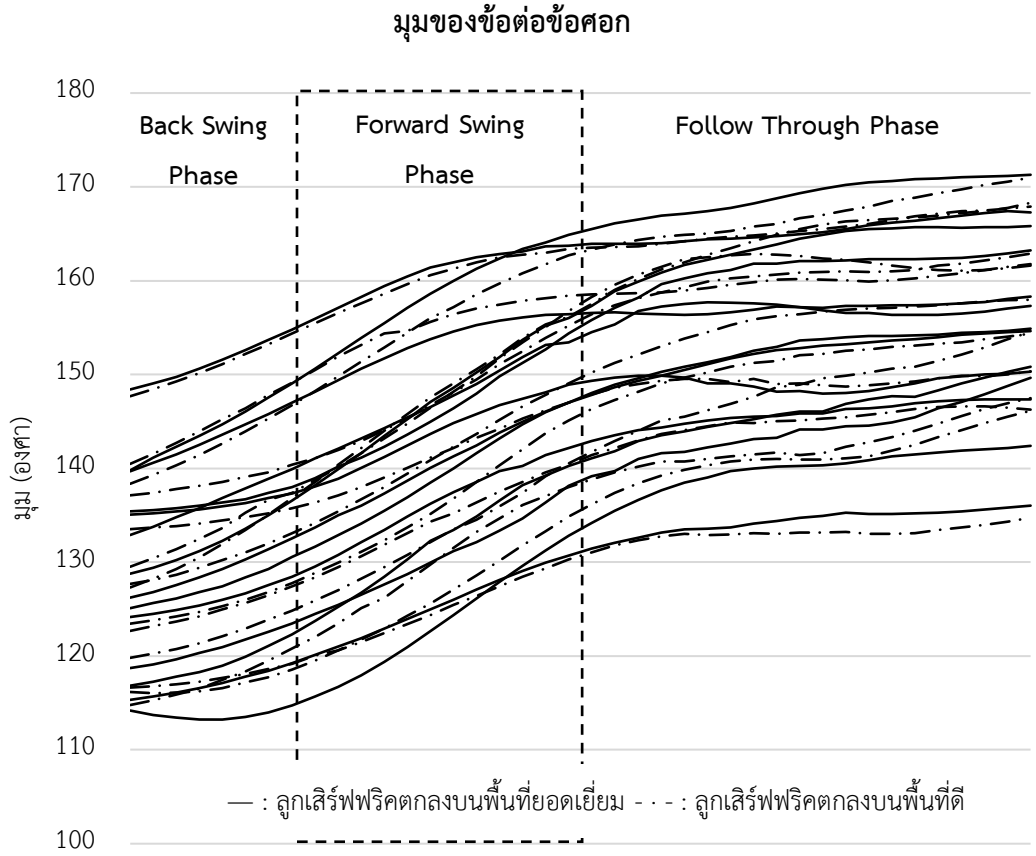
จากแผนภูมิเส้นที่ 2 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของข้อต่อข้อศอกมีการเคลื่อนไหวในท่างอข้อศอก (Elbow flexion) โดยในช่วง Back swing มีการงอข้อศอกประมาณ 120-150 องศา และแสดงการเพิ่มองศาของการงอศอกในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคแสดงความชันของกราฟมากกว่าของการเสิร์ฟลูกสั้นในช่วง Forward swing



แผนภูมิเส้นที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 3 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของข้อต่อข้อศอกมีการเคลื่อนไหวในท่างอข้อศอก (Elbow flexion) โดยในช่วง Back swing มีการงอข้อศอกประมาณ 120-150 องศา และแสดงการเพิ่มองศาของการงอศอกในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี เกิดความแตกต่างเล็กน้อยหรือไม่เกิดความแตกต่างในช่วง Forward swing

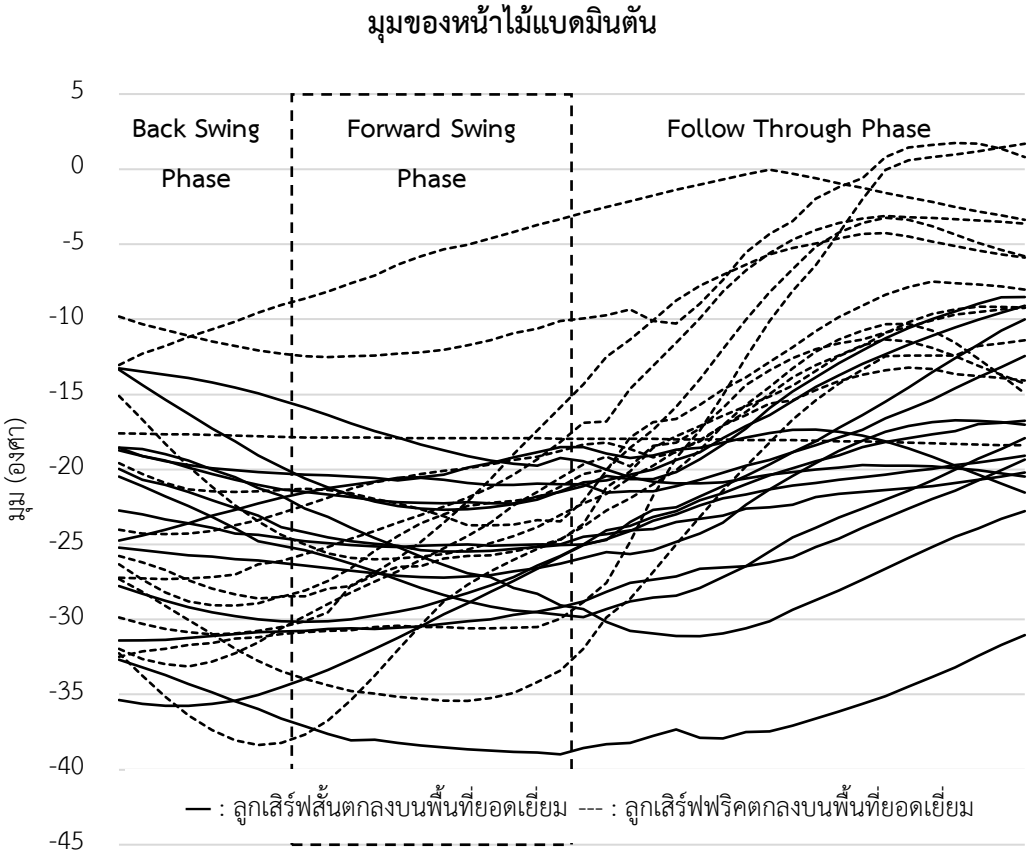
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อข้อศอกในการเสิร์ฟลูกฟริค ระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 4 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของข้อต่อข้อศอกมีการเคลื่อนไหวในท่างอข้อศอก (Elbow flexion) โดยในช่วง Back swing มีการงอข้อศอกประมาณ 120-150 องศา และแสดงการเพิ่มองศาของการงอศอกในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี เกิดความแตกต่างเล็กน้อยหรือไม่เกิดความแตกต่างในช่วง Forward swing

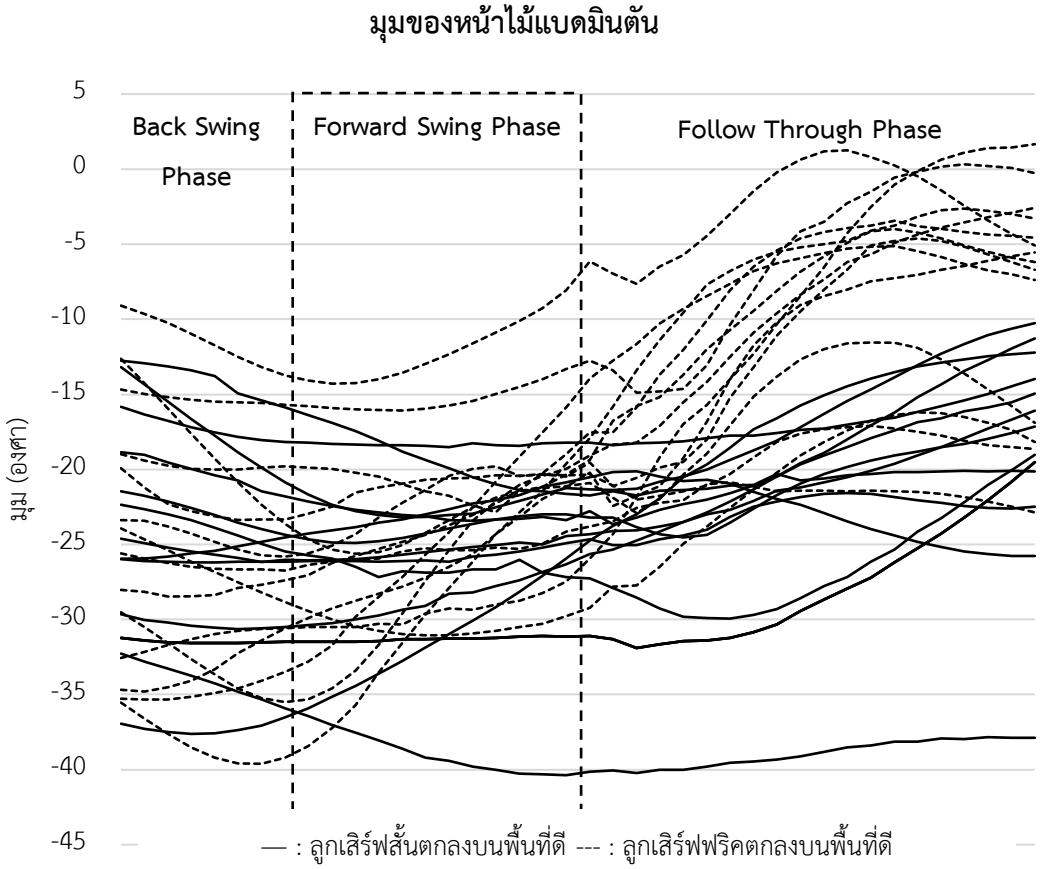
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

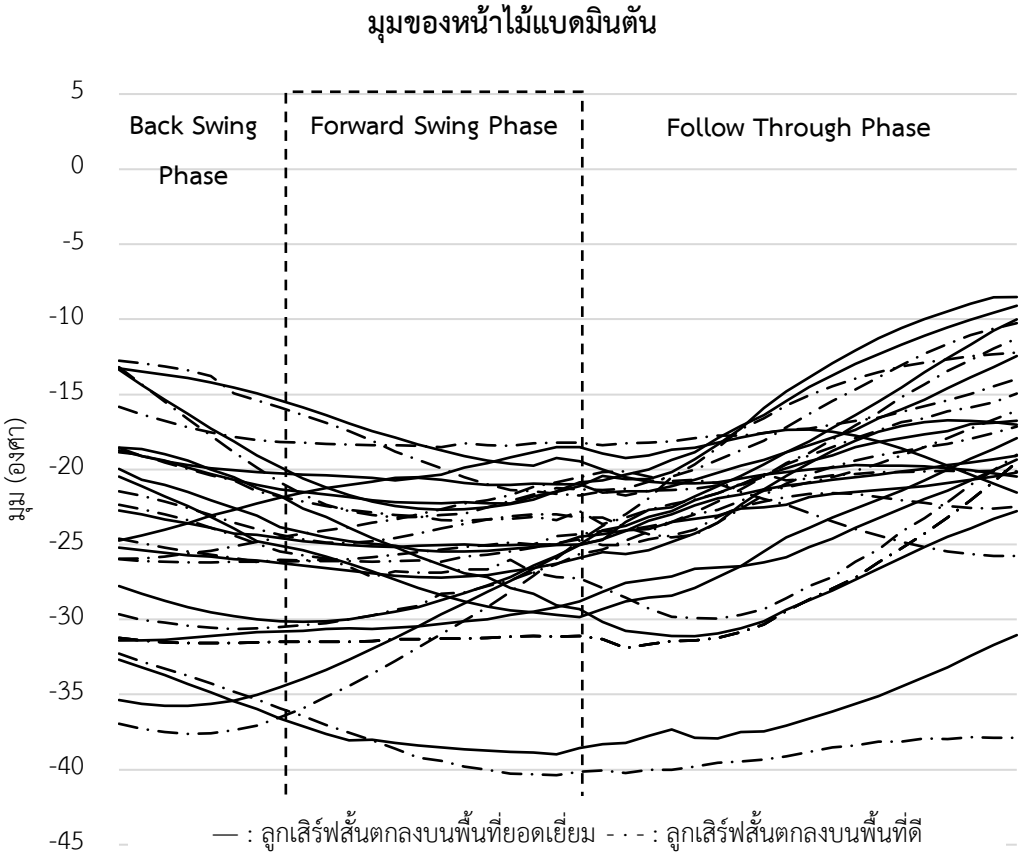
จากแผนภูมิเส้นที่ 5 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของหน้าไม้แบดมินตัน มีการคว่ำหน้าไม้ลงในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นขององศาของหน้าไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคแสดงความชันมากกว่าของการเสิร์ฟลูกสั้นในช่วง Forward swing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



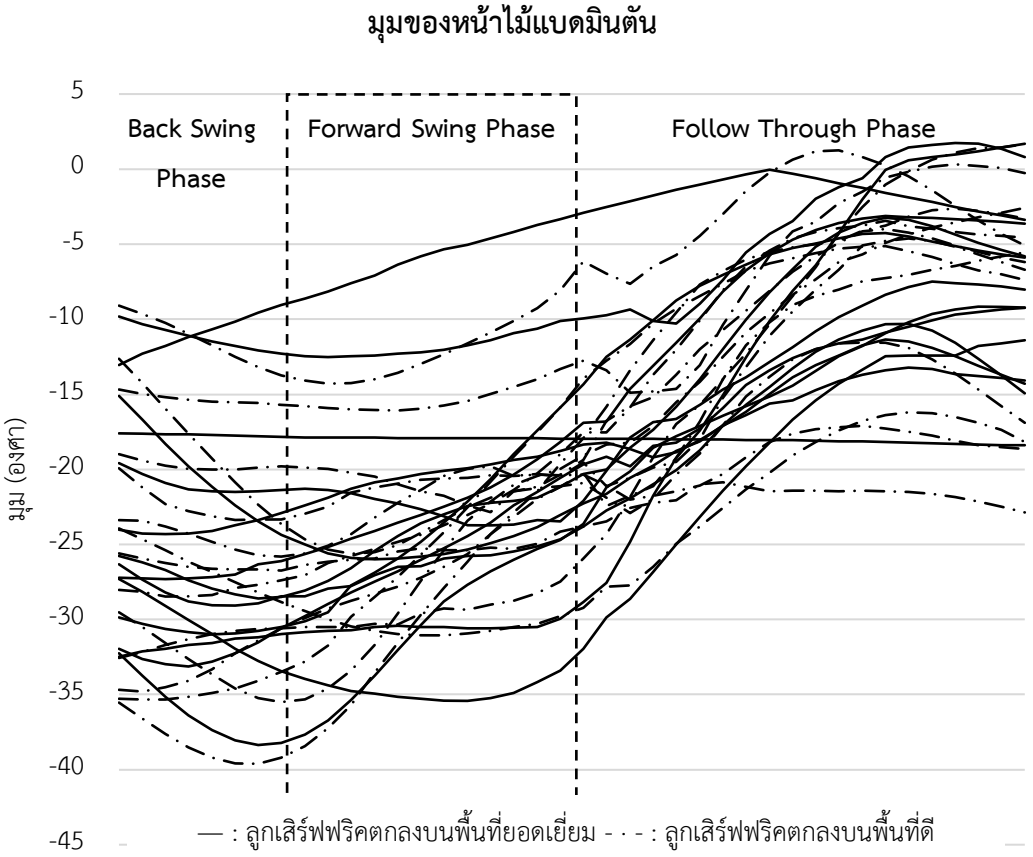
แผนภูมิเส้นที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 6 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของหน้าไม้แบดมินตัน มีการคว่ำหน้าไม้ลงในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นขององศาของหน้าไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคแสดงความชันมากกว่าของการเสิร์ฟลูกสั้นในช่วง Forward swing



แผนภูมิเส้นที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

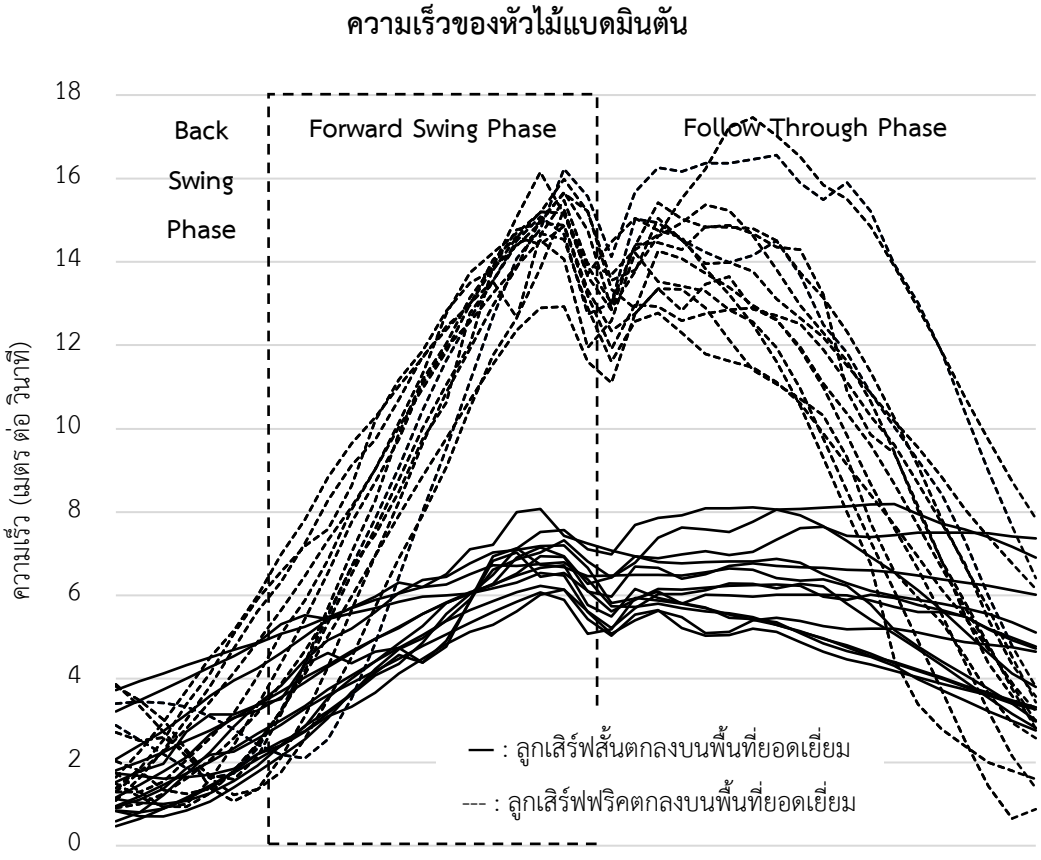
จากแผนภูมิเส้นที่ 7 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของหน้าไม้แบดมินตัน มีการคว่ำหน้าไม้ลงในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นขององศาของหน้าไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีแสดงความชันที่ใกล้เคียงกันและหรือแตกต่างเล็กน้อยในช่วง Forward swing



แผนภูมิเส้นที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

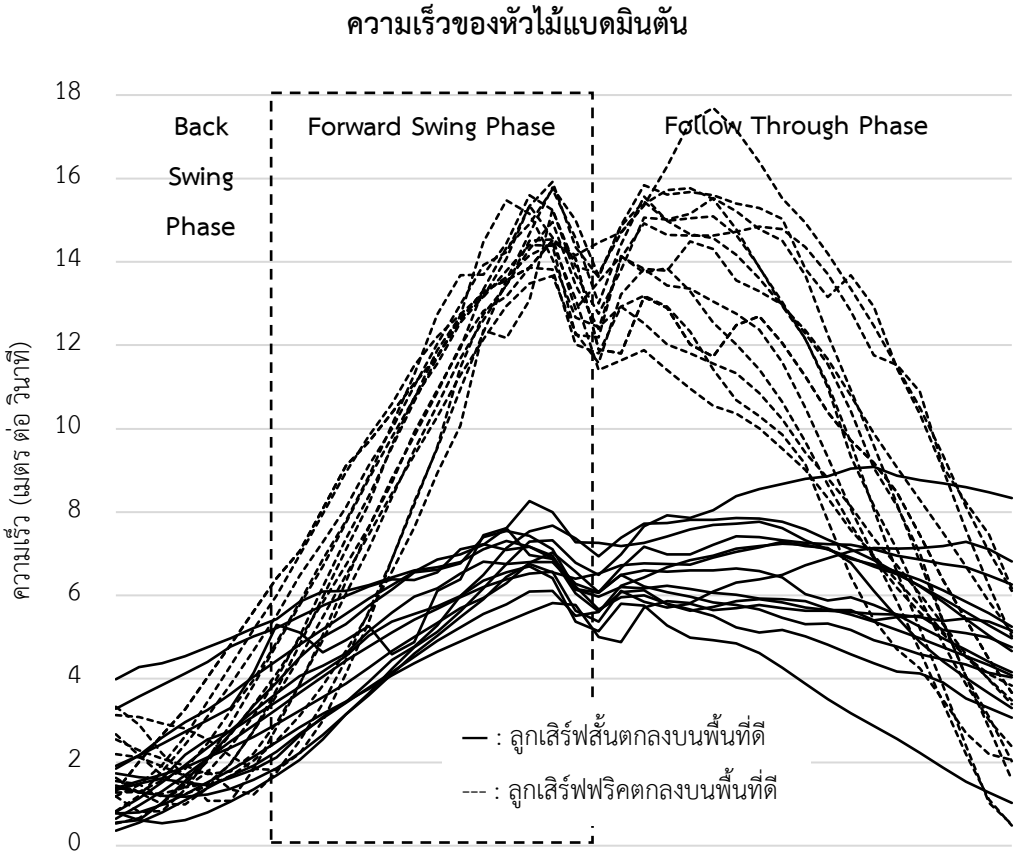
จากแผนภูมิเส้นที่ 8 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ มุมของหน้าไม้แบดมินตัน มีการคว่ำหน้าไม้ลงในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นขององศาของหน้าไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีแสดงความชันที่ใกล้เคียงกันและหรือแตกต่างเล็กน้อยในช่วง Forward swing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



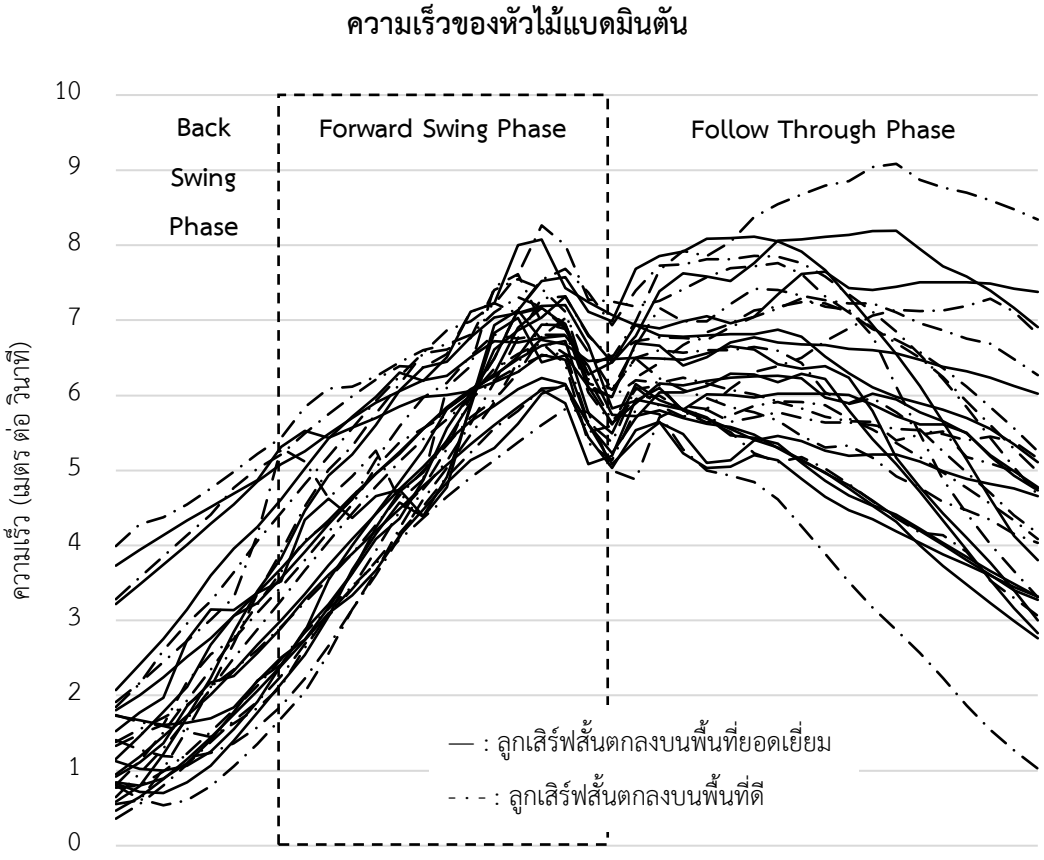
แผนภูมิเส้นที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

จากแผนภูมิเส้นที่ 9 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน มีความเร็วต่ำในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงก่อนที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกนั้น มีการลดลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน จะเห็นได้ว่า การเสิร์ฟลูกฟริคนั้นมีความชันของกราฟที่มากกว่าการเสิร์ฟลูกสั้น



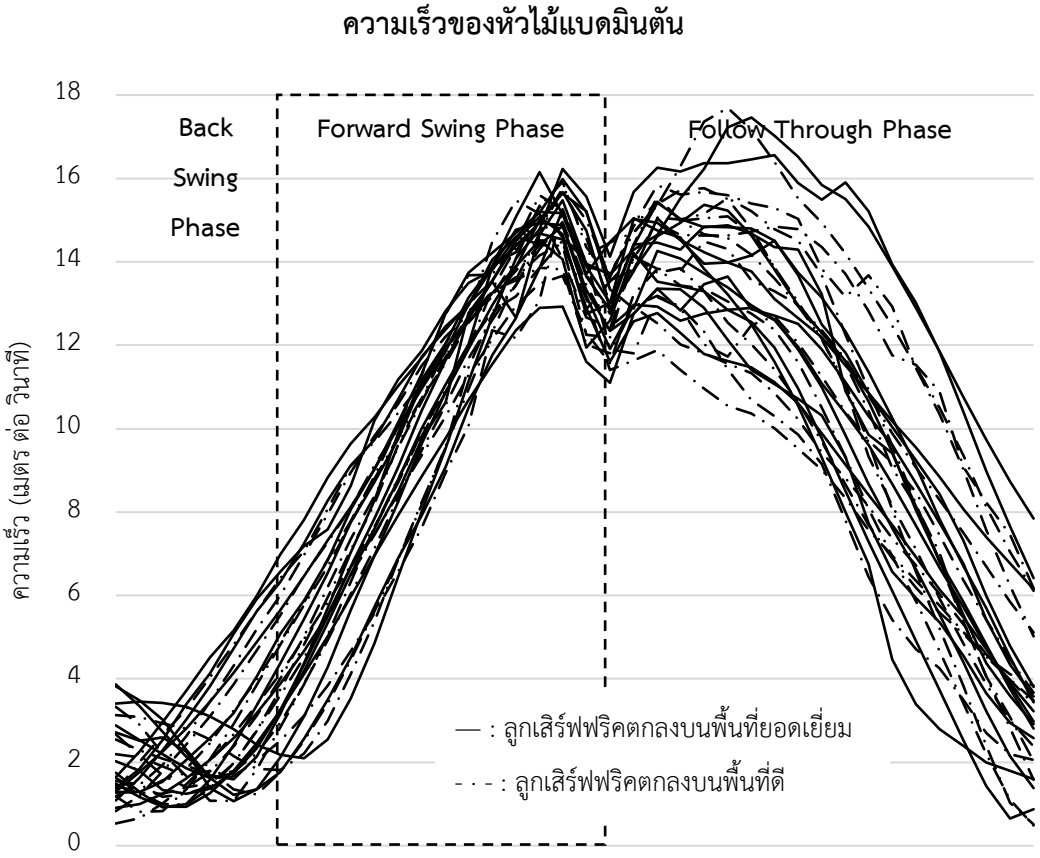
แผนภูมิเส้นที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 10 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน มีความเร็วต่ำในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงก่อนที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกนั้น มีการลดลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน จะเห็นได้ว่า การเสิร์ฟลูกฟริคนั้นมีความชันของกราฟที่มากกว่าการเสิร์ฟลูกสั้น



แผนภูมิเส้นที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

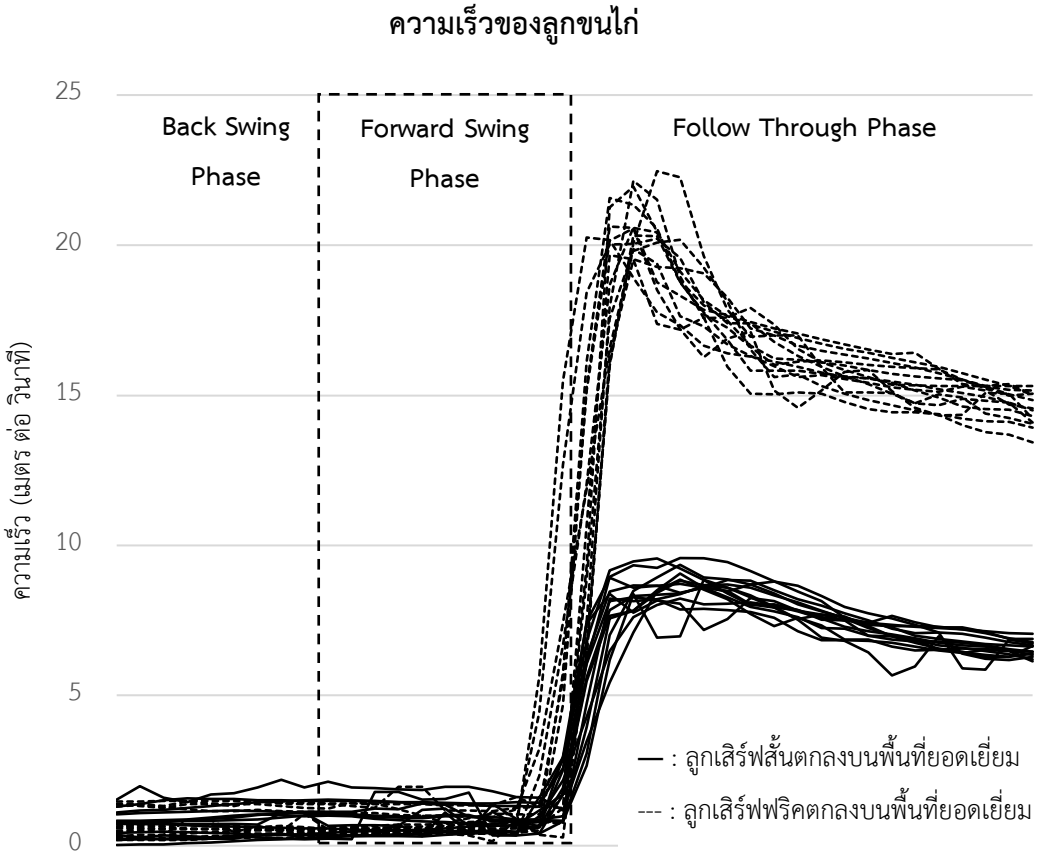
จากแผนภูมิเส้นที่ 11 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน มีความเร็วต่ำในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงก่อนที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกนั้นมีการลดลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน



แผนภูมิเส้นที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน มีความเร็วต่ำในช่วง Back swing จากนั้นแสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันขึ้นในช่วง Forward swing โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงก่อนที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกนั้นมีการลดลงของความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน

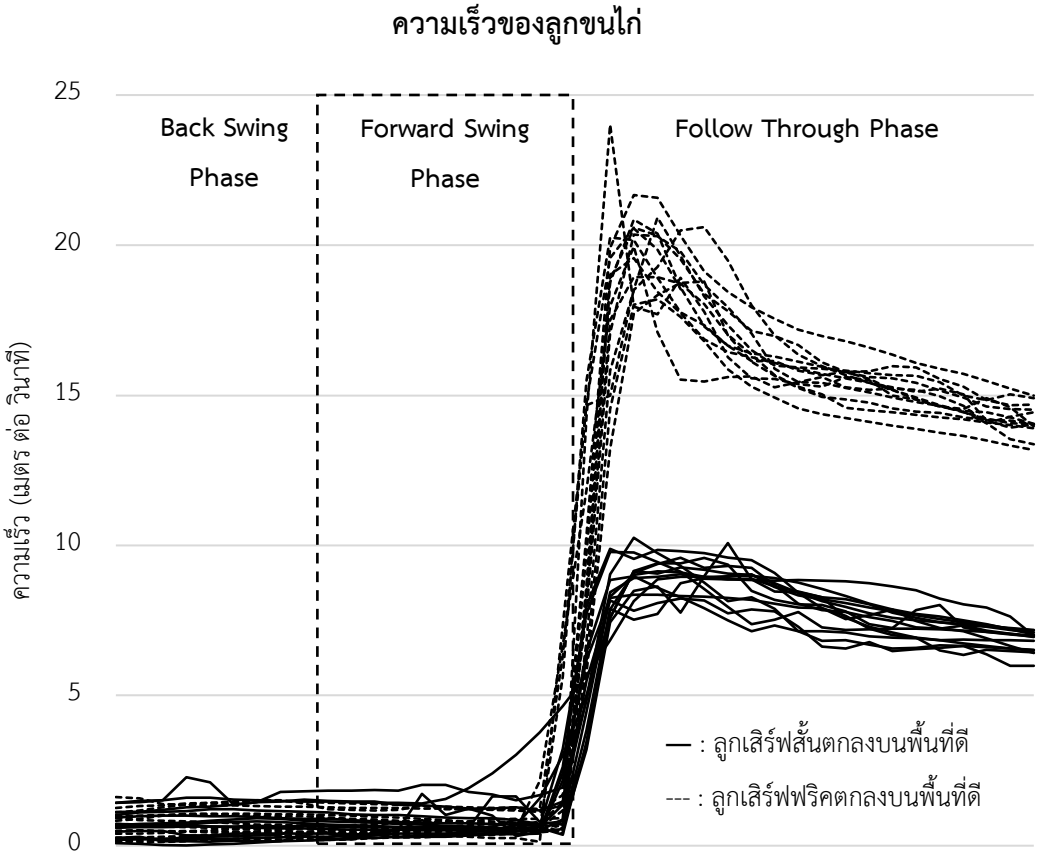
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

จากแผนภูมิเส้นที่ 13 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของลูกขนไก่ มีความเร็วต่ำหรือไม่มีในช่วง Back swing และ Forward swing จากนั้น แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของลูกขนไก่ขึ้นรวดเร็วในช่วง Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงที่ไม้แบดมินตันกระทบลูกและ Follow through นั้น ความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกฟริคมีความชันที่สูงกว่าการเสิร์ฟลูกสั้น

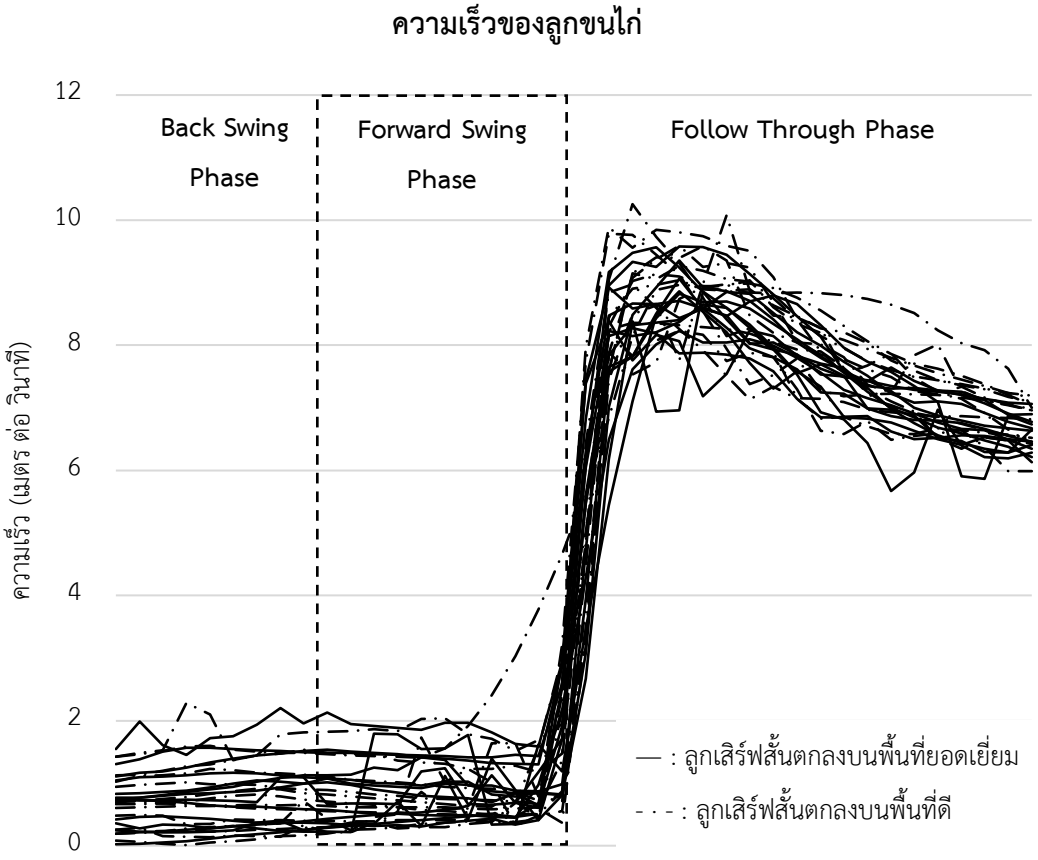
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 14 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของลูกขนไก่ มีความเร็วต่ำหรือไม่มีในช่วง Back swing และ Forward swing จากนั้น แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของลูกขนไก่ขึ้นรวดเร็วในช่วง Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงที่ไม้แบดมินตันกระทบลูกและ Follow through นั้น ความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกฟริคมีความชันที่สูงกว่าการเสิร์ฟลูกสั้น

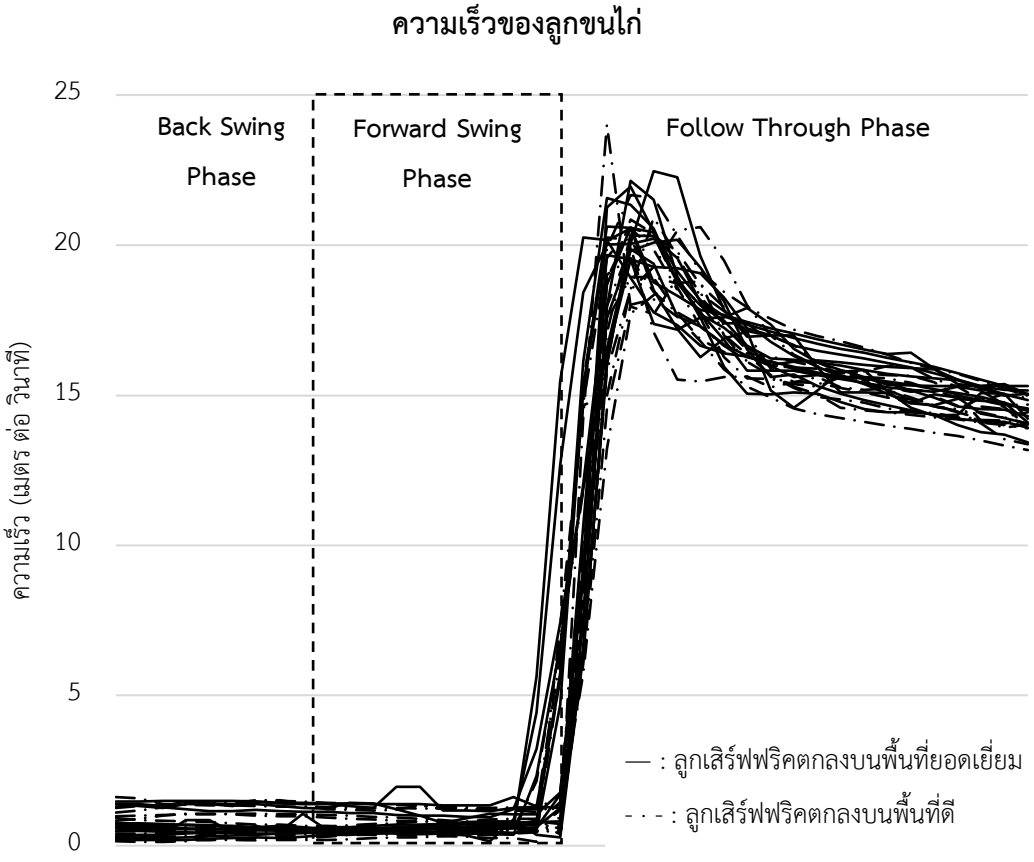
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

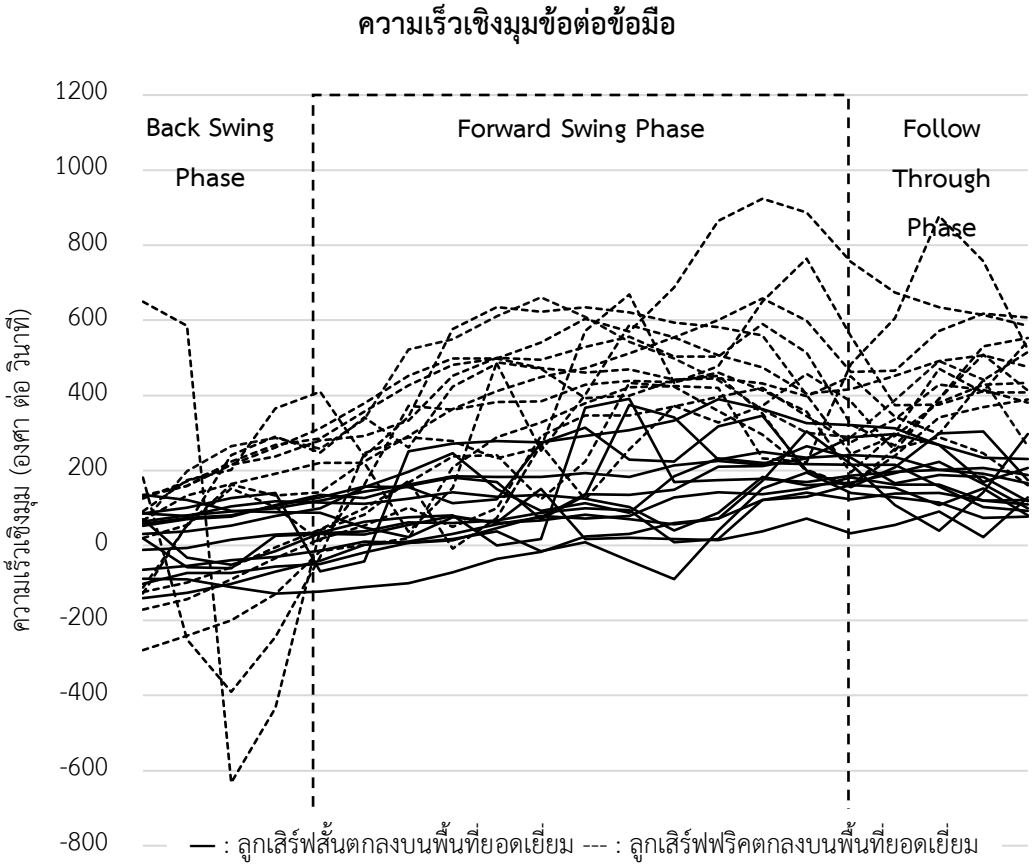
จากแผนภูมิเส้นที่ 15 แสดงเส้นทึบ หมายถึง การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม, เส้นประสลับจุด หมายถึง การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี และพบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของลูกขนไก่ มีความเร็วต่ำหรือไม่มีในช่วง Back swing และ Forward swing จากนั้น แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของลูกขนไก่ขึ้นรวดเร็วในช่วง Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงที่ไม้แบดมินตันกระทบลูกและ Follow through นั้น ความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีเกิดความแตกต่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



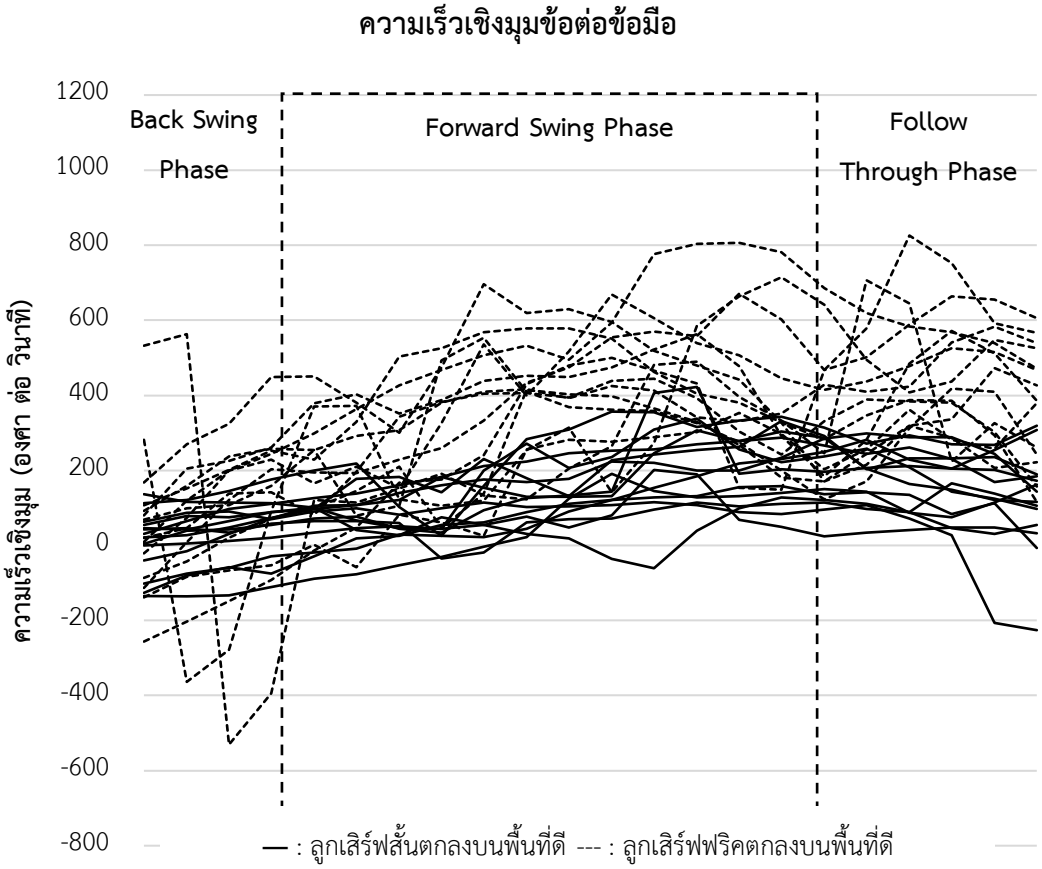
แผนภูมิเส้นที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 16 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วของลูกขนไก่ มีความเร็วต่ำหรือไม่มีในช่วง Back swing และ Forward swing จากนั้น แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วของลูกขนไก่ขึ้นรวดเร็วในช่วง Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วงที่ไม้แบดมินตันกระทบลูกและ Follow through นั้น ความเร็วของลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีเกิดความแตกต่าง



แผนภูมิเส้นที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม

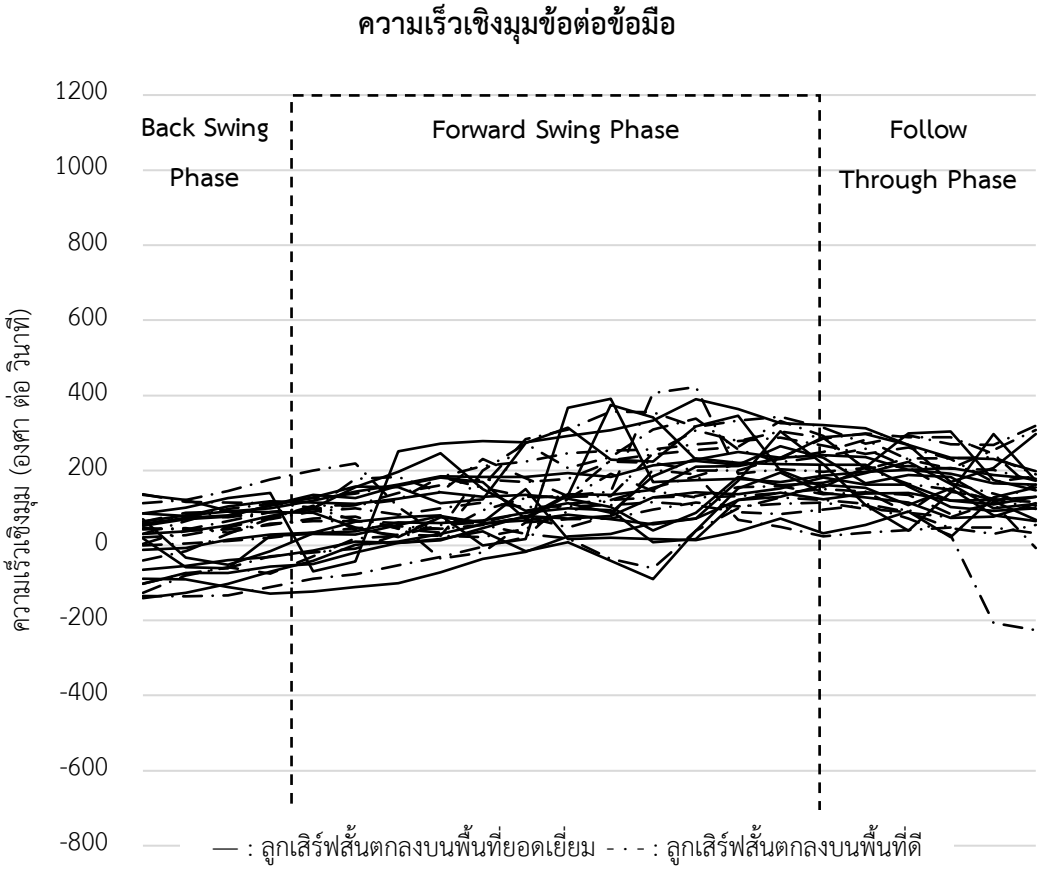
จากแผนภูมิเส้นที่ 17 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ มีความเร็วชิงมุมระหว่าง -220 ถึง 200 องศาต่อวินาที ในช่วง Back swing และในช่วง Forward swing แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วง Forward swing และ Follow through นั้น ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกฟริคมีความชันที่สูงกว่าการเสิร์ฟลูกสั้นเพียงเล็กน้อย



แผนภูมิเส้นที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 18 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ มีความเร็วชิงมุมระหว่าง -220 ถึง 200 องศาต่อวินาที ในช่วง Back swing และในช่วง Forward swing แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วง Forward swing และ Follow through นั้น ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกฟริคมีความชันที่สูงกว่าการเสิร์ฟลูกสั้นเพียงเล็กน้อย

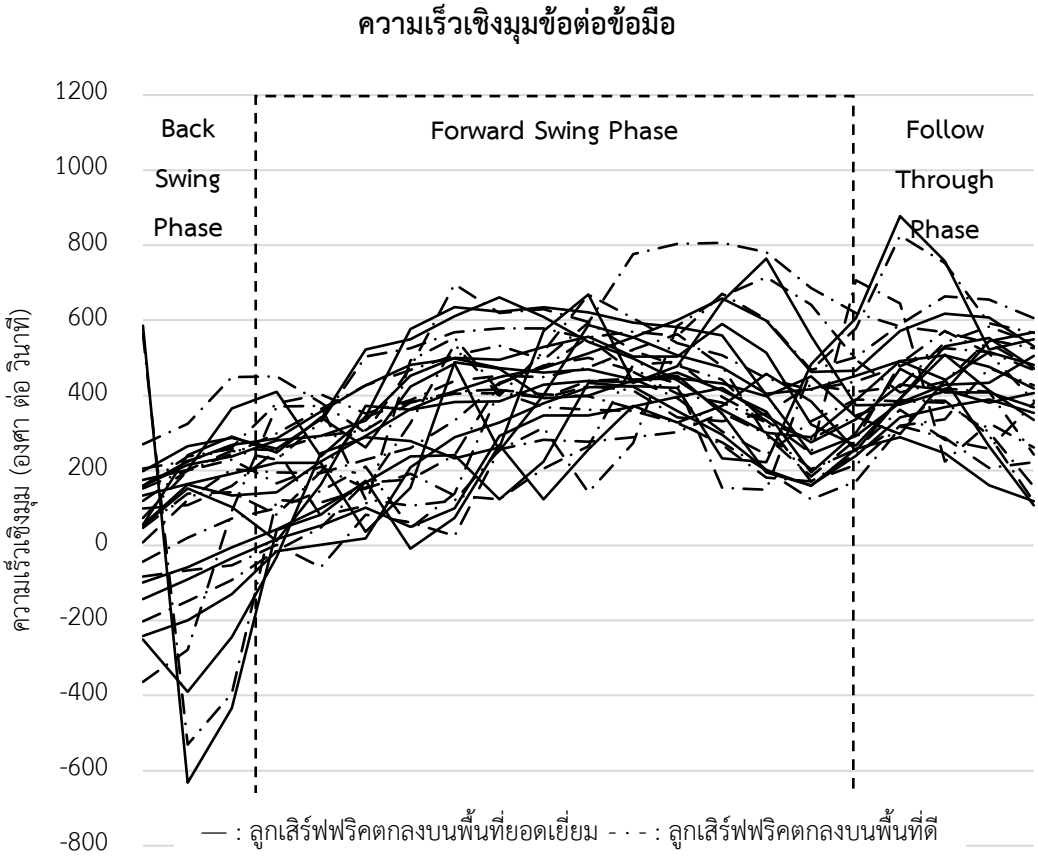
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 19 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ มีความเร็วชิงมุมระหว่าง -220 ถึง 200 องศาต่อวินาที ในช่วง Back swing และในช่วง Forward swing แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วง Forward swing และ Follow through นั้น ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีไม่เกิดความแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภูมิเส้นที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากแผนภูมิเส้นที่ 20 พบว่า ในการเสิร์ฟลูกทั้ง 2 แบบ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ มีความเร็วชิงมุมระหว่าง -220 ถึง 200 องศาต่อวินาที ในช่วง Back swing และในช่วง Forward swing แสดงการเพิ่มขึ้นของความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในช่วง Forward swing และ Follow through โดยจากแนวเส้นพบว่า ในช่วง Forward swing และ Follow through นั้น ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือในการเสิร์ฟลูกฟริคระหว่างลูกที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีไม่เกิดความแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ (Experimental research) มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบท่าทางการเสิร์ฟ ตำแหน่งของหน้าไม้ ลูกขนไก่ แรงปฏิกิริยาจากพื้น การถ่ายเทแรงขณะเคลื่อนไหว และการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายและการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ เมื่อลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในนักกีฬาแบดมินตัน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักกีฬาแบดมินตันประเภทชายคู่ หญิงคู่ และคู่ผสมทีมชาติไทย จำนวน 14 คน โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักกีฬาแบดมินตันที่เข้าร่วมการแข่งขันนานาชาติเพื่อเก็บคะแนนสะสมอันดับโลก สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีปัญหาด้านอาการบาดเจ็บ สมัครใจเข้าร่วมจนสิ้นสุดการวิจัย และผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนต้องทำการทดสอบเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยแบบทดสอบการเสิร์ฟลูกสั้นเฟรนช์ (A modified French short serve test) และแบบทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู (A modified Ballou drive serve test) ให้ได้คะแนนมากกว่า 60 คะแนนจาก 100 คะแนน จากการเสิร์ฟทั้งหมด 20 ลูกขึ้นไปเท่านั้น จึงจะเข้าร่วมการวิจัยได้ ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำความคุ้นเคยกับสถานที่ ไม้แบดมินตัน และบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (Specific warm up) เวลา 10 นาที จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการเสิร์ฟลูกทั้งหมด 21 ลูก ต้องเสิร์ฟลูกสั้นให้ตกลงบน พื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) อย่างน้อยจำนวน 3 ลูก จากทั้งหมด 21 ลูก

หลักจากนั้น นำผลที่ได้จากการเสิร์ฟ 1 ลูกที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปแบบดังต่อไปนี้

1.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับ ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม
2.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี เปรียบเทียบกับ ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี
3.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี
4.ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี

ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way Analysis of Variance with repeated measures) และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการ Bonferroni ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยพบว่า

ผู้ร่วมการวิจัยทั้งหมด 14 คน อายุเฉลี่ยเท่ากับ 24.43±1.87 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 170.79±7.80 เซนติเมตร น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยเท่ากับ 64.99±9.33 กิโลกรัม โดยมีสัดส่วนของร่างกายเฉลี่ย ดังต่อไปนี้

ความยาวกระดูก c7 ถึง กระดูกสะโพก	48.93±2.79	เซนติเมตร
ความกว้างหัวไหล่ (ส่วนที่กว้างที่สุด)	41.43±2.24	เซนติเมตร
ความยาวแขนซ้ายช่วงบน (ปุ่มไหล่ ถึง ปุ่มศอก)	31.50±1.43	เซนติเมตร
ความยาวแขนขวาช่วงบน (ปุ่มไหล่ ถึง ปุ่มศอก)	31.57±1.38	เซนติเมตร
ความยาวแขนซ้ายช่วงล่าง (ปุ่มศอก ถึง ข้อมือ)	26.89±1.61	เซนติเมตร
ความยาวแขนขวาช่วงล่าง (ปุ่มศอก ถึง ข้อมือ)	27.18±1.85	เซนติเมตร
ความยาวมือซ้าย (ปลายนิ้วกลางถึงข้อมือ)	20.61±4.16	เซนติเมตร
ความยาวมือขวา (ปลายนิ้วกลางถึงข้อมือ)	18.82±1.20	เซนติเมตร
ความยาวแขนซ้าย	77.57±3.24	เซนติเมตร
ความยาวแขนขวา	77.54±3.61	เซนติเมตร
ความกว้างมือซ้าย (ส่วนที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้ง)	11.21±0.67	เซนติเมตร
ความกว้างมือขวา (ส่วนที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้ง)	11.64±1.17	เซนติเมตร
ความยาวขาซ้ายช่วงบน (หัวกระดูกต้นขา ถึง ด้านข้างลูกสะบ้า)	47.64±3.20	เซนติเมตร
ความยาวขาขวาช่วงบน (หัวกระดูกต้นขา ถึง ด้านข้างลูกสะบ้า)	47.43±3.45	เซนติเมตร
ความยาวขาซ้ายช่วงล่าง (ด้านข้างลูกสะบ้า ถึง ตาตุ่มด้านนอก)	42.11±2.72	เซนติเมตร
ความยาวขาขวาช่วงล่าง (ด้านข้างลูกสะบ้า ถึง ตาตุ่มด้านนอก)	42.32±2.49	เซนติเมตร
ความสูงข้อเท้าซ้าย (ตาตุ่มด้านนอก ถึง พื้น)	6.39±0.59	เซนติเมตร
ความสูงข้อเท้าขวา (ตาตุ่มด้านนอก ถึง พื้น)	6.36±0.60	เซนติเมตร
ความยาวขาซ้าย	96.14±5.60	เซนติเมตร
ความยาวขาขวา	96.11±5.57	เซนติเมตร
ความยาวเท้าซ้าย (ส่วนที่ยาวที่สุด ถึง ส้นเท้า)	26.21±1.41	เซนติเมตร
ความยาวเท้าขวา (ส่วนที่ยาวที่สุด ถึง ส้นเท้า)	26.36±1.38	เซนติเมตร
ความกว้างเท้าซ้าย (บริเวณที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้งเท้า)	11.75±0.67	เซนติเมตร
ความกว้างเท้าขวา (บริเวณที่กว้างที่สุดรวมนิ้วโป้งเท้า)	11.50±0.59	เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.การเปรียบเทียบระหว่างลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวแปร ดังต่อไปนี้

1.1 มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 139.80±9.86 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 149.13±10.47 องศา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.2 ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 190.03±71.99 องศาต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 480.68±90.06 องศาต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3 มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 25.20±5.27 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 19.49±7.32 องศา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.4 ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 6.19±0.64 เมตรต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 13.69±1.2 เมตรต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.5 ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 7.29±1.86 วินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.64±1.22 วินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.6 ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.28±0.05 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.45±0.06 เมตร พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.24±1.57 เมตรต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 11.36±4.23 เมตรต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในขณะที่ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวตัวแปร ดังต่อไปนี้

1.8 ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (Time of back swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 17.64±6.66 วินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 20.64±7.16 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.9 ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย (Racket position) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.57±0.06 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.61±0.05 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.10 ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น (Height of racket) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.08±0.05 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.06±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.11 มุมของข้อต่อข้อมือ (Wrist angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 121.30±9.42 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 118.70±9.40 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.12 มุมข้อต่อหัวไหล่ (Shoulder angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 159.22±8.22 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 159.90±9.63 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.13 ความสูงลูกขนไก่ (Height of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.04±0.05 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.00±0.05 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.14 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านนอกและด้านใน (Fx-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้ายของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.06±0.27 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.04±0.23 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวาของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.03±0.18 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.06±0.17 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.15 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (Fy-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้ายของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.45±0.13 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.40±0.22 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวาของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.38±0.14 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.31±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.16 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่ง (Fz-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้ายของการลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.28±2.50นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.35±2.68 นิวตัน/กิโลกรัมรยางค์ล่างข้างขวาของการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 4.47±2.45 นิวตัน/กิโลกรัมและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 4.46±2.65 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.17 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน (COGx-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.17±0.05 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.18 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (COGy-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.26±0.03 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.26±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.19 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง (COGz-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.การเปรียบเทียบระหว่างลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวแปร ดังต่อไปนี้

2.1 มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 140.24±9.81 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 149.38±10.48 องศา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2 ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 197.79±90.33 องศาต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 467.42±132.10 องศาต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3 มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 25.03±5.34 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 19.06±5.66 องศา พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.4 ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 6.25±0.6 เมตรต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 13.46±0.94 เมตรต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.5 ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 7.14±1.61 วินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.64±1.01 วินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.6 ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.28±0.06 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.44±0.07 เมตร พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.7 ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.18±1.52 เมตรต่อวินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 10.19±3.42 เมตรต่อวินาที พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในขณะที่ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวตัวแปร ดังต่อไปนี้

2.8 ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (Time of back swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 19.57±8.55 วินาที และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 18.93±7.64 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.9 ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย (Racket position) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.58±0.06 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.59±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.10 ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น (Height of racket) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.08±0.05 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.06±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.11 มุมของข้อต่อข้อมือ (Wrist angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 121.18±10.16 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 118.04±9.75 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.12 มุมข้อต่อหัวไหล่ (Shoulder angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 159.94±8.41 องศา และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 159.41±9.54 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.13 ความสูงลูกขนไก่ (Height of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.04±0.06 เมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.00±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.14 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านนอกและด้านใน (Fx-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.05±0.21นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.05±0.24 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.04±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.07±0.19 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.15 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (Fy-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.44±0.12 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.39±0.21 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.37±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.32±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.16 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่ง (Fz-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.26±2.59 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.18±2.57 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 4.43±2.61 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 4.51±2.55 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.17 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน (COGx-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.18 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (COGy-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.26±0.03 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.26±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.19 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง (COGz-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.03±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.การเปรียบเทียบระหว่างลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวแปร ดังต่อไปนี้

3.1 มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 139.80±9.86 องศา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 140.24±9.81 องศา ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 190.03±71.99 องศาต่อวินาที ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 197.79±90.33 องศาต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 25.20±5.27 องศา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 25.03±5.34 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.4 ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 6.19±0.64 เมตรต่อวินาที ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 6.25±0.6 เมตรต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.5 ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 7.29±1.86 วินาที ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 7.14±1.61 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.6 ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.28±0.05 เมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.28±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.7 ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.24±1.57 เมตรต่อวินาที ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.18±1.52 เมตรต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.8 ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (Time of back swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 17.64±6.66 วินาที ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 19.57±8.55 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.9 ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย (Racket position) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.57±0.06 เมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.58±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.10 ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น (Height of racket) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.08±0.05 เมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.08±0.05 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.11 มุมของข้อต่อข้อมือ (Wrist angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 121.30±9.42 องศา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 121.18±10.16 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.12 มุมข้อต่อหัวไหล่ (Shoulder angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 159.22±8.22 องศา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 159.94±8.41 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.13 ความสูงลูกขนไก่ (Height of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.04±0.05 เมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.04±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.14 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านนอกและด้านใน (Fx-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.06±0.27 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.05±0.21 นิวตัน/กิโลกรัมรยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.03±0.18 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.04±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.15 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (Fy-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.45±0.13 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.44±0.12 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.38±0.14 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.37±0.15 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.16 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่ง (Fz-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.28±2.50 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.26±2.59 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 4.47±2.45 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 4.43±2.61 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.17 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน (COGx-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.17±0.05 มิลลิเมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.18 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (COGy-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.26±0.03 มิลลิเมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.26±0.03 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.19 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง (COGz-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.การเปรียบเทียบระหว่างลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ของตัวแปร ดังต่อไปนี้

4.1 มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 149.13±10.47 องศา ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 149.38±10.48 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 480.68±90.06 องศาต่อวินาที ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 467.42±132.10 องศาต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 19.49±7.32 องศา ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 19.06±5.66 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 13.69±1.2 เมตรต่อวินาที ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 13.46±0.94 เมตรต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.5 ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.64±1.22 วินาที ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.64±1.01 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.6 ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.45±0.06 เมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.44±0.07 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.7 ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 11.36±4.23 เมตรต่อวินาที ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 10.19±3.42 เมตรต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.8 ระยะเวลาการดึงไม้เข้าหาร่างกาย (Time of back swing phase) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 20.64±7.16 วินาที ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 18.93±7.64 วินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.9 ตำแหน่งของไม้แบดมินตันกับร่างกาย (Racket position) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.61±0.05 เมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.59±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.053

4.10 ความสูงของไม้แบดมินตันจากพื้น (Height of racket) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.06±0.06 เมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.06±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.11 มุมของข้อต่อข้อมือ (Wrist angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 118.70±9.40 องศา ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 118.04±9.75 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.12 มุมข้อต่อหัวไหล่ (Shoulder angle) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 159.90±9.63 องศา ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 159.41±9.54 องศา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.13 ความสูงลูกขนไก่ (Height of shuttlecock) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.00±0.05 เมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.00±0.06 เมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.14 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านนอกและด้านใน (Fx-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.04±0.23 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.05±0.24 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวาลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.06±0.17 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.07±0.19 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.15 แรงปฏิกิริยาในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (Fy-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.40±0.22 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.39±0.21 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวาลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.31±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.32±0.26 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.16 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่ง (Fz-Ground reaction force) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของรยางค์ล่างข้างซ้าย ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 5.35±2.68 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 5.18±2.57 นิวตัน/กิโลกรัม รยางค์ล่างข้างขวา ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 4.46±2.65 นิวตัน/กิโลกรัม และลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 4.51±2.55 นิวตัน/กิโลกรัม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.17 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านนอกและด้านใน (COGx-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.16±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.18 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวด้านหน้าและด้านหลัง (COGy-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 0.26±0.05 มิลลิเมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 0.26±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.19 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง (COGz-Center of gravity) มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมเท่ากับ 1.03±0.06 มิลลิเมตร ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดีเท่ากับ 1.03±0.05 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ของท่าทางการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ โดยกำหนดพื้นที่การตกลงของลูกขนไก่ด้วยกัน 2 พื้นที่ คือ พื้นยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี ดังนั้นชุดข้อมูลทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ประกอบไปด้วย 4 ชุดข้อมูล ดังต่อไปนี้

1.การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม

2.การเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม

3.การเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี

4.การเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี

และได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ทั้งสิ้น 4 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับ ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม

2.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี เปรียบเทียบกับ ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี

3.ลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับลูกสั้นที่ตกลงบนพื้นที่ดี

4.ลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม เปรียบเทียบกับลูกฟริคที่ตกลงบนพื้นที่ดี

ทั้งนี้ จากผลการวิจัย พบว่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลคิเนติกส์ (แรงปฏิกิริยาของรยางค์ล่างข้างซ้ายแรงปฏิกิริยาของรยางค์ล่างข้างขวา และจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย) ในขณะที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกขนไก่ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงขอแยกอภิปรายผลการทดลองเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. เปรียบเทียบข้อมูลคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคทั้งที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จากการวิเคราะห์ท่าทางการเสิร์ฟ พบว่าการเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือ แบ่งออกเป็น 4 ช่วงของการเสิร์ฟ ดังต่อไปนี้ (Woodward., 2011)

1. ช่วงของการเตรียมพร้อม (Preparation phase)
2. ช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่เข้าหาร่างกาย (Backswing phase)
3. ช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ (Forward swing phase)
4. ช่วงตามติดของไม้แบดมินตัน (Follow through phase)

ช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ (Forward swing phase and Contact phase) เป็นช่วงที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของลูกมากที่สุด โดยท่าทางการเคลื่อนไหวในช่วงนี้จะส่งแรงไปยังลูกขนไก่เพื่อให้ลอยไปด้วยแรง และทิศทางที่การเคลื่อนไหวส่งไป ในขณะที่ช่วงอื่นของการเสิร์ฟ เป็นช่วงเสริมให้มีการเคลื่อนไหวได้ตามต้องการ เช่น ช่วงของการเตรียมพร้อมเป็นการปรับท่าทางให้สามารถเคลื่อนไหวในท่าเสิร์ฟได้ ส่วนช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่เข้าร่างกายเป็นการเคลื่อนที่เพื่อสะสมแรงเพื่อออกแรงขณะเสิร์ฟ ส่วนช่วงตามติดของไม้แบดมินตันเป็นช่วงที่ส่งแรงที่เหลือจากการเสิร์ฟไปให้สุดการเคลื่อนไหว งานวิจัยนี้จึงจะวิเคราะห์ถึงช่วงการเคลื่อนไหวในช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ โดยทำการเปรียบเทียบดังนี้

1.การเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทางคิเนเมติกส์และคิเนติกส์ระหว่างท่าทางการการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม พบว่า มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) และความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงอภิปรายผลการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hussain., Ahmed., Bari., et al. (2011) ที่ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของแขนในการเสิร์ฟยาวและเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือในนักกีฬาแบดมินตัน โดยผลการศึกษา พบว่า มุมของข้อต่อข้อศอก, ความสูงของลูกขนไก่ในขณะกระทบไม้แบดมินตัน, และความสูงของลูกขนไก่ในขณะเดินทาง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกเหนือไปจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาของ Tsai., Huang, and Chang. (2005) ที่ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ เคลื่อนไหว และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ตีลูกตบและลูกตัดหยอด จากผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างที่มุมข้อต่อข้อศอกระหว่างการตีลูกตบและลูกตัดหยอด จะเห็นได้ว่าจาก 2 ผลการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เมื่อต้องการตีลูกขนไก่ให้ตกลงสู่พื้นในบริเวณที่แตกต่างกัน โดยบริเวณที่ตกลงของลูกขนไก่ต้องอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน เช่น ลูกตบตรงและลูกตัดหยอดตรง จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของมุมข้อต่อข้อศอก

จึงน่าจะกล่าวได้ได้ว่า มุมข้อต่อข้อศอกเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่กำหนดประเภทของการเสิร์ฟในรูปแบบการเสิร์ฟเดียวกัน เช่น การเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหน้ามือ การเสิร์ฟลูกยาวด้วยหน้ามือ และการเสิร์ฟลูกฟริคด้วยหน้ามือ เป็นต้น ซึ่งเมื่อมุมข้อต่อข้อศอกจัดเป็นการเคลื่อนไหวหลักที่ควบคุมระยะทางของลูกขนไก่ ในทางกลับกันอาจกล่าวได้ว่า การสังเกตมุมข้อต่อข้อศอกก่อนไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ น่าจะเป็นจุดหนึ่งที่ใช้สังเกตผู้เล่นฝ่ายตรงกันข้ามในขณะแข่งขันเพื่อประเมินว่า จะทำการเสิร์ฟลูกประเภทใด ในขณะเดียวกันเมื่อดูจากกราฟที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่า มุมของข้อต่อข้อศอกที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่เข้าหาร่างกาย (Backswing phase) ไปจนถึงช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ (Forward swing phase and contact) มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันคือ มุมข้อต่อข้อศอกขณะเสิร์ฟลูกสั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงองศาการเหยียดข้อศอกน้อยกว่าการเสิร์ฟลูกฟริค จึงเป็นจุดสำคัญของการสังเกตการณ์เสิร์ฟที่ดีนั่นเอง

1.2 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า ไม่มีวรรณกรรมใดเกี่ยวกับการเสิร์ฟที่ศึกษาถึงความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ แต่พบเฉพาะมุมข้อต่อข้อมือ เช่น การศึกษาวิจัยของ Rusydi. et al. (2015) ที่สรุปผลการวิจัยว่า การเสิร์ฟด้วยหลังมือแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1.การเสิร์ฟด้วยหลังมือโดยมีการเคลื่อนที่เฉพาะข้อต่อข้อมือเท่านั้น และ 2.การเสิร์ฟด้วยหลังมือโดยมีการเคลื่อนที่เฉพาะบริเวณมือเท่านั้น ทั้งนี้ทั้ง 2 ประเภทของการเสิร์ฟมีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวบริเวณมือเท่านั้นขณะที่ข้อต่อหัวไหล่ไม่มีการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวใด ๆ จะเห็นได้ว่าจากผลการศึกษาวิจัยข้างต้น การเสิร์ฟด้วยหลังมือมีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวเฉพาะบริเวณมือและข้อมือ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือนั้นมีการเคลื่อนไหวข้อต่อข้อมือน้อย มีความเร็วในการสะบัดข้อมือสูง จึงยากต่อการสังเกต และวิเคราะห์การเคลื่อนไหว งานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่พบความแตกต่างของความเร็วในการเคลื่อนไหวข้อต่อข้อมือขณะเสิร์ฟ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาการเคลื่อนไหวในรูปแบบอื่น ๆ พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Tsai., Huang., Lin., and Chang. (2000) ที่ศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์รยางค์ส่วนบนของร่างกายในขณะตีลูกขนไก่เหนือศีรษะ (ลูกตบ ลูกเคลียร์ ลูกตัดหยอด) ในนักกีฬาแบดมินตันระดับสูง ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ ข้อต่อข้อศอก ข้อต่อหัวไหล่ โดยที่ข้อต่อข้อมือยังเป็นข้อต่อที่เกิดพลังมากที่สุดจากการตีลูกขนไก่ทั้ง 3 ประเภท กล่าวได้ว่า พลังกล้ามเนื้อ คือ ตัวแปรสำคัญสำหรับหลาย ๆ ประเภทกีฬา และส่งผลทำให้เกิดความเร็วเชิงมุมที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้น (Mao., Lu., Li., & Hou., 2000)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกเหนือไปจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาของ Tsai. et al. (2005) ที่ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่ เคลื่อนไหว และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ตีลูกตบและลูกตัดหยอด จากผลการศึกษา พบว่า มีความแตกต่างที่ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ ระหว่างการตีลูกตบและลูกตัดหยอด จึงน่าจะกล่าวได้ว่า ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือเป็นอีกหนึ่งตัวแปรสำคัญที่น่าจะเป็นตัวแปรที่กำหนดความเร็วของลูกขนไก่รวมถึงส่งผลให้ลูกขนไก่ตกลงในบริเวณที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อดูจากกราฟที่ 17 พบว่า ทั้ง 2 ประเภทของการเสิร์ฟนั้นมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเร็วไม่แตกต่างกันมาก แต่เนื่องจากมีความเร็วต้นของลูกขนไก่ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้อย่างชัดเจนในกราฟที่ 13, 14, 15, และ 16 ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าความเร็วเชิงมุมของข้อต่อข้อมือที่เกิดขึ้นในการเสิร์ฟเป็นตัวแปรที่กำหนดความเร็วต้นของลูกขนไก่จึงส่งผลให้ลูกขนไก่มีระยะการตกลงที่แตกต่างกันและเมื่อพิจารณารูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อมือ พบว่า ข้อมือมีการเคลื่อนไหวทั้งหมด 6 ท่าทาง ได้แก่ flexion-Extension, Ulnar-Radial Deviation และ Rotation (Palmer., Werner., Murphy., & Glisson., 1985) ดังนั้น เมื่อแยกท่าทางการเคลื่อนไหวในแต่ละทิศทางแล้ว อาจไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่า การทำงานของข้อต่อข้อมือในขณะเสิร์ฟนั้น ไม่ได้มีเพียงแค่ Ulnar-Radial Deviation เพียงเท่านั้น มีความเป็นไปได้ว่ามีการทำงานของข้อต่อข้อมือในรูปแบบ Flexion-Extension และ Rotation ร่วมด้วย

1.3 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของมุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hussain., Ahmed., Mohammad., et al. (2011) ที่ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยวีดิโอในทักษะการเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือและหลังมือในนักกีฬาแบดมินตัน โดยผลการวิจัยพบว่า มุมข้อต่อข้อมือ มุมข้อต่อหัวไหล่และมุมของหน้าไม้แบดมินตันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างการเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือและหลังมือ จากความแตกต่างที่พบ อาจกล่าวได้ว่า มุมของหน้าไม้แบดมินตันน่าจะเป็นตัวแปรที่กำหนดวิถีของการเคลื่อนไหวของลูกแบดมินตัน โดยจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิถีของลูกขนไก่เป็นตัวชี้วัดความแม่นยำของการเสิร์ฟสั้นในกีฬาแบดมินตัน พบว่า ลูกเสิร์ฟสั้นที่มีความแม่นยำนั้นควรมีจุดที่สูงที่สุดของลูกขนไก่อยู่ก่อนที่จะลอยข้ามตาข่ายไป (Vial., Cochrane., Blazevich., & Croft., 2019) แต่เนื่องงานงานวิจัยในครั้งนี้ ไม่ได้ศึกษาถึงวิถีการลอยของลูกแบดมินตันก่อนตกลงสู่พื้น จึงไม่อาจสรุปได้ว่า การที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของมุมหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคนั้น ส่งผลให้วิถีของลูกแตกต่างกันจริง แต่มีความเป็นไปได้ว่ามุมของหน้าไม้แบดมินตันจะเป็นตัวแปรสำคัญอีกหนึ่งตัวแปรที่กำหนดความแตกต่างของการเสิร์ฟแต่ละประเภท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แต่เมื่อสังเกตจากกราฟที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมของหน้าไม้แบดมินตันระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม พบว่า มุมของหน้าไม้แบดมินตันทั้งสองรูปแบบการเสิร์ฟมีความใกล้เคียงกันมาก ดังนั้น การสังเกตมุมของหน้าไม้ขณะเสิร์ฟอาจเป็นการยากต่อการสังเกตเพื่อพยากรณ์รูปแบบการเสิร์ฟของผู้เล่นฝ่ายตรงกันข้าม ยิ่งไปกว่านั้นพบว่า จากกราฟที่ 5 มุมของหน้าไม้แบดมินตันของกลุ่มตัวอย่าง 1 คน แสดงให้เห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากจากช่วงการดึงไม้เข้าหาร่างกาย จนถึงไม้กระทบลูกขนไก่ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่านักกีฬามีการปรับมุมหน้าไม้แบดมินตันเตรียมพร้อมสำหรับการแก้ไขจากการเสิร์ฟครั้งที่ผ่านมา หรือนักกีฬาอาจใช้นิ้วมือในการควบคุมมุมของหน้าไม้แบดมินตันซึ่งเป็นเทคนิคขั้นสูงในนักกีฬาแบดมินตัน

1.4 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) พบว่า ไม่มีวรรณกรรมใดที่เกี่ยวข้องกับการเสิร์ฟในกีฬาแบดมินตันที่ศึกษาในเรื่องของความเร็วของหัวไม้แบดมินตันเลย ทั้งนี้ วิถีการเคลื่อนที่ของลูกขนไก่นั้นเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการควบคุมจากแรงอย่างน้อย 2 แรง ได้แก่ แรงดึงดูดของโลกและแรงส่งจากภายนอก และตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวแบบโปรเจกไตล์นี้ ได้แก่ ขนาดของความเร็วเริ่มต้นและมุมกระทบที่ส่งผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวระดับ (นงนภัส เจริญพานิช, 2561) เนื่องจากการเสิร์ฟสั้น หมายถึง การเสิร์ฟที่ลูกขนไก่ตกลงด้านหน้าของสนามโดยที่ไม่ตกลงบริเวณพื้นที่เสิร์ฟสั้น ขณะที่การเสิร์ฟฟริคนั้นลูกขนไก่ต้องไปตกลงพื้นที่บริเวณท้ายของสนามโดยไม่ตกลงบริเวณพื้นที่เสิร์ฟยาว ดังนั้น จากการเคลื่อนไหวรูปแบบโพรเจกไทล์ของลูกขนไก่ ความเร็วหัวไม้แบดมินตันซึ่งเป็นตัวกำหนดความเร็วต้นของลูกขนไก่จึงมีผลต่อระยะทางการตกของลูกขนไก่โดยตรงว่าจะตกบนพื้นที่ใกล้หรือไกล ดังนั้น ความเร็วของหัวไม้ขณะเสิร์ฟลูกสั้นจึงน้อยกว่าขณะเสิร์ฟลูกฟริคอย่างมีนัยสำคัญนั้นเอง มากไปกว่านั้น เมื่อสังเกตจากกราฟที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วหัวไม้แบดมินตันของการเสิร์ฟทั้ง 2 ประเภท พบว่า ความเร็วหัวไม้แบดมินตันจะเพิ่มขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ (Forward swing phase) โดยจะมีความเร็วสูงสุดก่อนไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่ และจะลดความเร็วของหัวไม้แบดมินตันลงเพื่อกระทบลูกขนไก่ เนื่องจากมีการส่งถ่ายแรงจากไม้แบดมินตันไปสู่ลูกขนไก่ หรืออาจเกิดจากการคาดคะเนระยะเพื่อความแม่นยำในการตีนั่นเอง

จากการศึกษาเพิ่มเติม พบการศึกษาและวิจัยของ Rambely. and Osman. (2005) พบว่าข้อต่อข้อมือมีส่วนเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากถึง (26.5 เปอร์เซ็นต์) กับความเร็วหัวไม้แบดมินตันในการกระโดดตบในนักกีฬาแบดมินตันเมื่อเปรียบเทียบกับข้อต่อข้อศอกและข้อต่อหัวไหล่ ดังนั้น เมื่อความเร็วของการเคลื่อนไหวข้อมือ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความเร็วต้นของลูกขนไก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น ความเร็วหัวไม้ที่มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของข้อต่อข้อมือจึงเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมความเร็วต้นของลูกขนไก่เช่นกัน จึงมีผลต่อการตกลงของลูกขนไก่ในพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป แต่ในอีกด้านหนึ่ง การสังเกตการณ์เคลื่อนไหวเพื่อพยากรณ์รูปแบบการเสิร์ฟอาจเป็นการยากที่จะสังเกตความเร็วหัวไม้แบดมินตัน เนื่องจากการมีช่วงเวลาที่สั้นมากในการช่วงไม้แบดมินตันเคลื่อนที่ออกจากร่างกายจนกระทั่งกระทบลูกขนไก่ (Forward swing phase)

1.5 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) ขัดแย้งกันกับผลการศึกษาของ (Shen, Y., 2014) ที่พบว่า ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ของการเสิร์ฟลูกสั้นเสิร์ฟยาว และเสิร์ฟฟริคด้วยหลังมือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น กล่าวได้ว่าระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ที่แตกต่างกันของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริค อาจเกิดจากการฝึกทักษะการเสิร์ฟที่ผ่านมาของนักกีฬาแต่ละคนที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rusydi. et al. (2015) ที่ศึกษาและวิเคราะห์การเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือในนักกีฬาแบดมินตัน บนพื้นฐานการหมุนลักษณะ Euler angle โดยสรุปการวิจัยว่าการแสดงทักษะหรือปฏิบัติการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือคล้ายกันหรือเหมือนกับกับผู้ฝึกสอนแบดมินตันนั้นเอง ดังนั้น การขัดแย้งกับงานวิจัยของ Shen (2014) จึงน่าจะเกิดจากปัจจัยทางด้านประสบการณ์ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งส่งผลต่อท่าทางการเสิร์ฟ นอกเหนือไปจากนี้ พบว่า การเสิร์ฟลูกสั้นใช้เวลาในการเคลื่อนไม้แบดมินตันมากว่าการเสิร์ฟลูกฟริค แม้ว่าจะมีระยะทางในการเคลื่อนที่น้อยกว่า ซึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง และเวลาในการเคลื่อนที่ ก็จะหมายถึงความเร็วในการเคลื่อนไม้แบดมินตัน ดังผลการศึกษาที่พบว่า การเสิร์ฟลูกสั้นมีความเร็วหัวไม้แบดมินตันน้อยกว่าการเสิร์ฟลูกฟริคอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระยะทางดันไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ซึ่งมีผลต่อความเร็วของหัวไม้แบดมินตัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Shen (2014) โดยจากผลการวิจัยพบว่าการเสิร์ฟลูกสั้นแสดงระยะทางในการดันไม้น้อยกว่าการเสิร์ฟลูกฟริคอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อประกอบเข้ากับการใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าจึงมีความเร็วหัวไม้แบดมินตันน้อยกว่าการเสิร์ฟลูกฟริค ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วต้นของลูกขนไก่ การเสิร์ฟลูกสั้นจึงได้ระยะทางการตกของลูกขนไก่น้อยกว่าการเสิร์ฟลูกฟริค

1.7 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) ซึ่งขัดแย้งกันกับผลการศึกษาของ Hussain., Ahmed., Bari., et al. (2011) ที่ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของแขนในการเสิร์ฟยาวและเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือในนักกีฬาแบดมินตัน โดยผลการศึกษา พบว่า ความเร็วของลูกขนไก่ของการเสิร์ฟทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกัน มากไปกว่านั้นในทิศทางเดียวกัน ผลการศึกษาของ Hussain., Ahmed., Mohammad., et al. (2011) ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยวีดิทัศน์ในทักษะการเสิร์ฟสั้นด้วยหน้ามือและหลังมือในนักกีฬาแบดมินตัน โดยผลการวิจัย พบว่า ความเร็วของลูกขนไก่ของการเสิร์ฟทั้ง 2 ประเภทไม่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวที่ผ่านมา อาจเป็นไปได้ว่าความเร็วในการศึกษาดังกล่าวเป็นการแสดงความเร็วสูงสุดหรือเป็นความเร็วเฉลี่ยที่ที่เกิดขึ้นของลูกขนไก่ในแต่ละประเภทการเสิร์ฟ จึงส่งผลให้เกิดความไม่แตกต่างกัน แต่ความเร็วของลูกขนไก่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ ความเร็วต้นของลูกขนไก่ ซึ่งคือความเร็วหลังจากไม้กระทบลูกขนไก่ จึงพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากงานวิจัยของ Hussain., Ahmed., Bari., et al. (2011) กล่าวว่า ข้อต่อข้อมือ ข้อศอก และข้อไหล่ มีส่วนความสำคัญมากในการเสิร์ฟแต่ละประเภทในกีฬาแบดมินตัน โดยพบว่ามุมข้อต่อข้อศอกมีอิทธิพลเป็นอย่างมากกับความเร็วลูกขนไก่ในการเสิร์ฟยาวและสั้นด้วยหน้ามือ

2.การเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดีและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปร มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) และความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟรูปแบบดังกล่าวไม่พบงานวิจัยก่อนหน้าใดทำการเปรียบเทียบในรูปแบบดังกล่าว การอภิปรายผลการทดลอง จึงน่าจะอ้างอิงถึงการปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.การเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปรใดเลย แสดงถึงการเสิร์ฟลูกสั้นระหว่างการตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี ไม่มีตัวแปรใดในงานวิจัยนี้มีผลต่อการควบคุมตำแหน่งการตกของลูกขนไก่เลย ซึ่งอาจเกิดจากลูกขนไก่ในการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีมีความใกล้เคียงกันอย่างมากโดยลูกดีจะตกลงไกลกว่าลูกยอดเยี่ยมระยะไม่เกิน 30 เซนติเมตร นอกเหนือจากนั้นเป็นพื้นที่ดีแล้วนั้นยังรวมถึงน้ำหนักของลูกขนไก่ที่อยู่ระหว่าง 4.74 ถึง 5.50 กรัม อาจจะส่งผลให้มีความไม่แตกต่างกัน ดังนั้น การปรับการควบคุมลูกขนไก่เพียงเล็กน้อยส่งผลให้ลูกขนไก่ตกลงบนพื้นที่แตกต่างกัน และน่าจะขึ้นกับการฝึกฝนของผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคนเกี่ยวกับเทคนิคการบังคับลูกขนไก่ให้ลงบนพื้นที่ที่ต้องการ การวิจัยเพื่อหาปัจจัยหลักในการควบคุมลูกขนไก่ในรูปแบบนี้จึงน่าจะวางแผนเพื่อศึกษาถึงตัวแปรอื่นที่มีความละเอียดมากขึ้น

4.การเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี

เช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและการเสิร์ฟลูกสั้นที่ตกลงบริเวณพื้นที่ดี คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปรใดเลย จึงน่าจะเป็นเหตุผลเดียวกันกับการเปรียบเทียบของลูกสั้น นั่นคือ การที่ลูกตกบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี มีเทคนิคการควบคุมที่ละเอียดอ่อน เช่นกัน

5. เปรียบเทียบข้อมูลคิเนติกส์ของการเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคทั้งที่ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลคิเนติกส์ (แรงปฏิกิริยาของรยางค์ล่างข้างซ้ายแรงปฏิกิริยาของรยางค์ล่างข้างขวา และจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย) ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นและการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีในขณะที่ไม้แบดมินตันกระทบกับลูกขนไก่ที่ระดับ 0.05 ซึ่งน่าจะเกิดจากการฝึกฝนท่าทางการเสิร์ฟของนักกีฬาซึ่งนักกีฬาต้องควบคุมร่างกายหรือท่าทางการยืนที่นิ่งที่สุดเพื่อให้รยางค์ส่วนบนของร่างกายที่ใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของลูกขนไก่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li., Zhang., Wan., Wilde., and Shan. (2017) ศึกษาตำแหน่งของร่างที่ส่งผลต่อการฝึกลูกตบในนักกีฬาแบดมินตัน ผลการศึกษา พบว่า ตำแหน่งของร่างกายมีอิทธิพลโดยตรงกับคุณภาพของลูกตบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับมุมการปล่อยของลูกขนไก่

มากไปกว่านั้น Zhao (2007) กล่าวว่า สามารถสังเกตนักกีฬาในขณะแข่งขันได้ว่าอันดับแรกนักกีฬาจะมีการปรับตำแหน่งร่างกายให้สัมพันธ์กับลูกขนไก่ก่อนที่จะตีเพื่อสร้างความแม่นยำและพลังในการตี ซึ่งเป็นที่ประจักษ์ว่า ตำแหน่งของร่างกายส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำและพลังตี ดังนั้น ถ้าต้องการให้มีความแม่นยำที่มากขึ้นในการเสิร์ฟ หรือพลังที่ดีนั้น นักกีฬาควรควบคุมรยางค์ส่วนล่างให้นิ่งที่สุดก่อนที่เสิร์ฟลูกในประเภทต่าง ๆ และเพื่อสามารถเคลื่อนที่ไปตีลูกในจังหวะต่อไปหลังจากเสิร์ฟแล้วได้อย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับ Manrique. and González-Badillo. (2003) กล่าวว่า นักกีฬาแบดมินตันต้องมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว เพื่อไปยังตำแหน่งที่ดีที่สุดของการตีลูกหรือการเปลี่ยนจากตำแหน่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งด้วยการรักษาสมดุลของร่างกาย รวมถึงการควบคุมร่างกายที่ดีเพื่อการไปตีลูกต่อไป ดังนั้นจากผลงานวิจัยในครั้งนี้จึงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเสิร์ฟทั้งสองรูปแบบและการตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี มากไปกว่านั้น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแรงปฏิกิริยาในแนวด้านนอกและด้านใน (Fx-Ground reaction force) แนวด้านหน้าและด้านหลัง (Fy-Ground reaction force) แนวดิ่ง (Fz-Ground reaction force) ระหว่างการเสิร์ฟลูกสั้นที่และการเสิร์ฟลูกฟริคที่ตกลงบริเวณพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จะเห็นได้ว่า การเสิร์ฟที่มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องไม่มีการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างในขณะที่ไม้แบดมินตันและลูกจนไก่กระทบกันน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้อง Rusydi. et al. (2015) ที่สรุปผลการวิจัยว่า 2 ประเภทของการเสิร์ฟมีการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวบริเวณมือเท่านั้นและข้อต่อหัวไหล่ไม่มีการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว แต่ไม่ได้รายงานเกี่ยวกับรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ไม่พบการศึกษาใดที่ให้ความสำคัญกับรยางค์ส่วนล่างที่เกี่ยวข้องกับการเสิร์ฟเลย ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้จึงน่าจะเป็นการยืนยันได้ว่าขณะทำการเสิร์ฟลูกขนไก่ทั้ง 2 รูปแบบ ผู้เสิร์ฟจะควบคุมรยางค์ส่วนล่างให้นิ่ง เพื่อให้ร่างกายส่วนบนมีการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพต่อการควบคุมลูกขนไก่ จึงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปรดังกล่าว

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ มุมของหน้าไม้แบดมินตัน ความเร็วต้นของลูกขนไก่ และการถ่ายเทแรงของรยางค์ส่วนล่าง คือ ตัวแปรสำคัญที่ควบคุมและส่งผลจุดตกของลูกขนไก่ให้ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ในขณะเสิร์ฟลูกสั้นและลูกฟริคด้วยหลังมือ ผลการวิจัย พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อการตกลงของลูกขนไก่มีหลายประการที่มากกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

ประการแรก ร่างกายควบคุมไม้แบดมินตัน ดังนั้น ลูกขนไก่ที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม หรือ พื้นที่ดี นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงไปของการทำงานของร่างกายที่ควบคุมไม้แบดมินตันนั่นเอง จะเห็นได้ว่า ตัวแปรเกี่ยวข้องกับร่างกายจากการวิจัยครั้งนี้ที่มีความแตกต่างกัน คือ มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) ดังนั้น มุมข้อต่อข้อศอก น่าจะเป็นจุดสำคัญที่บ่งบองถึงประเภทของการเสิร์ฟลูกด้วยหลังมือ ส่วนความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ น่าจะเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อความเร็วของลูกขนไก่และจุดที่ตกลงในพื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นดีของแต่ละประเภทของการเสิร์ฟด้วยหลังมือ ดังนั้น การสังเกตการณ์เคลื่อนไหวของข้อต่อข้อศอก น่าจะสามารถพยากรณ์รูปแบบการเสิร์ฟได้ว่าจะเป็นลูกสั้น หรือลูกฟริค ในทางกลับกัน ถ้าสามารถฝึกให้นักกีฬามีท่าทางการเสิร์ฟแต่ละประเภทที่ไม่แตกต่างกัน จะส่งผลให้ฝ่ายตรงกันข้ามคาดเดาหรือสังเกตได้ยากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การได้เปรียบตั้งแต่ลูกแรกของการแข่งขันในแต่ละคะแนน

ประการที่สอง ไม้แบดมินตันควบคุมลูกขนไก่ ดังนั้น ลูกขนไก่ที่ตกลงพื้นที่ยอดเยี่ยม หรือพื้นที่ดี นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงไปของไม้แบดมินตัน ที่ส่งต่อไปยัง ลูกขนไก่และพื้นที่ในการตกลง (Outcome) นั่นเอง จะเห็นได้ว่า ตัวแปรเกี่ยวข้องกับไม้แบดมินตันจากการวิจัยครั้งนี้ที่มีความแตกต่างกัน คือ ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน (Racket head velocity) มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) จะเห็นได้ว่า ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับไม้แบดมินตันนั้นมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงไปของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับร่างกายเป็นหลัก เช่น ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่และระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ น่าจะมาจากมุมข้อต่อข้อศอกที่แตกต่างกันของแต่ละประเภทของการเสิร์ฟสั้นด้วยหลังมือ เชื่อมโยงไปสู่ ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน จากผลการวิจัย พบว่า การเสิร์ฟลูกฟริคมีความเร็วหัวไม้แบดมินตันที่เร็วกว่าการเสิร์ฟลูกสั้น และระยะทางการดันไม้ออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ที่มากกว่าด้วย แต่ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่น้อยกว่า ดังนั้น ความเร็วหัวไม้แบดมินตัน อาจจะเป็นตัวแปรหนึ่งที่บอกตำแหน่งของการตกลงของลูกขนไก่ ทั้งนี้ ความเร็วหัวไม้แบดมินตันจะมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับ ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือเป็นสำคัญ ดังนั้นการฝึกให้มีการเคลื่อนไหวข้อต่อข้อมือที่รวดเร็ว มีพลังจึงน่าจะช่วยเสริมให้นักกีฬาสามารถควบคุมลูกขนไก่ได้รวดเร็วและแม่นยำขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประการที่สาม ถ้านักกีฬาแบดมินตันมีท่าทางการยืนเสิร์ฟที่มั่นคง มีการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของรยางค์ส่วนล่างของร่างกายน้อยที่สุดใน 4 ช่วงของการเสิร์ฟ ไม่ว่าจะยืนเสิร์ฟด้วยรูปแบบการวางเท้าใดก็ตาม จะส่งผลที่ดีต่อความแม่นยำและพลังในการเสิร์ฟลูกแต่ละประเภท ดังนั้น การฝึกการทรงตัวเพื่อให้สามารถยืนได้อย่างมั่นคง มีการเคลื่อนที่น้อยที่สุดขณะเสิร์ฟ ก็จะส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนบนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถควบคุมทิศทางและความแรงของลูกขนไก่ได้ดียิ่งขึ้น มากไปกว่านี้ ถ้าสามารถฝึกฝนให้นักกีฬามีองศาการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนบนระหว่างการเสิร์ฟสั้นและเสิร์ฟฟริคที่ใกล้เคียงกัน จะส่งผลดีต่อการได้มาซึ่งความได้เปรียบในการเสิร์ฟและเพิ่มโอกาสในการชนะการแข่งขันได้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและวิจัยครั้งนี่ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่มีเพียงตัวแปรส่วนของแรงปฏิกิริยาของรยางค์ส่วนล่างของร่างกายที่ไม่เป็นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ นอกเหนือไปจาก มุมของหน้าไม้แบดมินตัน (Racket angle) ความเร็วต้นของลูกขนไก่ (Initial velocity of shuttlecock) คือ ตัวแปรสำคัญที่ควบคุมและส่งผลจุดตกของลูกขนไก่ให้ตกลงบนพื้นที่ยอดเยี่ยม (Excellent) และพื้นที่ดี (Good) ยังมีตัวแปรที่เป็นตัวแปรสำคัญที่ควบคุมและส่งผลจุดตกของลูกขนไก่ ดังนี้ มุมข้อต่อข้อศอก (Elbow angle) ความเร็วเชิงมุมข้อต่อข้อมือ (Angular velocity of wrist) ระยะเวลาไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Time of forward swing phase) ระยะทางไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนกระทบลูกขนไก่ (Distance of forward swing phase) ดังนั้น ถ้าต้องการให้เกิดความได้เปรียบจำเป็นต้องฝึกนักกีฬาให้มีความสัมพันธ์ของร่างกายที่ดีเพื่อส่งผลให้เกิดท่าทางที่ไม่แตกต่างกันในการเสิร์ฟในแต่ละประเภท สอดคล้องกับ Li. et al. (2017)) แนะนำว่า การฝึกหรือพัฒนาความสัมพันธ์ของรยางค์จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของคุณภาพลูกตบ ทั้งนี้ ลูกเสิร์ฟเป็นลูกยืนอยู่กับที่ก็จริงอยู่ แต่ต้องการความละเอียดที่มากกว่าสิ่งอื่นใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดในการทำวิจัยครั้งนี้

1.การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาที่ในช่วงของการดึงไม้แบดมินตันออกจากร่างกายไปจนถึงไม้แบดมินตันกระทบลูกเท่านั้น

2.การศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้ศึกษาในเรื่องของ แรงและพลังของร่างกายในขณะไม้แบดมินตันกระทบลูกขนไก่

3.การศึกษาครั้งนี้ เป็นการเก็บข้อมูลในห้องทดลอง ซึ่งจะมีความแตกต่างจากการแข่งขันจริงทางด้านสภาพแวดล้อม และปัจจัยทางด้านจิตใจ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.จากผลการวิจัยของ Vial. et al. (2019) พบว่า วิถีของลูกเสิร์ฟสั้นที่มีความแม่นยำนั้นลูกขนไก่ควรมีตำแหน่งสูงสุดอยู่ก่อนที่ถึงตาข่าย ดังนั้น จึงควรศึกษาถึง ท่าทางในการเสิร์ฟใดที่ส่งผลให้วิถีของลูกขนไก่เคลื่อนที่ไปในวิถีดังกล่าว

2.ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสิร์ฟ เช่น ความกังวล ความเครียด ความกดดัน รวมถึงความล้า เป็นต้น

3.ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานโดยเฉพาะของข้อต่อข้อมือและบริเวณมือในการเสิร์ฟ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Badminton World Federation. (2018/2019). BWF Statutes, Section 4.1 Laws Of Badminton. In *Badminton World Federation Statutes* 2018/2019. Kuala Lumpur, Malaysia: Badminton World Federation.

Ba**ń**kosz, Z., & Winiarski., S. (2017). The Kinematics of Table Tennis Racquet: Differences between Topspin Strokes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,* 57(3), 202-213.

Bartlett, R. (2014). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns.* (Vol. 2): Routledge.

Choi., A., Lee., J.-M., & Mun., J. H. (2013). Ground Reaction Forces Predicted By Using Artificial Neural Network during Asymmetric Movements. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing,* 14(3), 475-483.

CY., D. N., & BH., L. (2016). The Effects of Imagery on Badminton Skill Performance. *International Journal of Health, Physical Education and Computer Science in Sports,* 21(1), 10-14.

Downey, J. (1984). *Winning Badminton Doubles.*: A. & C. Black.

Du., C. J., Zhou., J. H., & Wang., S. (2016). *Kinematic Analysis on the Serve Technique of Elite Tennis Player Grigor Dimitrov Based on 3d Virtual Reality Technology.* Paper presented at the 2016 International Conference on Electronic, Information and Computer Engineering.

El-Gezawi., H. H. (2016). Effect of Visual Training on Accuracy of Attack Shots Performance in Badminton. *Journal of Applied Sports Science,* 5(4).

Gawin., W., Beyer., C., Hasse., H., & Büsch., D. (2013). How to Attack the Service: An Empirical Contribution to Rally Opening In World-Class Badminton Doubles. *International journal of performance analysis in sport.,* 13, 860-871.

Goode, S., & Magill., R. A. (1986). Contextual Interference Effects in Learning Three Badminton Serves. *Research quarterly for exercise and sport.,* 57(4), 308-314.

Hamilton., N. (2011). *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion.* (Kindle. ed.): McGraw-Hill Higher Education.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Harb., A. F. (2016). Impact of Intensive and Passive Exercise Among Junior Badminton Players in Achieving Offensive and Defensive Skills at Hyderabad. *International Journal of Research.,* 3(9), 502-513.

Hsueh., Y.-C., Chen., Y.-Y., Pan., K.-M., & Tsai., C.-L. (2012). *Biomechanical Analysis of Badminton Forehand Net Shots.* Paper presented at the 30 International Conference on Biomechanics in Sports, Melbourne, Australia.

Hussain., I., Ahmed., S., Bari., M. A., Ahmad., A., Mohammad., A., & Khan., A. (2011). Analysis of Arm Movement in Badminton of Forehand Long and Short Service. *Innovative Systems Design and Engineering,* 2(3), 13-17.

Hussain., I., Ahmed., S., Mohammad., A., Khan., A., & Bari., M. A. (2011). Video graphical Analysis of Short Service in Badminton. *Journal of Education and Practice,* 2(2), 1-5.

Joseph., H., & Knutzen, K. M. (2006). *Biomechanical Basis of Human Movement.* (P. J. Darcy. Ed. 2 ed.): Lippincott Williams & Wilkins.

Jun-ning., T. (2004). Study on Third Strike of Serving Side to Force the Pace in Men's Double Event of Badminton. *Journal of Nanjing Institute of Physical Education (Natural Science).* 4.

Kaelin-Lang., A., Sawaki., L., & Cohen., L. G. (2005). Role of Voluntary Drive in Encoding an Elementary Motor Memory. *Journal of Neurophysiology.,* 93(2), 1099 –1103.

Knudson, D., & Blackwell., J. (1997). Upper Extremity Angular Kinematics of the One-Handed Backhand Drive in Tennis Players with and Without Tennis Elbow. *International Journal of Sports Medicine,* 18(2), 79-82.

Knudson., D. (2007). *Fundamentals of Biomechanics.*: Springer Science & Business Media.

Kreighbaum, E. (1996). *Biomechanics. A Qualitative Approach for Studying Human Movement.*: Allyn & Bacon.

Li., S., Zhang., Z., Wan., B., Wilde., B., & Shan., G. (2017). The Relevance of Body Positioning and Its Training Effect on Badminton Smash. *Journal of Sports Sciences,* 35(4), 310-316.

Lian-mei., S., & He., Z. (2010). The Modern Badminton Movement Development's Athletics Characteristic and the Tendency Study. *Journal of Huaibei Coal Industry Teachers College(Natural Science Edition),* 3.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Manrique., D. C., & González-Badillo., J. J. (2003). Analysis of the Characteristics of Competitive Badminton. *British Journal of Sports Medicine.,* 37, 62-66.

Mao., S., Lu., D., Li., Y., & Hou., M. (2000). *Biomechanical Characteristics of the Wrist Joint Muscle in Chinese Adults.* Paper presented at the 18 International Symposium on Biomechanics in Sports, Symposium 2000, Hong Kong, China.

Morris., M., Jobe., F. W., Perry., J., Pink., M., & Healy., B. S. (1989). Electromyographic Analysis of Elbow Function in Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine,* 17(2), 241-247.

Nasruddin., F. A., Harun., M. N., Syahrom., A., Kadir., M. R. A., Omar., A. H., & Öchsner., A. (2015). *Finite Element Analysis on Badminton Racket Design Parameters.*: Springer.

Özkaya., N., Leger., D., Goldsheyder., D., & Nordin., M. (2012). *Fundamentals of Biomechanics Equilibrium, Motion, and Deformation.* (D. Leger. Ed. 4 ed.): Springer.

Palmer., A. K., Werner., F. W., Murphy., D., & Glisson., R. (1985). Functional Wrist Motion: A Biomechanical Study. *The Journal of Hand Surgery.,* 10(1), 39-46.

Paup., D. C., & Fernhall., B. (2017). *Skills, Drills & Strategies for Badminton.*: Routledge.

Pfeifer, C. M. (2015). *Biomechanical investigation of elite place-kicking.* (Doctor of philosophy), University of Nebraska - Lincoln, United state of america.

Phomsoupha., M., & Laffaye., G. (2015). The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. *Sports medicine,* 45(4), 473-495.

Rambely., A. S., & Osman., N. A. A. (2005). *The Contribution of Upper Limb Joints in the Development of Racket Velocity in the Badminton Smash.* Paper presented at the 23 International Symposium on Biomechanics in Sports., Beijing - China.

Rusydi., M. I., Sasaki., M., Sucipto., M. H., Zaini., & Windasari., N. (2015). *Study About Backhand Short Serve In Badminton Based On The Euler Angle.* Paper presented at the 2015 4th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering., Bandung, Indonesia.

Shen, Y. (2014). Kinematics Analysis on Fore- and Backhand Serve of Badminton. *Applied Mechanics and Materials.,* 540, 317-320.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sørensen., K., de Zee, M., & Rasmussen, J. (2010). *A biomechanical analysis of clear strokes in badminton executed by youth players of different skill levels.* (Master's degree), Aalborg University, Aalborg Denmark.

Toriola., A. L., Toriola., O. M., Dhaliwal., H. S., & Igbokwe., N. U. (2004). Relationship between Physical Education Students' Achievements in a French Badminton Service Test and Expert Ratings of Technique Quality. *Perceptual and Motor Skills.,* 98(2), 406-408.

Tsai., C.-L., Huang, K.-S., & Chang., S.-S. (2005). *Biomechanical Analysis of EMG Activity between Badminton Smash and Drop Shot.* Paper presented at the XXth Congress of the International Society of Biomechanics and 29th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics., Cleveland, USA.

Tsai., C.-L., Huang., C., Lin., D.-C., & Chang., S. S. (2000). *Biomechanical Analysis of the Upper Extremity in Three Different Badminton Overhead Strokes.* Paper presented at the 18 International Symposium on Biomechanics in Sports, Symposium 2000, Hong Kong, China.

Vial., S., Cochrane., J., Blazevich., A. J., & Croft., J. L. (2019). Using the trajectory of the shuttlecock as a measure of performance accuracy in the badminton short serve. *International Journal of Sports Science & Coaching.,* 14.(1.), 91-96.

Wang., J., & Moffit., J. (2009). Teaching Badminton Based On Student Skill Levels. *A Journal for Physical and Sport Educators.,* 22(6), 14-18. doi:10.1080/08924562.2009.10590844

Washington, J. (1968). *Construction of a Wall Test for the Badminton Short Serve and the Effect of Wall Practice on Court Performance.* (Doctoral dissertation.), North Texas State University., USA.

Woodward., M. (2011). *Badminton Coach Education Coaches' Manual Level* 1. (I. Wright Ed.). Kuala Lumpur, Malaysia.: Badminton world federation.

Yadav., S. K., Yadav., R. K., & Sharma., S. (2010). Construction of Combined Backhand Low and Flick Service Test in Badminton. *International Journal of Physical Education.,* 3(1&2), 67-69.

Yong., L. (2008). Analysis on Characters of Branch and Defense Skills Used by Indonesia Excellent Badminton Player Markins and Hendre. *Journal of Nanjing Institute of Physical Education (Natural Science).* 3.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zhao, X. (2007). *Badminton: A Course Book in English-Chinese.* China: Xiangtan University Publication.

ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์. (2553). เอกสารประกอบการสอนวิชา 3900321 ชีวกลศาสตร์การขั้นนำ. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์. (2544). เอกสารประกอบการสอนวิชา 3900321 ชีวกลศาสตร์การกีฬาขั้นนำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธราดล ดีประชา. (2556). การเปรียบเทียบรูปแบบการเคลื่อนไหวทางคิเนเมติกส์ในทักษะเตะตัดบนของนักกีฬามวยไทยสมัครเล่นในการแข่งขันกีฬาแห่งชาติ ครั้งที่ 42. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

นงนภัส เจริญพานิช. (2561). เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 3910310 ชีวกลศาสตร์การกีฬา. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2546). ชีวกลศาสตร์การกีฬา *SPORT BIOMECHANICS.* (2 ed. Vol. 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.

สบสันติ์ มหานิยม. (2553). การพัฒนาโปรแกรมการจัดการเรียนการสอนวิชามวยไทยโดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์เพื่อสร้างเสริมความสามารถทางด้านคิเนเมติกส์ของนิสิตปริญญาบัณฑิต. (ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

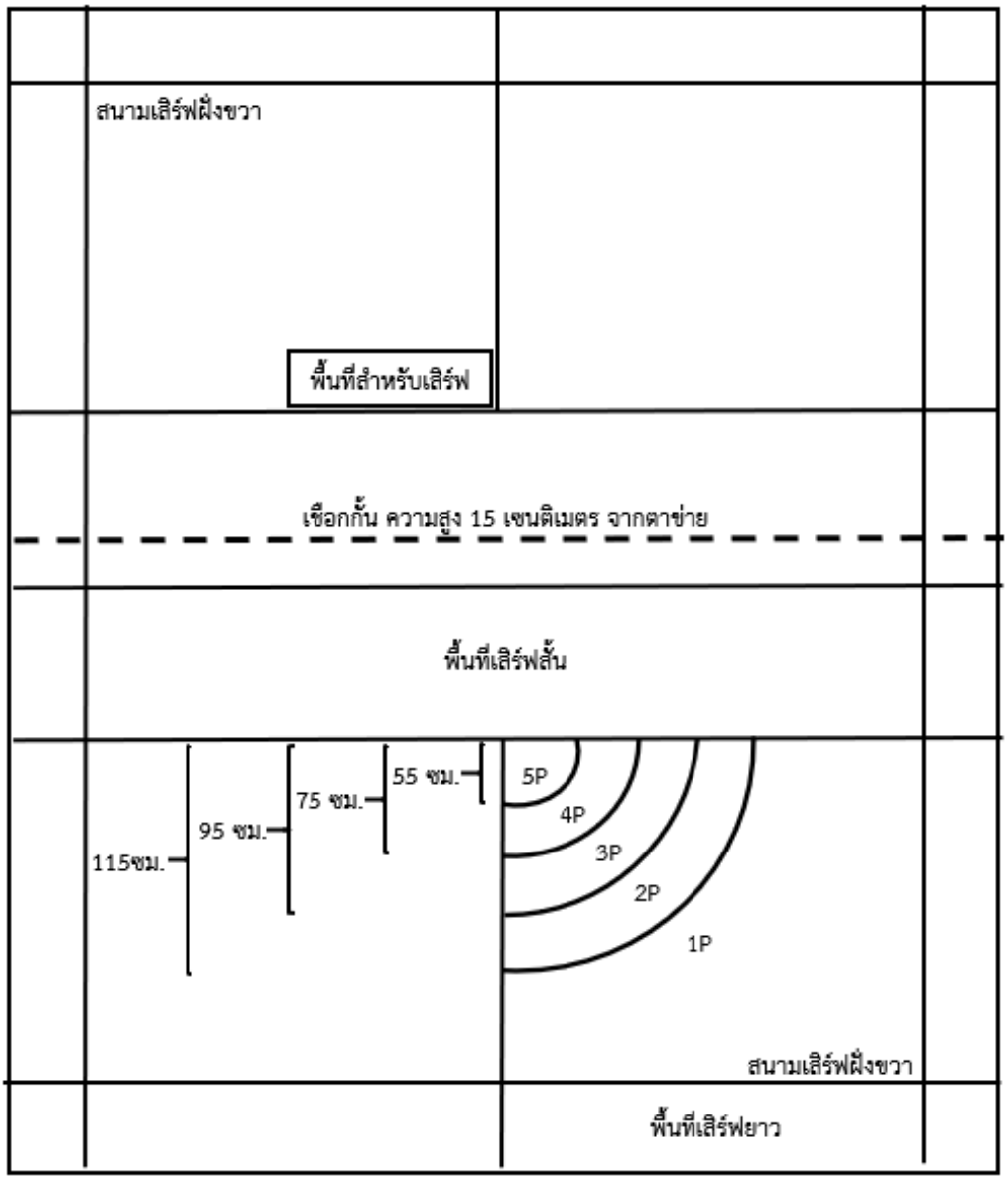
ภาคผนวก ก

แบบทดสอบเสิร์ฟสั้นเฟรนซ์

(A modified French short serve test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบทดสอบเสิร์ฟสั้นเฟรนซ์ (A modified French short serve test)



อุปกรณ์ 1.ไม้แบดมินตัน

2.ลูกขนไก่

3.เชือกสำหรับผูกเหนือตาข่าย

4.ไวนิลช่วงคะแนนสำหรับวางที่พื้นสนาม

วิธีการทดสอบ

1.ติดตั้งเชือกระหว่างเสาทั้ง 2 ข้างของตาข่ายให้มีความตึง และมีความสูงจากขอบบนของตาข่ายเป็นระยะห่าง 15 เซนติเมตร

2.เขียนวงกลมที่จุดตัดเส้นเสิร์ฟลูกสั้นกับเส้นแบ่งสนามให้มีรัศมีดังต่อไปนี้ คือ 55, 75, 95, และ 115 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งวงกลมดังกล่าวสามารถเขียนที่พื้นสนามหรือว่าเขียนบนกระดาษและนำไปวางบนพื้นสนาม โดยแต่ละเส้นมีความกว้าง 4 เซนติเมตร

3.เตรียมไม้แบดมินตัน ลูกขนไก่ และใบบันทึกผล

4.ให้ผู้เข้ารับการทดสอบ ยืนในบริเวณที่จะทำการทดสอบเสิร์ฟ เพื่อเสิร์ฟลูกไปยังบริเวณที่ถูกกำหนดไว้

5.ผู้เข้ารับการทดสอบ เสิร์ฟลูกอย่างถูกต้องตามกฎและกติกา โดยลูกขนไก่ต้องเดินทางผ่านระหว่างตาข่ายและเชือกที่ติดตั้งไว้

6.ทดสอบทั้งหมด 20 ลูก

การให้คะแนน (ลูกขนไก่ที่ถูกเสิร์ฟจะต้องถูกต้องตามกติกาและข้อบังคับ)

1.วงกลมรัศมี 55 เซนติเมตร ได้ 5 คะแนน

2.วงกลมรัศมี 75 เซนติเมตร ได้ 4 คะแนน

3.วงกลมรัศมี 95 เซนติเมตร ได้ 3 คะแนน

4.วงกลมรัศมี 115 เซนติเมตร ได้ 2 คะแนน

5.นอกรัศมีวงกลม ได้ 1 คะแนน

6.หากลูกขนไก่ตกลงบนเส้นให้คะแนนในช่องคะแนนที่มากกว่า

7.หากลูกขนไก่ ชน กับ เชือกที่กั้นไว้เหนือตาข่าย ให้ทำการเสิร์ฟใหม่ โดยไม่ถือว่าเป็นลูกเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

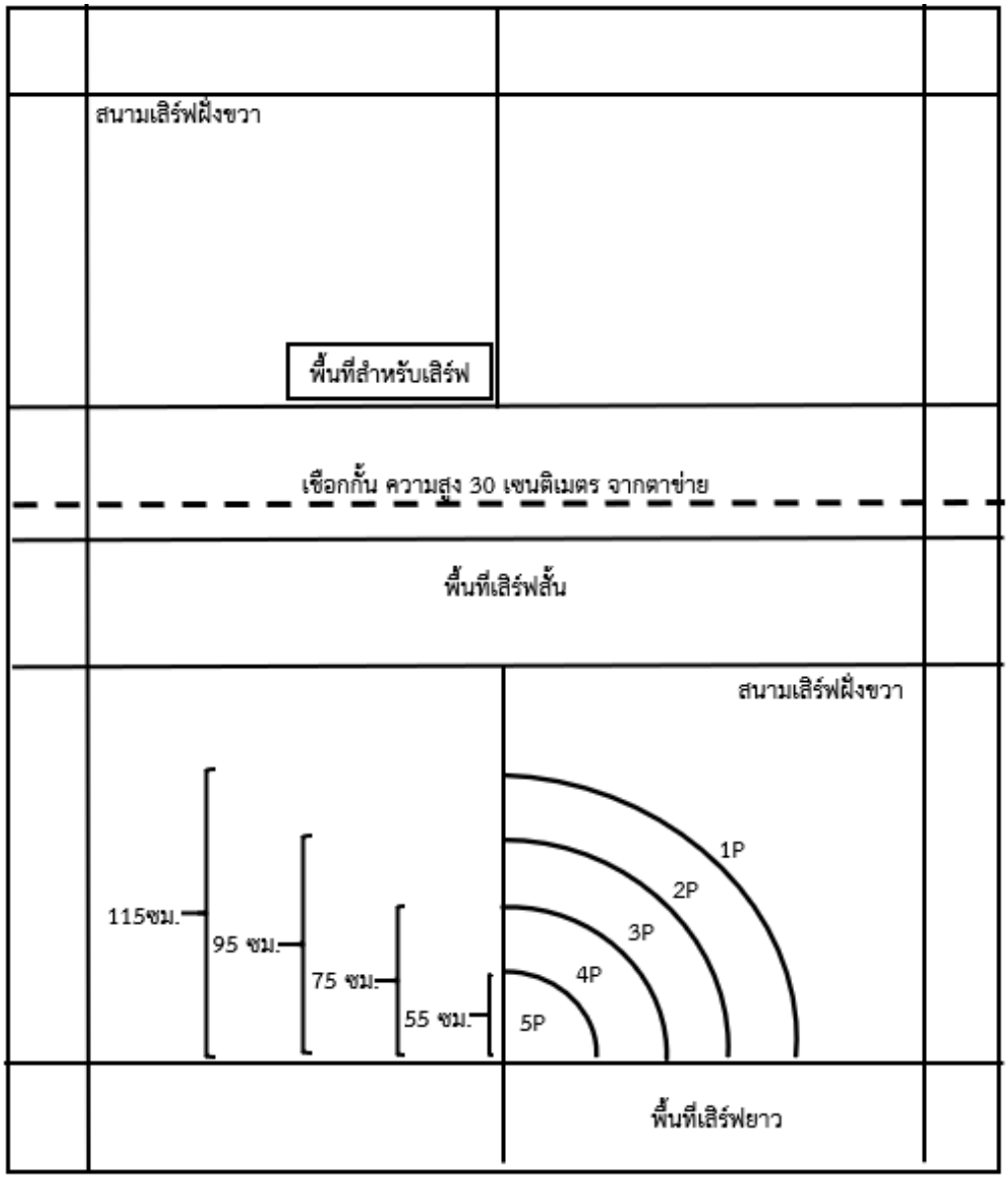
ภาคผนวก ข

แบบทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู

(A modified Ballou drive serve test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู (A modified Ballou drive serve test)



อุปกรณ์ 1.ไม้แบดมินตัน

2.ลูกขนไก่

3.เชือกสำหรับผูกเหนือตาข่าย

4.ไวนิลช่วงคะแนนสำหรับวางที่พื้นสนาม

วิธีการทดสอบ

1.ติดตั้งเชือกระหว่างเสาทั้ง 2 ข้างของตาข่ายให้มีความตึง และมีความสูงจากขอบบนของตาข่ายเป็นระยะห่าง 150 เซนติเมตร

2.เขียนวงกลมที่จุดตัดเส้นเสิร์ฟลูกยาวกับเส้นแบ่งสนามให้มีรัศมีดังต่อไปนี้ คือ 55, 75, 95, และ 115 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งวงกลมดังกล่าวสามารถเขียนที่พื้นสนามหรือว่าเขียนบนกระดาษและนำไปวางบนพื้นสนาม โดยแต่ละเส้นมีความกว้าง 4 เซนติเมตร

3.เตรียมไม้แบดมินตัน ลูกขนไก่ และใบบันทึกผล

4.ให้ผู้เข้ารับการทดสอบ ยืนในบริเวณที่จะทำการทดสอบเสิร์ฟ เพื่อเสิร์ฟลูกไปยังบริเวณที่ถูกกำหนดไว้

5.ผู้เข้ารับการทดสอบ เสิร์ฟลูกอย่างถูกต้องตามกฎและกติกา โดยลูกขนไก่ต้องเดินทางผ่านระหว่างตาข่ายและเชือกที่ติดตั้งไว้

6.ทดสอบทั้งหมด 20 ลูก

การให้คะแนน (ลูกขนไก่ที่ถูกเสิร์ฟจะต้องถูกต้องตามกติกาและข้อบังคับ)

1.วงกลมรัศมี 55 เซนติเมตร ได้ 5 คะแนน

2.วงกลมรัศมี 75 เซนติเมตร ได้ 4 คะแนน

3.วงกลมรัศมี 95 เซนติเมตร ได้ 3 คะแนน

4.วงกลมรัศมี 115 เซนติเมตร ได้ 2 คะแนน

5.นอกรัศมีวงกลม ได้ 1 คะแนน

6.หากลูกขนไก่ตกลงบนเส้นให้คะแนนในช่องคะแนนที่มากกว่า

7.หากลูกขนไก่ ชน กับ เชือกที่กั้นไว้เหนือตาข่าย ให้ทำการเสิร์ฟใหม่ โดยไม่ถือว่าเป็นลูกเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

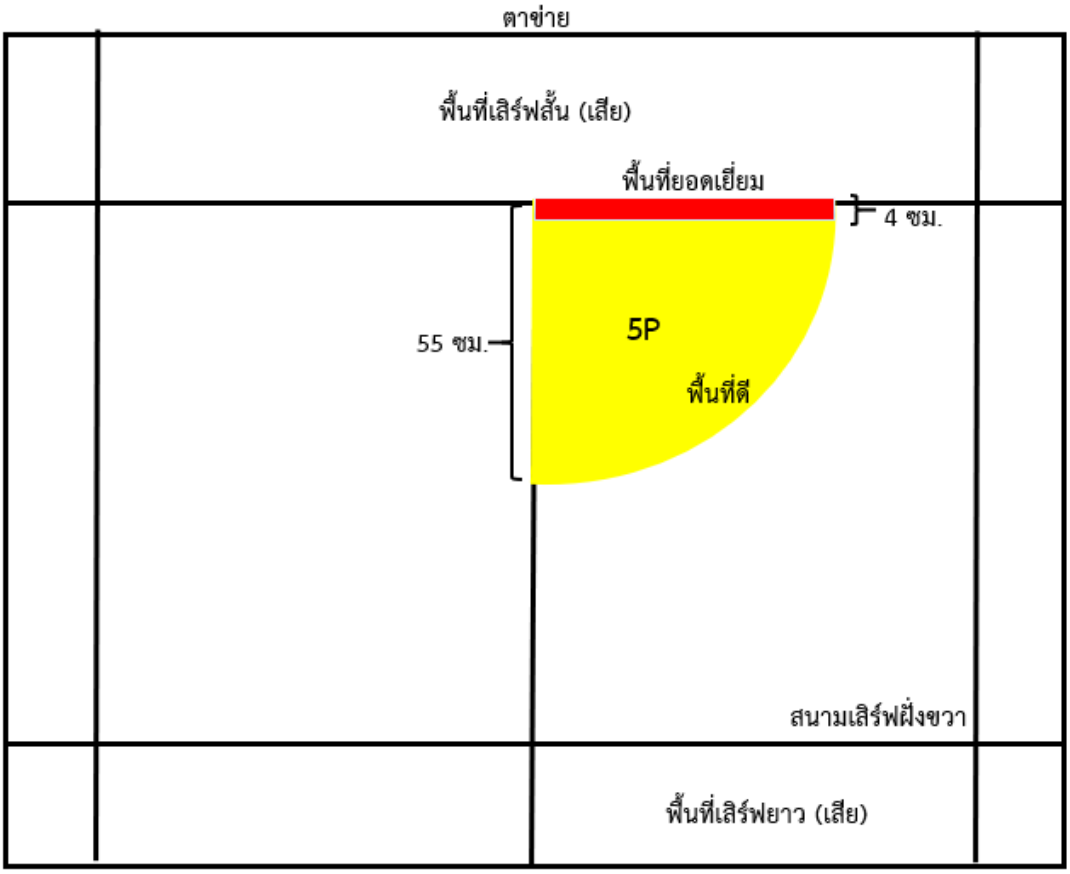
ภาคผนวก ค

พื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีของการเสิร์ฟลูกสั้น

(Excellent and Good areas of short serve)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีของการเสิร์ฟลูกสั้น (Excellent and Good areas of short serve)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

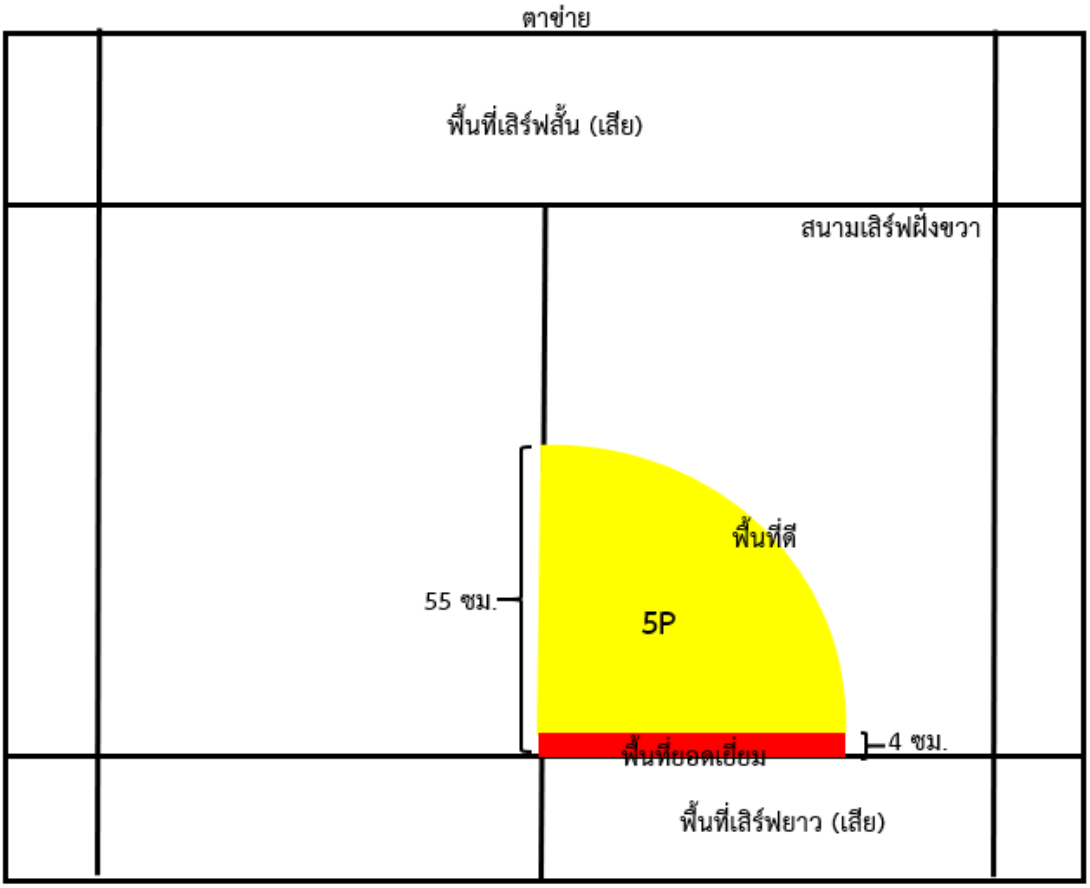
ภาคผนวก ง

พื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีของการเสิร์ฟลูกฟริค

(Excellent and Good areas of flick serve)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้นที่ยอดเยี่ยมและพื้นที่ดีของการเสิร์ฟลูกฟริค (Excellent and Good areas of flick serve)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

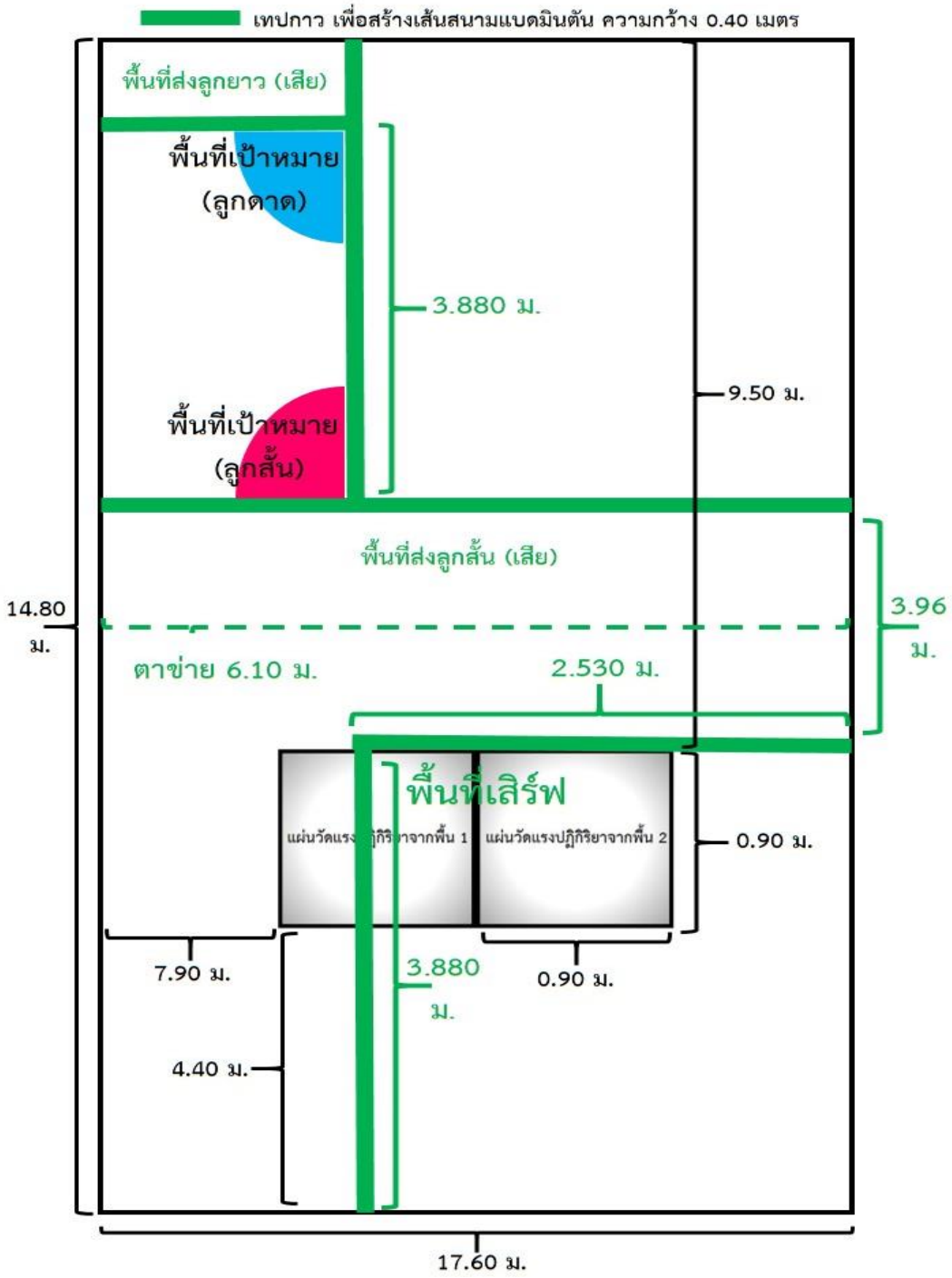
ภาคผนวก จ

แผนผังห้องปฏิบัติการ

Laboratory layout

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนผังห้องปฏิบัติการ (Laboratory layout)



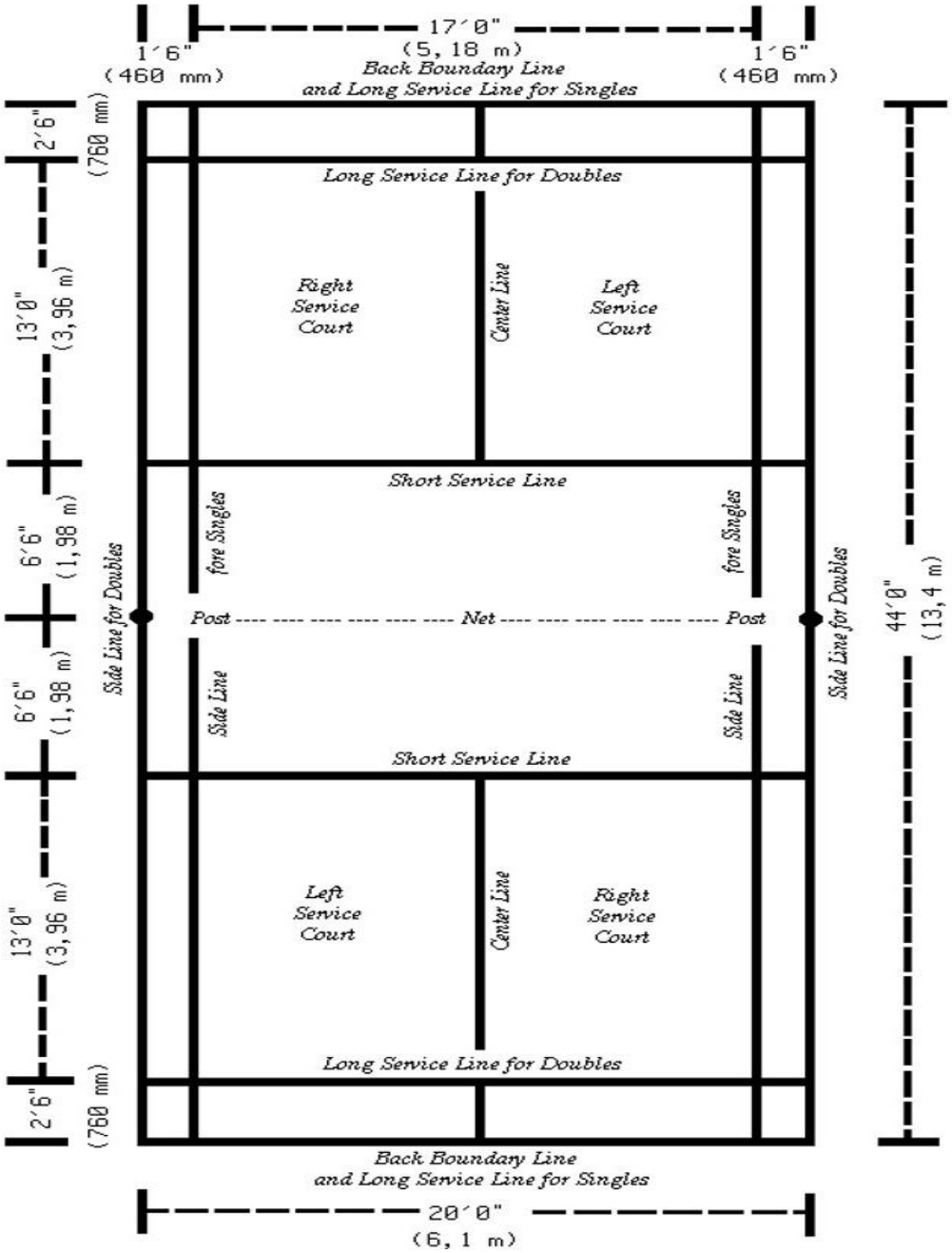
ภาคผนวก ฉ

สนามแบดมินตัน

Badminton court

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สนามแบดมินตัน (Badminton court)



ภาคผนวก ช

แบบเก็บข้อมูลพื้นฐาน

General characteristics

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบเก็บข้อมูลพื้นฐาน (General characteristics)

ชื่อ 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

นามสกุล 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

อายุ ..... ปี ..... เดือน เพศ (ชาย / หญิง)

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

เล่นแบดมินตันมาแล้ว ..... ปี

เริ่มเล่นแบดมินตันตั้งแต่อายุ ..... ปี

เล่นแบดมินตันประเภท (เดี่ยว / คู่)

เป็นนักกีฬาทีมชาติไทย ..... ปี, มือข้างถนัด (ซ้าย / ขวา), ขาข้างถนัด (ซ้าย / ขวา)

ผลงานที่ดีที่สุดรอบ 3 ปีที่ผ่านมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

แบบเก็บข้อมูลองค์ประกอบของร่างกาย และสัดส่วนของร่างกาย

Body composition & Anthropometry

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบเก็บข้อมูลองค์ประกอบของร่างกาย และสัดส่วนของร่างกาย

(Body composition & Anthropometry)

ชื่อ 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

นามสกุล 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

องค์ประกอบของร่างกาย (BODY COMPOSITION)

น้ำหนัก .....**เซนติเมตร** **ส่วนสูง**.....**เซนติเมตร**

ดัชนีมวลกาย (BMI).....

ปริมาณกล้ามเนื้อ

แขนซ้าย.....**%** **แขนขวา**.....**%**

ลำตัว.....**%**

ขาซ้าย.....**%** **ขาขวา**.....**%**

ปริมาณไขมัน

แขนซ้าย.....**%** **แขนขวา**.....**%**

ลำตัว.....**%**

ขาซ้าย.....**%** **ขาขวา**.....**%**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัดส่วนของร่างกาย (Anthropometry)

ความยาว แขนช่วงบน (Acromion - Radiale)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความยาว แขนช่วงล่าง (Radiale - Stylion)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความยาว มือ (Stylion - Dactylion)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความกว้าง มือ (bulge of the palm including thumb)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความยาว ขาช่วงบน (Trochanterion - Suprapatella)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความยาว ขาช่วงล่าง (Suprapatella – Later al malleolus)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสูง ข้อเท้า (Lateral malleolus – Floor)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความยาว เท้า (Top of 2nd Toe – Calcaneus)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

ความกว้าง เท้า (Metatarsal head 1 - Metatarsal head 5)

ซ้าย.....**เซนติเมตร, ขวา**.....**เซนติเมตร**

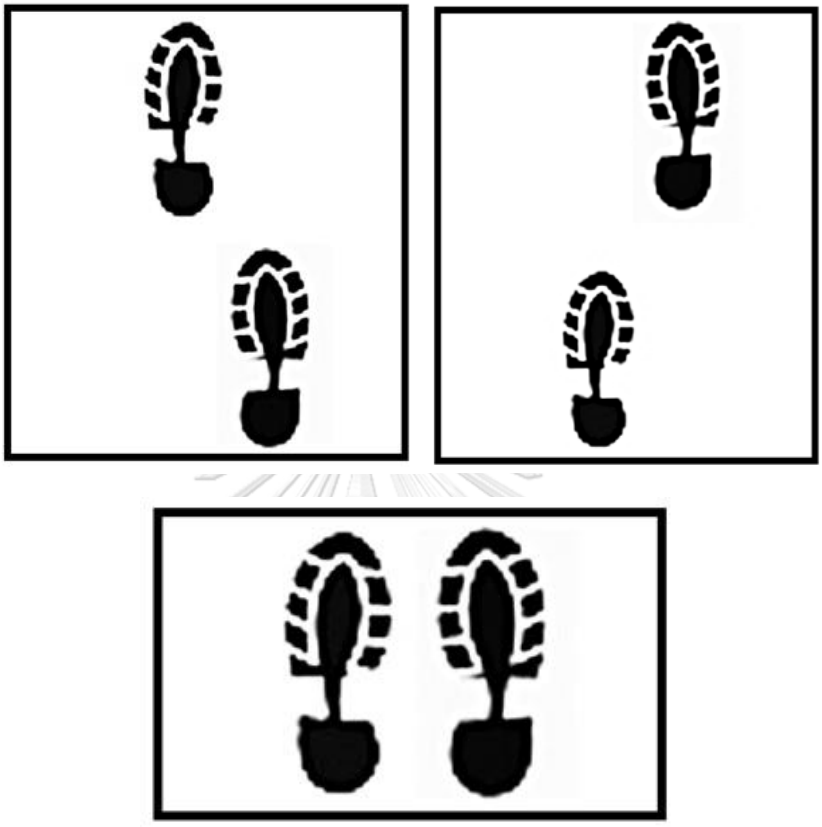
ภาคผนวก ณ

แบบเก็บข้อมูล การวางเท้าขณะเสิร์ฟ

Feet’s athlete character (ตัวอย่าง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบเก็บข้อมูล การวางเท้าขณะเสิร์ฟ (Feet's athlete character ตัวอย่าง)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

แบบเก็บคะแนนการทดสอบเสิร์ฟลูกสั้นเฟรนช์และการทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู

A paper scoring modified French short serve test & Ballou drive serve test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบเก็บคะแนนการทดสอบเสิร์ฟลูกสั้นเฟรนช์

(A paper scoring modified French short serve test)

ชื่อ 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

นามสกุล 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

จำนวนครั้ง	คะแนน	จำนวนครั้ง	คะแนน
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
รวม		รวม	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบเก็บคะแนนการทดสอบเสิร์ฟลูกฟริคบอลลู

A paper scoring modified Ballou drive serve test

ชื่อ 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

นามสกุล 01/02/03/04/05/06/07/08/09/010/011/012

จำนวนครั้ง	คะแนน	จำนวนครั้ง	คะแนน
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
รวม		รวม	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฎ

ลูกขนไก่

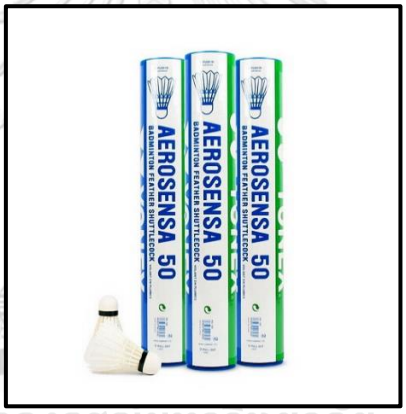
Shuttlecock

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลูกขนไก่ (Shuttlecock)

ตามกฎและข้อบังคับของสหพันธ์แบดมินตันโลก บังคับให้ลูกขนไก่ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. The shuttle shall have 16 feathers fixed in the base.
2. The feathers shall have a uniform length between 62 mm to 70 mm when measured from the tip to the top of the base.
3. The tips of the feathers shall lie on a circle with a diameter from 58 mm to 68 mm.
4. The feathers shall be fastened firmly with thread or other suitable material.
5. The base shall be 25 mm to 28 mm in diameter and rounded on the bottom.
6. The shuttle shall weight from 4.74 to 5.50 grams.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลูกขนไก่ ตราสินค้า YONEX รุ่น AS-50 โดยใช้ในการแข่งขันรายการดังต่อไปนี้

“ Thomas & Uber Cup Finals, BWF World Junior Championships, Badminton Asia Championships, YONEX All England Open Badminton Championships, YONEX Denmark Open, YONEX OPEN JAPAN, Malaysia Open Super series, YONEX-SUNRISE India Open Super series, YONEX Indonesia Open Super series, YONEX Badminton French Open, YONEX-SUNRISE Hong Kong Open Super series”

ภาคผนวก ฏ

ไม้แบดมินตัน

Badminton racket

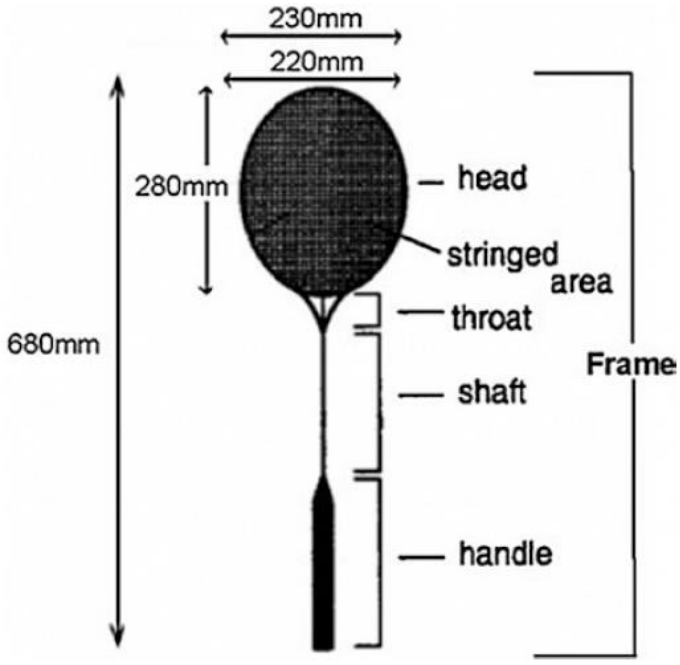
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไม้แบดมินตัน

(Badminton racket)

ตามกฎและข้อบังคับของสหพันธ์แบดมินตันโลก บังคับให้ไม้แบดมินตันต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. The racket shall be a frame not exceeding 680 mm in overall length and 230 mm in overall width consisting of the main parts described in Laws 4.1.1 to 4.1.5
2. The handle is the part of the racket intended to be gripped by a player.
3. The stringed area is the part of the racket with which it is intended that a player hits the shuttle.
4. The head bounds the stringed area.
5. The shaft connects the handle to the head (subject to Law 4.1.5).
6. The throat (if present) connects the shaft to the head.



ภาคผนวก ฐ

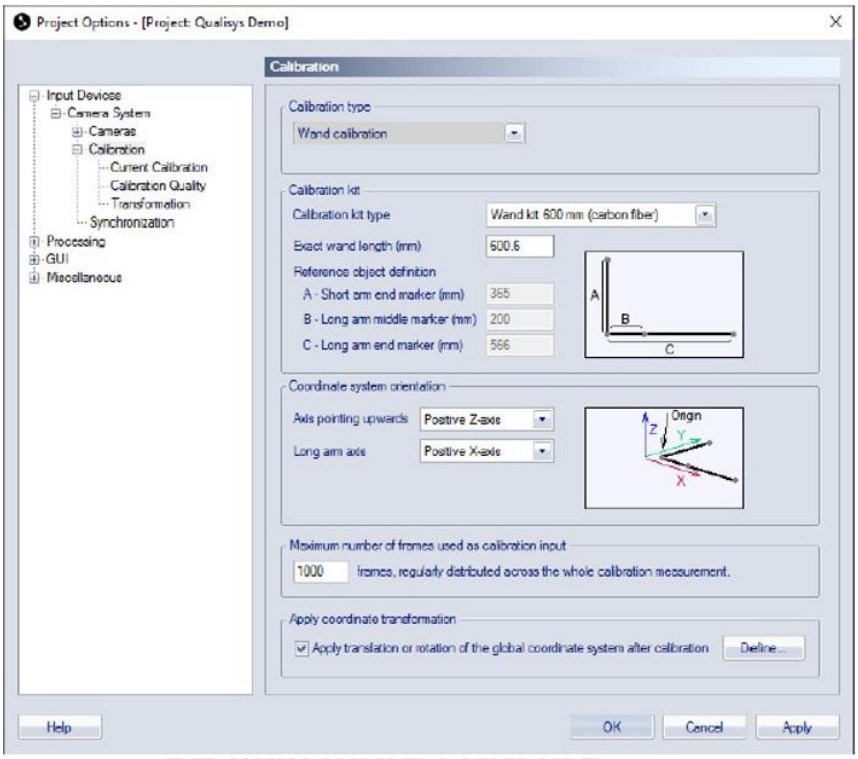
วิธีการทดสอบกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

Calibration settings

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดสอบกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Calibration settings)

To receive 3D data the system must be calibrated. The most commonly used calibration is the Wand calibration that uses two calibration objects to calibrate the system: The L-shaped reference structure and the calibration wand.



The settings that must be specified for the calibration are the Calibration kit type and the exact wand length. Without these settings the calibration will be incorrect.

The QTM software must have information about the orientation and position of each camera in order to track and perform calculations on the 2D data into 3D data. The calibration is done by a well-defined measurement procedure in QTM.

There are two methods that can be used to calibrate a camera system: Wand calibration and fixed camera calibration. Only Wand calibration is described in this getting started manual. A fixed calibration requires a special installation of the camera system.

The following items are important to think about before the calibration

- Before the calibration, make sure that the calibration settings are correct on the Calibration page in the Project options dialog. The focus and aperture of the cameras must also be set before the calibration.
- When using Wand calibration or Frame calibration it is important that the camera system has been placed correctly to achieve a high-quality calibration, see section “Camera positioning” below.
- It is recommended that the motion capture system is calibrated before each measurement session to make sure that the captured data has high quality. Check regularly that the calibration is OK during long measurement sessions. For instructions on how to perform a wand calibration, see section “How to perform a Wand calibration” on the next page. There is an automatic check if the cameras have moved via a threshold for the tracking residual. This is activated on the Calibration Quality page in the Project options dialog.

Important: Each time a camera in the system is moved (even the slightest) a calibration must be performed before high-quality data can be captured again. However, some errors with a calibration can be fixed with reprocessing.

Camera positioning

Cameras must be mounted firmly on tripods or other stable structures, which isolate the camera from movements or vibrations of any sort. Once the system has been properly set up, the cameras must be arranged to fit the measurement setup. When arranging the cameras, it is best if they are in operating mode.

1. Start the measurement computer and the QTM software.
2. Open a new file with a 2D view window.
3. Arrange the cameras to cover the entire measurement volume of the wanted motion. It is suggested to mark the corners of the measurement volume with markers, and use the 2D view window to make sure that each camera can see the markers as expected. The Video view can also be used to see the camera field of view.
    - The best setup for a 3D motion capture system is to position it so that all cameras can see the L-shaped reference structure during the calibration.
    - To reconstruct 3D data, at least two cameras must see each marker during the measurement. Therefore, it is best to position the cameras so that as many cameras as possible see each marker during the measurement.
    - The angle of incidence between any two cameras should ideally be more than 60 degrees and at least more than 30 degrees. The accuracy of the 3D data calculated from only two cameras placed at less than 30 degrees can degrade below usable levels.
    - In order to avoid unwanted reflections, position the cameras so that every camera's view of flashes from other cameras is minimized. E.g. put the cameras above the measurement volume so that the cameras have an angle of about 20 degrees in relation to the floor.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Important: The cameras can be positioned so that just two of the cameras are able to see the calibration reference object. The rest of the cameras must then overlap each other's field of view (FOV) to be able to calibrate the system. For this setup QTM will automatically use the extended calibration method.

How to perform a Wand calibration

The Wand calibration method uses a calibration kit that consists of two parts: An L-shaped reference structure and a calibration wand.

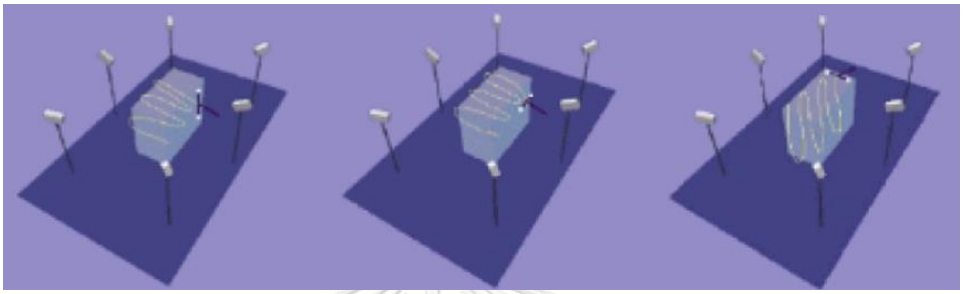
Place the L-shaped reference structure so that the desired coordinate system of the motion capture is obtained. It is best if all cameras in the system can see all markers on the reference structure. This is not an unconditional requirement but it gives the highest accuracy. If some cameras cannot see the reference structure the extended calibration method is used automatically.

The calibration wand is moved inside the measurement volume in all three directions. This is to assure that all axes are properly scaled. The calibration algorithms will extract each camera's position and orientation by evaluating the camera's view of the wand during the calibration. To achieve a good calibration of the system, it is recommended that you follow these instructions on how to move the wand.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- To assure that all cameras can see the wand as much as possible during the calibration, make sure that the cameras are not blocked by the person moving the wand around in the measurement volume. This ensures that no camera will be blocked for a longer time period.
- One suggestion on how to move the wand, is to move it in one direction at a time. Start by holding the wand positioned in the Z direction, i.e. the straight line between the two wand markers should be parallel to the Z axis. Move the wand in the entire measurement volume. It is important to

fill the entire measurement volume with calibration points. Make sure that both the lower and upper parts of the volume are covered. Repeat the same procedure with the wand positioned in the X and Y direction. It is particularly important to collect points where there will be many markers during the motion capture.



Important: In this picture the reference structure is not indicated to make the picture more distinct. The reference structure must of course always be present during the calibration. The box in the figure represents the measurement volume.

There are many other ways to move the wand and the optimal moving method varies depending on the application, i.e. you have to find out the best method for your application. It is recommended that the moving method is systematic and easy to repeat.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

The steps below are an outline of what should be done to calibrate the camera system with Wand calibration method. Follow these steps to calibrate the camera system:

1. Switch on the camera system and start QTM.
2. Open a new file by clicking the new file icon.
3. Place the L-shaped reference structure in the measurement volume.
4. Set the settings on the Calibration page in the Project options dialog.
5. Click OK.
6. Click the Calibration icon and set the settings in the Calibration dialog. Note: A suitable setup to assure a correct calibration of all cameras is to use 20-30 seconds for the calibration. It is, however, very dependent on the size of the

measurement volume. You need to specify enough time to cover the entire volume with the wand.

7. Click OK.
8. Move the calibration wand in the measurement volume.
9. Check that the calibration is OK in the Calibration results dialog and click OK.

Important: Each calibration is saved in a QCA file in the Calibration folder in the Qualisys Track Manager folder. The file name contains the date and time of the calibration.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

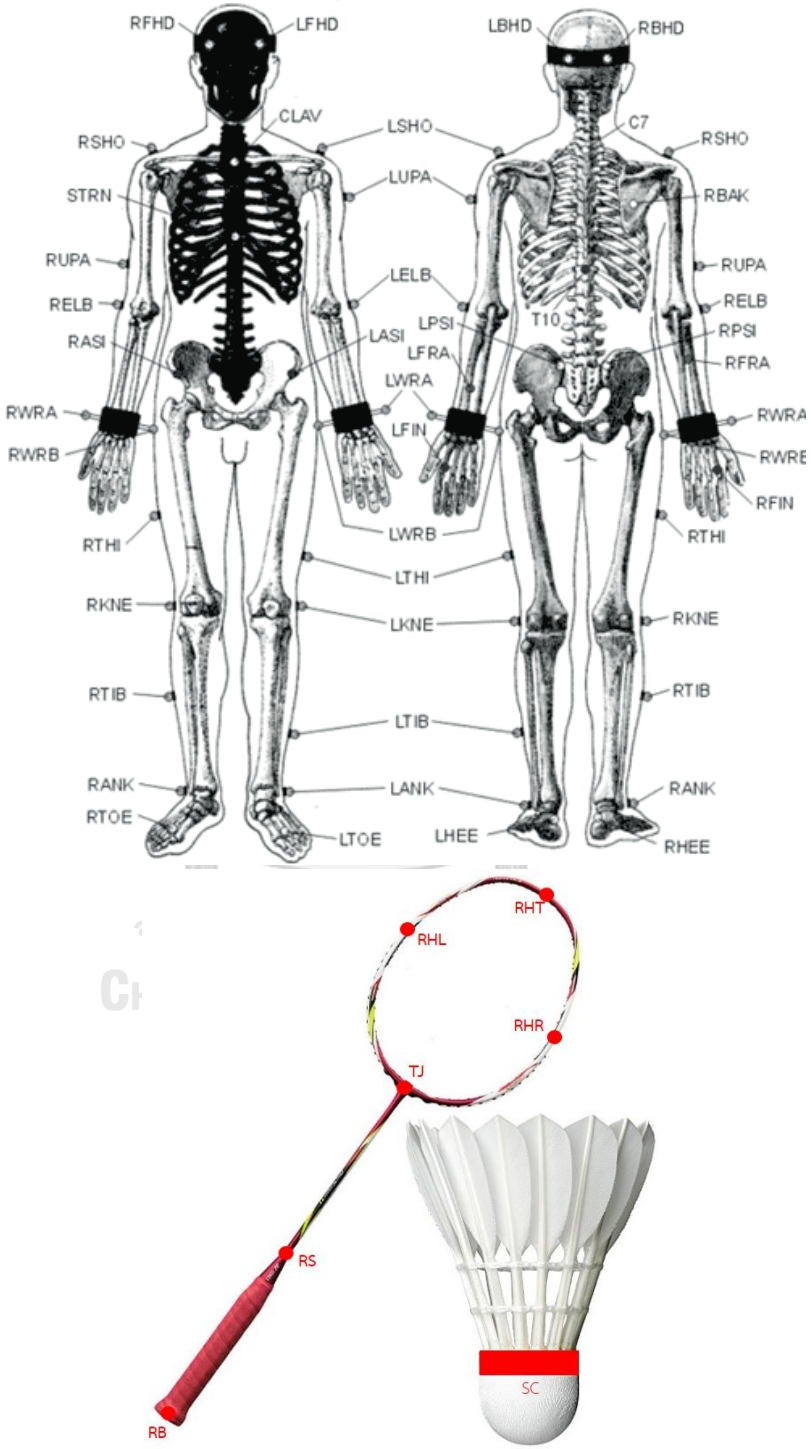
ภาคผนวก ฑ

ปลั๊ก อิน เกต มาร์กเกอร์เซ็ต

Plug-in gait marker set

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปลั๊ก อิน เกต มาร์กเกอร์เซ็ต (Plug-in gait marker set)



LABEL	LOCATION	VARIABLE
LFHD	Left front head	Define the origin, the scale of the head, and rear markers defines its orientation.
RFHD	Right front head	
LBHD	Left back head	
RBHD	Right back head	
C7	7th Cervical Vertebrae	Define a plane hence their lateral positioning is most important.
T10	10th Thoracic Vertebrae	
CLAV	Clavicle	
STRN	Sternum	
RBAK	Right Back	This asymmetry helps the auto-labeling routine determine right from left on the subject.
LSHO	Left shoulder marker	Angular velocity of shoulder. Angular acceleration of shoulder. Angular displacement of shoulder.
RSHO	Right shoulder marker	
LUPA	Left upper arm marker	
RUPA	Right upper arm marker	
LELB	Left elbow	Approximating elbow joint axis. Angular velocity of elbow. Angular acceleration of elbow Angular displacement of elbow
RELB	Right elbow	
LFRA	Left forearm marker	Angular velocity of wrist. Angular acceleration of wrist. Angular displacement of wrist. Pattern of wrist movement.
RFRA	Right forearm marker	
LWRA	Left wrist marker A	
RWRA	Right wrist marker A	
LWRB	Left wrist marker B	
RWRA	Right wrist marker A	
LFIN	Left fingers	
RFIN	Right fingers	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LABEL	LOCATION	VARIABLE
LASI	Left ASIS	Define the pelvic axes and center of gravity. Trajectory center of gravity X, Y, Z.
RASI	Right ASIS	
LPSI	Left PSIS	
RPSI	Right PSIS	
LKNE	Left knee	Define knee joint axis.
RKNE	Right knee	
LTHI	Left thigh	Calculate the knee flexion axis location and orientation.
RTHI	Right thigh	
LANK	Left ankle	Angle of ankle joint.
RANK	Right ankle	
LTIB	Left tibial	Determine the alignment of the ankle flexion axis.
RTIB	Right tibial	
LTOE	Left toe	Feet posture. Feet axes. Offset angles.
RTOE	Right toe	
LHEE	Left heel	
RHEE	Right heel	
RHT	Racket head (top)	Pattern of racket movement. Racket angle of ground. Racket angle of ground at contact point. Racket height of ground at contact point. Trajectory of racket.
RHL	Racket head (left)	
RHR	Racket head (right)	
TJ	T joint	
RS	Racket shaft	
RB	Racket bottom	
SC	Shuttlecock	Shuttlecock velocity (u). Trajectory of shuttlecock. Shuttlecock angle at contact point.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฒ

การอบอุ่นร่างกายทั่วไป

General warm-up

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การอบอุ่นร่างกายทั่วไป (General warm-up)

Stretch 1 Shoulder & Chest

This can be performed kneeling or standing. Clasp hands behind back and straighten arms. Raise hands as high as possible and bend forward from the waist and hold.

Stretch 2 Arm across Chest

Place one arm straight across chest. Place hand on elbow and pull arm towards chest and hold. Repeat with another arm.

Stretch 3 Triceps Stretch

Place one hand behind back with elbow in air. Place other hand on elbow and gently pull towards head. Hold and repeat with another arm.

Stretch 4 Glute Stretch

Sitting on floor with right leg bent, place right foot over left leg. Place left arm over right leg so elbow can be used to push right knee. Hold and repeat for other side.

Stretch 5 Adductor Stretch

Stand with feet as wide apart as is comfortable. Shift weight to one side as knee bends. Reach towards extended foot and hold. Repeat for other side.

Stretch 6 Standing Hamstring

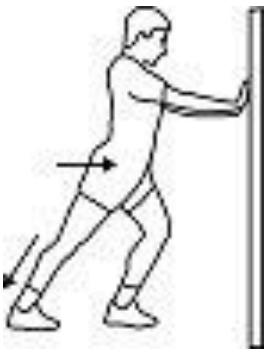
Place leg out straight and bend the other so your foot is flat into your thigh. Bend forward from the waist keeping your back flat. Hold and repeat with the other leg.

Stretch 7 Standing Quadriceps

Standing on one leg grab the bottom of one leg (just above ankle). Pull heel into buttocks and push the hips out. Your thigh should be perpendicular to the ground. Hold and repeat with the other leg.

Stretch 8 Standing Calf

Place feet in front of each other about 18 inches apart. Keep back leg straight and heel on the floor. Push against a wall to increase the stretch. Hold and repeat with other leg.



ภาคผนวก ณ

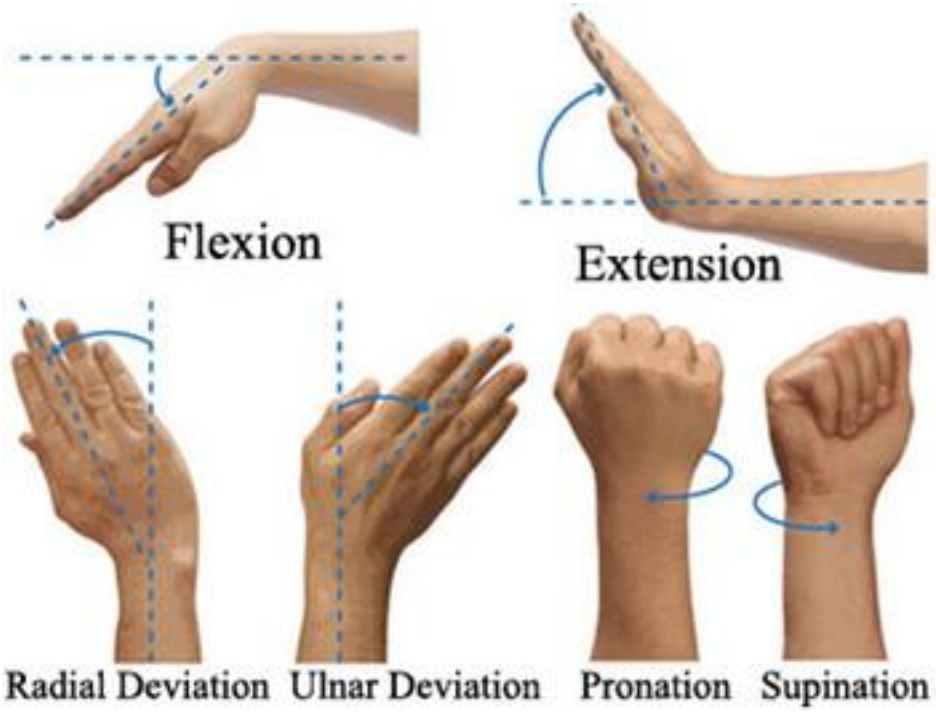
อบอุ่นร่างกายแบบเฉพาะเจาะจง

Specific dynamic warm up

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อบอุ่นร่างกายแบบเฉพาะเจาะจง (Specific dynamic warm up)

1.ยืดเหยียดกล้ามเนื้อในรูปแบบเคลื่อนที่ของบริเวณข้อมือ ท่าละ 15 รอบ ดังนี้



2.ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองเสิร์ฟลูกสั้นในพื้นที่เก็บข้อมูลจริง จำนวน 10 ลูกต่อ 1 คน

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองเสิร์ฟลูกฟริคในพื้นที่เก็บข้อมูลจริง จำนวน 10 ลูกต่อ 1 คน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ด

การศึกษานำร่อง

Pilot study

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การศึกษานำร่อง (Pilot study)

จากการศึกษานำร่อง (Pilot study) ในการเสิร์ฟลูกสั้นด้วยหลังมือเพื่อดูความเป็นไปได้ในการทำการทดลองต่อไป พบว่า

1.มาร์คเกอร์ที่ไม้แบดมินตัน ควรลดลงจากเดิม 8 มาร์คเกอร์ เหลือ 6 มาร์กเกอร์ เพื่อไม่เกิดการรบกวนกันของมาร์คเกอร์ที่ติดในบริเวณจำกัดของไม้แบดมินตัน

2.มาร์คเกอร์ที่ติดที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย จากเดิม Helen Hayes whole body marker set เปลี่ยนเป็น Plug-in-gait whole body marker set เพราะโปรแกรมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ CG trajectory รองรับ Plug-in-gait whole body marker set และแม่นยำกว่า whole body marker set อื่น ๆ

3.ควรเพิ่มความสว่างภายในห้องทดลองทางชีวกลศาสตร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วรเมธ ประจงใจ
วัน เดือน ปี เกิด	15 ธันวาคม 2530
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	2555 - 2557 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2549 - 2553 วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	112 ซ.กรุงเทพนนท์ 8 ถ.กรุงเทพนนท์ ต.บางเขน อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
รางวัลที่ได้รับ	2018 Certificate of oral presentation 6th world congress of racket sport science, Bangkok, Thailand.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University