

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย

นายแวน วัณณะพันธุ์

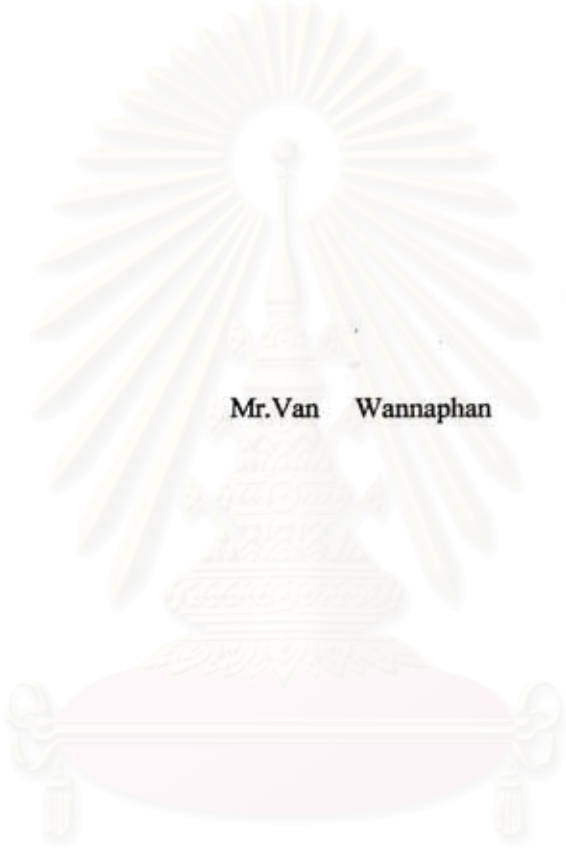


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาพลศึกษา ภาควิชาพลศึกษา  
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-962-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE SOMERSAULT SMASH SKILL  
OF THAI SEPAKTAKRAW PLAYERS**



**Mr. Van Wannaphan**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Education in Physical Education**

**Department of Physical Education**

**Faculty of Education**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1999**

**ISBN 974-334-962-6**

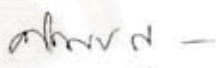
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกา  
ของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย  
โดย นายแวน วัฒนะพันธุ์  
ภาควิชา พลศึกษา  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม  
อาจารย์ ดร.สุวัตร สิทธิหล่อ

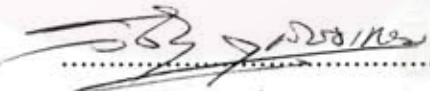
---

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

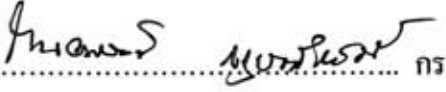
  
..... คณบดีคณะครุศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พทุทธ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลปชัย สุวรรณธาดา)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร.สุวัตร สิทธิหล่อ)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร)

แวน วัฒนพงษ์: การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย  
(A BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE SOMERSAULT SMASH SKILL OF THAI  
SEPAKTAKRAW PLAYERS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.วิจิต คุ้มสุขเกษม, อ.ดร.สุวัตร สิทธิหล่อ, 147 หน้า.  
ISBN 974-334-962-6.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในเชิงकिनแมตริกส์ 2 มิติ ของการฟาดแบบตีลังกา กลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรีราชธานี จำนวน 4 คน ซึ่งเล่นในตำแหน่งตัวฟาด และมีความสามารถสูงระดับประเทศในระดับนักเรียน ทำการแสดงทักษะการฟาดแบบตีลังกา คนละจำนวน 3 ครั้ง บันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพวิดีโอ ระบบ VHS ซึ่งมีความถี่ของการบันทึกภาพ 50 ภาพต่อวินาที จำนวน 2 กล้องพร้อมกัน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอในรูปของตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ ผลการวิจัยพบว่า

1. มุมของข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกายของกลุ่มตัวอย่างในขณะต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหวมี ดังนี้

1.1 ขณะเริ่มกระโดด มุมของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 128.61-142.43, 57.50-121.32, 151.85-163.30, 72.26-116.61, 156.37-176.50, 94.64-19.98, 96.06-142.07 และ 102.38-103.97 องศา ตามลำดับ

1.2 ขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มุมของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 160.53-175.60, 98.91-160.32, 175.10-179.89, 107.10-178.56, 116.94-127.54, 150.38-159.48, 33.98-112.85 และ 20.86-45.00 องศา ตามลำดับ

1.3 ขณะลงสู่พื้น มุมของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 47.89-82.11, 113.88-138.36, 126.00-148.77, 69.71-88.23, 43.00-56.72, 97.97-170.73, 123.76-148.87 และ 96.75-137.85 องศา ตามลำดับ

2. ค่าเฉลี่ยความเร็วของเท้าของการฟาดมีดังนี้

2.1 ค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.13, 3.71, 2.94 และ 2.86 เมตร/วินาที ตามลำดับ

2.2 ค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 9.70, 8.91, 9.73 และ 7.28 เมตร/วินาที ตามลำดับ

2.3 ค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 12.24, 11.85, 12.59 และ 12.59 เมตร/วินาที ตามลำดับ

2.4 ค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 7.63, 7.93, 8.20 และ 7.82 เมตร/วินาที ตามลำดับ

ภาควิชา.....พลศึกษา.....

สาขาวิชา.....พลศึกษา.....

ปีการศึกษา ๒๕๕๖

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

.....

# # 3971785327 : MAJOR PHYSICAL EDUCATION

KEY WORD : SOMERSAULT SMASH SKILL / BIOMECHANICAL ANALYSIS :

VAN WANNAPHAN : A BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE SOMERSAULT SMASH SKILL OF THAI SEPAKTAKRAW PLAYERS.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VIJIT KANUNGSUKKASEM, ED.D.

THESIS CO-ADVISOR : SUWAT SIDTHILAW,PH.D. 147 pp. ISBN 974-334-962-6.

The purpose of this study was to analyze the somersault smash skill in two-dimension of kinematic variables. The subjects were four sepaktakraw players of Ubonrachatani Sports School who played in the offensive position with high performance of high school level. Each subject performed the somersault smash skill for three times, each time was recorded by the 2 VHS video cameras with 50 Hz from the side (sagittal view) and the front (frontal view). Angles of the following joints : left and right ankle, left and right knee, left and right hip and left and right shoulder at the position of taking off, ball impact, and landing phase together with the velocities of right foot at taking off, ball impact, and landing phase were analyzed in term of Means and Standard deviation. The results of this study were found as following :

1. Angles of various joints in the different movement phases showed that

1.1 At take off position, angles of right and left ankle, right and left knee, right and left hip and right and left shoulder were between 47.89-82.11, 113.88-138.36, 126.00-148.77, 69.71-88.23, 43.00-56.72, 97.97-170.73, 123.76-148.87 and 96.75-137.85 degrees, respectively.

1.2 At ball impact position, angles of right and left ankle, right and left knee, right and left hip and right and left shoulder were between 160.53-175.60, 98.91-160.32, 175.10-179.89, 107.10-178.56, 116.94-127.54, 150.38-159.48, 33.98-112.85 and 20.86-45.00 degrees, respectively.

1.3 At landing position, angles of right and left ankle, right and left knee, right and left hip and right and left shoulder were between 47.89-82.11, 113.88-138.36, 126.00-148.77, 69.71-88.23, 43.00-56.72, 97.97-170.73, 123.76-148.87 and 96.75-137.85 degrees, respectively.

2. Means average of right foot velocities showed that

2.1 Means average at taking off phase of 1, 2, 3 and 4 subjects were 3.13, 3.71, 2.94 and 2.86 metre/second, respectively.

2.2 Means average at ball impact phase of 1, 2, 3 and 4 subjects were 9.70, 8.91, 9.73 and 7.28 metre/second, respectively.

2.3 Means average of peak velocity of 1, 2, 3 and 4 subjects were 12.24, 11.85, 12.59 and 12.59 metre/second, respectively.

2.4 Means average at taking off phase until ball impact phase of 1, 2, 3 and 4 subjects were 7.63, 7.93, 8.20 and 7.82 metre/second, respectively.

ภาควิชา.....พลศึกษา.....

สาขาวิชา.....พลศึกษา.....

ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม.....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต kningสุขเกษม และ ดร.สุวัตร สิทธิหล่อ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะ ตรวจสอบแก้ไข และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลาปชัย สุวรรณธาดา ที่ให้โอกาสเสมอ รองศาสตราจารย์ ดร.ณอมวงศ์ กฤษณ์เพชร ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรมสั่งสอนผู้วิจัยตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณศูนย์พลศึกษาและกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี และนายคำขึ้น วงษ์ชาติ หัวหน้าฝ่ายข่าวช่อง 11 จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือเก็บข้อมูล ขอขอบคุณโรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี และอาจารย์ศุภกิจ จันทร์ตรี ที่อนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ขอขอบคุณนายจามร ห่วงวิไล ที่ให้ความอนุเคราะห์ที่พักและเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อพิมพ์งานวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ พี่ ๆ น้อง ๆ ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคนที่ไม่สามารถกล่าวนามได้หมด ซึ่งคอยให้กำลังใจอย่างดียิ่งในการทำวิจัยตลอดมา สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มารดา คือคุณแม่ สุันทนา วิเชียรฉาย ที่เป็นกำลังใจ ให้กำลังใจทรัพย์ ตลอดจนทุกสิ่งทุกอย่าง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

แวน วัฒนะพันธุ์

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตารางประกอบ.....	ฅ
สารบัญแผนภูมิประกอบ.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ค
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ข้อคดงเบื่องต้น.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
กลุ่มตัวอย่างประชากร.....	33
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	34
การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	34
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	37

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	67
รายการอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก.....	85
ภาคผนวก ก.....	86
ภาคผนวก ข.....	90
ภาคผนวก ค.....	116
ประวัติผู้วิจัย.....	147

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตารางประกอบ

หน้า

## ตารางที่

1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านสถานภาพของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน.....	39
2	ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน.....	40
3	ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเท้ากระทบลูกตะกร้อของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	41
4	ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะลงสู่พื้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน.....	42
5	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 .....	43
6	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2.....	44
7	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3.....	45
8	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 .....	46
9	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1.....	47
10	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2.....	48
11	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 .....	49
12	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะเท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 .....	50

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

13	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 .....	51
14	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 .....	52
15	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 .....	53
16	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 .....	54
17	ค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	55
18	ค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	57
19	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	59
20	ค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	61

สารบัญแผนภูมิประกอบ

หน้า

แผนภูมิที่

1	ค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 4 คน.....	56
2	ค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 4 คน.....	58
3	ค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน.....	60
4	ค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระ โดคจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาด แบบตีลังกาของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 4 คน .....	62
5	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลง ไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระ โดคจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาด แบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1.....	63
6	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลง ไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระ โดคจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาด แบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2.....	64
7	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลง ไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระ โดคจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาด แบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3.....	65
8	ความเร็วที่เปลี่ยนแปลง ไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระ โดคจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาด แบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4.....	66

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่

1.1	ภาพแสดงหลักการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยใช้กล้องถ่ายภาพนคร์.....	18
-----	--	----

..



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ



## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพลศึกษาและการกีฬาเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่จะพัฒนาคนในชาติให้มีร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง มีจิตใจผ่องใส นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างคุณลักษณะที่ดีมีคุณธรรม มีน้ำใจนักกีฬา และปฏิบัติตนให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม นอกจากนี้ยังมีไข่มุกแห่งแคชชันวายเป็นสำคัญ (กรมพลศึกษา, 2516) การแข่งขันกีฬาเป็นการสร้างเสริมความสามัคคีให้เกิดในหมู่คณะ และระหว่างคู่แข่งกัน เป็นรากฐานที่สำคัญอันหนึ่งของการพัฒนาประเทศ ให้มีความเจริญก้าวหน้า ช่วยเสริมสร้างพลานามัยของประชาชน ฝึกฝนจิตใจของประชาชนให้รักความสามัคคี รู้จักเสียสละเพื่อส่วนรวม ยิ่งไปกว่านั้น การกีฬาเพื่อการแข่งขันยังมีผลไปถึงชื่อเสียงของประเทศ และความสัมพันธ์อันดีระหว่างประเทศอีกด้วย การส่งเสริมการกีฬา จึงเป็นเรื่องที่ประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลายจำเป็นต้องทำควบคู่ไปกับการส่งเสริมการพัฒนาประเทศด้านอื่น ๆ ด้วย (องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, 2512)

การพัฒนากีฬาเพื่อความเป็นเลิศเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นในการพัฒนากีฬาของชาติ ซึ่งเป็นการยกระดับมาตรฐานการกีฬาของชาติให้สูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงคุณภาพ ความสามัคคีของคนในชาติ และศักยภาพของชาติไทย ในปัจจุบันนี้มีการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของนักกีฬาสูงขึ้น และมีการทำสถิติใหม่ ๆ ขึ้นอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นด้านเวลา ระยะทาง ความอดทน ความแข็งแรง ตลอดจนทักษะต่าง ๆ ศิขรินทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการแขนงต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทางการออกกำลังกาย ได้แก่ สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Physiology of Exercise) ชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sport Biomechanics) กีฬาเวชศาสตร์ (Sport Medicine) และจิตวิทยาการกีฬา (Sport Psychology) โดยนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดผลคือการออกกำลังกายและการกีฬามากที่สุด

ในสถานการณ์การกีฬา การแพ้หรือชนะจะขึ้นอยู่กับ เวลาและระยะทางที่ถูกต้อง ในการแสดงทักษะอย่างแม่นยำ (Northrip, Logan, and McKinney, 1983) ดังนั้นการปรับปรุงและเพิ่มพูนความสามารถของนักกีฬาให้มีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม โดยสอดคล้องกับเวลาและตำแหน่งตามต้องการนั้น จะต้องอาศัยความรู้ความหลักวิชาชีวกลศาสตร์การกีฬา เป็นสำคัญ

การศึกษาด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sport Biomechanics) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ศึกษาถึงการวิเคราะห์ในเชิงชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยประยุกต์หลักวิชาของสรีรวิทยา กายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน (Kagemoto, 2530) โดยศึกษากลศาสตร์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตเพื่อปรับปรุงและเพิ่มพูนความสามารถในการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกับทักษะกีฬาและมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

การศึกษาทางด้านกลศาสตร์ (Mechanics) แบ่งออกเป็น

1. สแตติกส์ (Statics) เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนร่างกายในสภาวะอยู่นิ่ง หรืออยู่ในสภาวะสมดุล (Non-moving system)

2. ดัยนามิกส์ (Dynamics) เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนร่างกายในสภาวะที่มีการเคลื่อนไหว (Motion system) ซึ่งแบ่งออกเป็น

2.1 คินเมติกส์ (Kinematics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึงลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความเร็ว อัตราเร็ว อัตราเร่ง เวลา เป็นต้น โดยไม่นำเรื่องแรง พลังงาน และโมเมนตัมเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.2 คินติกส์ (Kinetics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึงแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว อาจเป็นแรงภายในกล้ามเนื้อ หรือแรงภายนอกร่างกายก็ได้

การเคลื่อนไหวของร่างกายทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬาวิเคราะห์โดยการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายภาพยนตร์ชนิดความเร็วสูง เครื่องถ่ายภาพวีดิทัศน์ชนิดความเร็วสูง เครื่องวัดแรงและการทรงตัว เครื่องวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography - E.M.G.) และเครื่องวัดมุม (Goniometer) เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน และการแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ (ธนอมวงค์ กฤษณ์เพ็ชร, 2533)

การวิเคราะห์ด้านชีวกลศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ (Northrip et al., 1983) คือ

1. การวิเคราะห์โดยใช้สายตาของผู้เชี่ยวชาญ
2. การวิเคราะห์โดยใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ระดับพื้นฐาน
3. การวิเคราะห์โดยใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ระดับกลาง
4. การวิเคราะห์โดยใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ระดับงานวิจัย

การใช้วิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬาด้วยการใช้การถ่ายภาพยนตร์ และนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวในแต่ละภาพ จะทำให้สามารถศึกษาถึงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของกีฬาประเภทนั้น ๆ ได้ดีขึ้น เนื่องจากกีฬาประเภทที่ต้องใช้

ความเร็ว หรือที่ต้องเคลื่อนไหลลอยในอากาศที่มีสิ่งยึดเหนี่ยว หรือปราศจากสิ่งยึดเหนี่ยวก็ตาม การสังเกตโดยทั่วไปจากสายตาของผู้ฝึกสอนโดยตรงอาจไม่มีความละเอียดพอ ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงส่วนละเอียดที่ต้องการได้ การใช้วิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหลจากภาพถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพยนตร์หรือกล้องวิทัศน์ ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่ง สามารถจะประเมินผลได้อย่างถูกต้อง มีความแม่นยำสูง แต่ผู้ฝึกสอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจ และความชำนาญในการที่จะวิเคราะห์ในรายละเอียดทางด้านกลไกการเคลื่อนไหลในการเล่นกีฬาเป็นอย่างไร จึงจะทำให้ผลที่ได้ออกมา มีความถูกต้องและมีความแม่นยำสูง (Kreighbaum and Barthels, 1981) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาหาข้อบกพร่องของการเคลื่อนไหลในกีฬาประเภทนั้น ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และนอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบการใช้วิธีการฝึกที่แตกต่างกัน ออกไป เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการนำมาใช้ในการฝึกซ้อมกีฬา ต่อไป

จตุพร ณ นคร (2533) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ คือ

1. เพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหล ทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการเล่นกีฬา
2. เพื่อให้ร่างกายใช้แรงและพลังออกไปได้ประโยชน์สูงสุด
3. เพื่อบำบัดและป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ป้องกันการบาดเจ็บจากการกีฬา ถ้าได้รู้และเข้าใจ กลไกการเคลื่อนไหลที่ถูก

ลักษณะ

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์การศึกษา ควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Kreighbaum and Barthels, 1985)

1. ตั้งเป้าหมายในการวิเคราะห์กลไกการเคลื่อนไหลนั้น
2. ศึกษาหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการเคลื่อนไหลตามหลักการและ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการเคลื่อนไหลตามหลักการและทฤษฎีที่จะเป็นส่วนช่วยทำให้การสังเกตการเคลื่อนไหลได้ ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

กีฬาเซปักตะกร้อ นับวันจะเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมและสนใจอย่างแพร่หลายในอนาคตรวมถึงขั้น ดังจะเห็นได้จากการส่งเสริมให้มีการเล่นและแข่งขันกันมาก ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ในระดับนักเรียนนักศึกษา เยาวชน และประชาชนทั่วไป จนถึงการแข่งขันระหว่างประเทศ เช่น กีฬาซีเกมส์ และเอเชียนเกมส์ เป็นต้น นอกจากนั้น เซปักตะกร้อยังเป็นกีฬาที่ใช้อุปกรณ์ในการเล่นคือ ลูกตะกร้อที่มีราคาถูก ทนทาน สามารถเล่นได้หลายคน ใช้สนามซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนักก็สามารถเล่นกันได้อย่างสนุกสนาน (ชวลิต จิราชกุล, 2536)

ในการแข่งขันเซปักตะกร้อ ทักษะต่าง ๆ ที่มีความสำคัญคือ การเสิร์ฟลูก การรับลูก การตั้งลูก และการเข้าทำคะแนน การเข้าทำคะแนนมีอยู่หลายรูปแบบ คือ การโหม่ง การฟาดแบบต่าง ๆ การสลับขาเตะหลัง และการเหยียบ เป็นต้น สำหรับทักษะที่มีความสำคัญในการทำคะแนนคู่ต่อสู้ นั้นคือทักษะการฟาด และทำที่นักกีฬาของไทยนิยมใช้กันมากเนื่องจากมีความรุนแรงและสวยงามก็คือ ทักษะการฟาดแบบตีลังกา ซึ่งถือว่าเป็นศิลปะ เป็นเอกลักษณ์และเป็นไม้ตายของกีฬาเซปักตะกร้อไทย การกระทำฝ่ายตรงข้าม คามที่นิยมกันทั่วไป โดยเฉพาะในบ้านเมืองของเราทั่วทุกหนแห่งนั้นชอบกระทำฝ่ายตรงข้ามด้วยลูกฟาด อย่างรุนแรงและหนักหน่วง ทั้งเป็นการฟาดในตำแหน่งการยืนหันหน้าให้เน็ต และหันหลังให้เน็ต แล้วกระโดดตัวลอยขึ้นโดยใช้กำลังจากแรงเหวี่ยง สัมพันธ์กับข้อเท้าและการหมุนตัว ซึ่งผู้เล่นควรต้องระมัดระวังจังหวะในการกระโดดเตะให้สัมพันธ์กับลูกที่กำลังลอยลงมา อันเป็นผลที่จะทำให้ลูกพุ่งลงคอร์ทฝ่ายตรงข้าม อย่างรุนแรง หากกำหนดจังหวะไม่ดีลูกที่เตะจะติดเน็ต หรือมีเจ้านั้น ก็ออกนอกคอร์ทไป

การเริ่มเตะลูกฟาดนั้น ควรยืนเตะขาเดียวโดยไม่กระโดดก่อน เมื่อเห็นว่าใจกล้าพอที่จะกระโดดได้ จึงเริ่มฝึกกระโดดต่ำ ๆ และเพิ่มระดับให้สูงขึ้นตามลำดับ เอาตะกร้อผูกเชือกห้อยไว้กับกิ่งไม้ กระชกพอที่จะกระโดดเตะได้ถึง แล้วเพิ่มความสูงขึ้นเรื่อย ๆ พร้อมกับเพิ่มความแรง การกระโดดเตะควรคว่ำหลังเท้า และฉีกขาให้กว้าง ขาที่เป็นหลักเพื่อออกแรงส่งให้ตัวลอยขึ้นนั้น ต้องกำหนดน้ำหนักให้ดี เขาและข้อเท้าจะให้มาก ถ้าวางกายไม่พร้อมอาจบาดเจ็บได้ ต้องพยายามให้ลำตัวและเอวอ่อน จะช่วยให้การกำหนดทิศทางของลูกได้แม่นยำและรุนแรง ในบางครั้งเมื่อเห็นฝ่ายตรงข้ามเข้ามาบดอ็คก็เตรียมขึ้นเตะฟาด แต่กลับหยุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปฏิภาณไหวพริบของผู้เล่นที่จะตัดสินใจเอาเอง (บุญยง เกศเทศ, 2531) ซึ่งประเทศที่เป็นคู่แข่งสำคัญคือมาเลเซียซึ่งมีไม้ตายคือ สลับขาเตะ และผลการแข่งขันของไทยกับมาเลเซีย ปรากฏว่า ผลัดกันแพ้ ผลัดกันชนะมาโดยตลอด ถือว่าเป็นการแข่งขันเพื่อศักดิ์ศรีและเกียรติภูมิของชาติ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะทำการวิจัยทางด้าน จีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดในกีฬาเซปักตะกร้อซึ่งเป็นการเข้าทำฝ่ายตรงข้ามเพื่อให้ได้คะแนนอย่างรุนแรงและมีประสิทธิภาพสูง และถือว่าเป็นทักษะที่ต้องใช้ความสามารถหลาย ๆ ด้านเข้ามาประกอบกัน นักกีฬาเซปักตะกร้อที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี จึงมีความสามารถในการแสดงทักษะการฟาดในกีฬาเซปักตะกร้อที่ถูกต้อง รุนแรง แม่นยำ มีประสิทธิภาพมาก ซึ่งนักเรียน นักศึกษา และเยาวชนนั้น ควรได้รับการฝึกฝนทักษะดังกล่าวอย่างถูกต้อง เพื่อพัฒนาความสามารถและเป็นตัวแทนของชาติไทยในอนาคต

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าชาติไทยของเราจะมีความสามารถอยู่ในระดับแนวหน้าของโลก แต่มีแนวโน้มว่าประศมมหาอำนาจทางการกีฬาต่าง ๆ เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ได้มีการฝึกเล่นเซปักตะกร้อกันแล้ว และมีการพัฒนามาตรฐานขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งน่าเป็นห่วงว่าในอนาคตอันใกล้ ประเทศเหล่านั้นจะมีมาตรฐานและมีฝีมือ ทัดเทียมกับไทยได้ เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจึงมีความต้องการ



ค้นคว้าวิจัย และนำหลักวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อนำมาใช้พัฒนามาตรฐานกีฬาเซปักตะกร้อ และใช้  
ในการเรียนการสอนทักษะในระดับสูงเพื่อที่เราจะได้เป็นผู้นำของกีฬาเซปักตะกร้อ ดังเช่นสหรัฐ  
อเมริกา เป็นผู้นำของกีฬาบาสเกตบอล หรือบราซิล เป็นผู้นำของกีฬาฟุตบอลนั่นเอง

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทักษะการฟาดแบบตีลังกา โดยการบรรยายลักษณะของมุมสัมพันธ์ของข้อเท้า  
เข้า สะโพกและไหล่ ในขั้นต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหวดังต่อไปนี้
  - 1.1 ขณะเริ่มกระโดด
  - 1.2 ขณะกระทบลูกตะกร้อ
  - 1.3 ขณะลงสู่พื้น
2. เพื่อวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ โดยวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านคิเนแมติกส์ คือ ความเร็ว  
เริ่มต้น ความเร็วในขณะกระทบลูกตะกร้อ ความเร็วสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มกระโดดจน  
กระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา

#### ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเฉพาะท่าทางของทักษะการฟาดแบบตีลังกาเท่านั้น โดยไม่ศึกษาถึง  
ผลของการแสดงทักษะ
2. วิเคราะห์เฉพาะตัวแปรทางด้านคิเนแมติกส์เท่านั้น

#### ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. ผู้เข้ารับการทดลองทุกคน มีสภาพร่างกายสมบูรณ์และสามารถแสดงทักษะการฟาดแบบ  
ตีลังกาได้สถานการณ์และสิ่งแวดล้อมเดียวกันทั้งหมด
2. ผลการแสดงผลการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนถือว่าเป็นผลที่ได้  
จากการกระทำ โดยใช้ความสามารถสูงสุด

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

**ชีวกลศาสตร์** หมายถึง วิชาที่ศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของมนุษย์ซึ่งในที่นี้จะหมายถึงการศึกษาเฉพาะด้าน คินเนมาติกส์ (Kinematics) คือการศึกษาถึงส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงไป ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง เวลา ทำทาง ความเร็วและความเร็วเชิงมุมและเชิงเส้นเท่านั้น

**เซปักตะกร้อ** หมายถึง กีฬาตะกร้อข้ามตาข่ายแบบสากล ซึ่งเริ่มการแข่งขันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 ในกีฬาแหลมทอง ครั้งที่ 3 ซึ่งประเทศมาเลเซียเป็นเจ้าภาพ

**นักกีฬาเซปักตะกร้อไทย** หมายถึง นักกีฬาเซปักตะกร้อชาย ของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี ที่เป็นตัวแทนของโรงเรียนในรุ่นอายุ 14-16 ปี เข้าร่วมการแข่งขันกีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประจำปี 2540-ปัจจุบัน ซึ่งเป็นผู้เล่นในตำแหน่งตัวฟาด

**ทักษะการฟาดแบบตีลังกา** หมายถึง ทักษะการกระโดดตีลังกาเตะ โดยผู้ฟาดขึ้นหันหลังให้ตาข่ายแล้วก้าวกระโดดโดยใช้เท้าที่จะเตะเป็นเท้าในการเริ่มกระโดด แล้วใช้บริเวณหลังเท้าเตะลูกตะกร้อ ณ จุดสูงสุดในขณะที่ร่างกายลอยในอากาศให้หลังในแดนฝ่ายตรงข้ามอย่างรุนแรงซึ่งนักกีฬาเซปักตะกร้อของไทยนิยมใช้

**เวลาของการฟาด** หมายถึง เวลาที่ใช้ในการแสดงทักษะการฟาด ตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งการแสดงทักษะสิ้นสุดลง

**ความเร็วในการฟาด** หมายถึง การเคลื่อนที่ของเท้า ในระยะทางที่หารด้วยเวลาที่เคลื่อนที่ โดยนำเสนอความเร็วเริ่มต้น ความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อ ความเร็วสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ

**มุมสัมผัสของข้อต่อ** หมายถึง ตำแหน่งของอวัยวะที่เคลื่อนที่ไปเป็นเชิงมุม โดยรอบข้อต่อหรือแกนของการหมุน งานวิจัยนี้การวัดมุมทำได้โดยกำหนดจุดตำแหน่งของปุ่มกระดูกตามข้อต่อของร่างกาย โดยกำหนดตำแหน่งขณะทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเล่นวิดีโอ จุดที่ได้คือแกนของมุม เมื่อแกนของมุม 2 แกน ที่อยู่ติดกันเคลื่อนที่ไปเป็นเชิงมุม ข้อมทำให้เกิดค่าของมุมของการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้น โดยจะนำเสนอในลักษณะของมุมในขณะที่เริ่มกระโดด ขณะกระทบลูก และขณะลงสู่พื้น

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย**

1. เพื่อให้ทราบถึงวิธีการแสดงทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย
2. เพื่อให้ทราบถึงสภาพการณ์ปัจจุบันทางชีวกลศาสตร์ด้านคิเนแมติกส์ ของทักษะการฟาดของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย
3. เพื่อให้ครูพลศึกษาสามารถนำทักษะการฟาดแบบตีลังกาที่ถูกต้อง ไปใช้สอนหรือพัฒนาทักษะของนักเรียนได้
4. เพื่อให้ผู้ฝึกสอนกีฬาเซปักตะกร้อ สามารถนำทักษะการฟาดที่ถูกต้อง ไปใช้พัฒนาทักษะของนักกีฬาของตนเองไปสู่ระดับชาติต่อไป
5. เป็นแนวทางในการปรับปรุงรูปแบบการฝึกทักษะการฟาด ที่มีประสิทธิภาพต่อไป



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสาร ตำราและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับกรวิจัยครั้งนี้ โดยได้นำเสนอแยกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ประวัติกีฬาเซปักตะกร้อ
2. วัฒนาการของตะกร้อในประเทศไทย
3. ความเป็นมาของกีฬาเซปักตะกร้อในกีฬาซีเกมส์
4. ประเภทของการแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อ
5. การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ
7. งานวิจัยต่างประเทศ

#### 1. ประวัติกีฬาเซปักตะกร้อ

กีฬาตะกร้อมีต้นกำเนิดจากที่ใด ในสมัยใดนั้นไม่มีการจดบันทึกไว้ เนื่องจากนิยมแต่ในด้านปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลต่างๆทั้งทางประวัติศาสตร์พงศาวดารและจากจดหมายเหตุต่างๆพอจะวิเคราะห์ได้ว่า ตะกร้อมีในประเทศไทยมาช้านานแล้ว ซึ่งในขณะเดียวกันจากหลายประเทศต่างก็เข้าใจว่า ตะกร้อเกิดขึ้นในประเทศของตน และได้มีอิทธิพลกระจายไปยังต่างประเทศ มีผู้รู้บางท่านกล่าวว่า ตะกร้อเริ่มมีมาในสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลายคือ เมื่อตอนที่ไทยเสียกรุงแก่พม่า ประมาณ พ.ศ. 2310 ครั้งนั้นพม่าตั้งค่ายรักษาพระนครอยู่ที่อำเภอโพธิ์สามต้น เวลาว่างพม่าได้นำตะกร้อมาเตะเล่นกัน และพม่าได้เรียกตะกร้อนี้ว่า “ชินลง” (Chinlon) ซึ่งแปลว่าตะกร้อหลวมๆ โดยปกติการลอกหรือเลียนแบบหรือนำเอาของคนอื่นมาใช้ต้องคงรูปแบบของสิ่งนั้นหรือคำนั้นไว้ ฉะนั้นถ้าไทยเรานำเอาตะกร้อมาจากพม่า ก็จะเรียกตามพม่าให้มีส่วนใกล้เคียงคือ อาจจะเรียกว่า ชินลง หรือชินลง ไม่น่าจะเรียกว่า ตะกร้อ ทางประเทศมาเลเซียได้ประกาศว่า ตะกร้อเป็นกีฬาของประเทศมาลายู(เดิม) และถือว่าเป็นกีฬาประจำชาติ เรียกว่า “เซปักรากา” (Sepak Raga) ความหมายของคำว่า “รากา” (Raga) หมายถึง ตะกร้อ ซึ่งคำนี้ก็ใกล้เคียงกับคำว่าตะกร้อของไทย แต่ตามเหตุผลว่าไทยจะเอากีฬาของมาลายูมาเล่นนั้น ไม่น่าเป็นไปได้ เพราะประการแรกจากนักประวัติศาสตร์ได้สำรวจแล้วว่า วัฒนาการของการเจริญย่อมจะแพร่เข้ามาเขตรวมมาจากเหนือลงได้ ไม่มีวิวัฒนาการที่จะแพร่จากใต้ขึ้นเหนือสังเกต

จากการอพยพของเผ่าพันธุ์มนุษย์ จะถอยร่นจากทางเหนือสู่ทางใต้เรื่อยมาและประเทศใหญ่ ๆ ที่เคยเจริญรุ่งเรืองในอดีตหรือก่อนศตวรรษ ก็มักจะเป็นประเทศอยู่ตอนเหนือแทบทั้งสิ้น ฉะนั้นตะกร้อจะก่อกำเนิดจากประเทศมาเลเซีย แล้วมานิยมเล่นในประเทศไทยย่อมจะเป็นไปไม่ได้ ประการที่สอง ประเทศไทยและมาเลเซีย นั้น ตามหลักฐานทางประวัติศาสตร์ประเทศไทยเป็นประเทศที่เกิดขึ้นก่อน และเก่าแก่กว่าประเทศมาเลเซีย ฉะนั้นความเจริญก็ย่อมจะเจริญมากกว่าและวิวัฒนาการทางด้านต่างๆ ก็ย่อมจะดีกว่า จึงไม่น่าจะเป็นไปได้ว่าตะกร้อจะเกิดจากประเทศมาเลเซีย ประการที่สาม “ซีปักกราภา” (Sepak Raga) ของมาเลเซียที่เล่นอยู่ ก็คือตะกร้อหวายเหมือนของไทยเช่นกัน จากข้อนี้ถ้าบอกว่า อิทธิพลจากทางใต้ได้แพร่หลายขึ้นไปทางตอนเหนือ ก็จะขัดกับความเป็นจริงว่าทางใต้ของประเทศไทยคือ จังหวัดนครราชสีมา ชะลา และปัตตานี ก็มีการเล่นตะกร้อเช่นกัน แต่ลักษณะตะกร้อเป็นลักษณะเหมือนตะกร้อชนไก่ คือ ใช้หนังวัวหรือหนังควายขนาดกว้าง 4 นิ้ว และยาว 8 นิ้ว พับครึ่ง ให้ปลายต่อกันที่จุดกึ่งกลางพอดี แล้วตัดหนังขนาดพอที่จะผูกชนไก่ 10-20 ก้าน แต่ต้องใช้ชนไก่ตัวผู้ จากนั้นก็เจาะหนังแผ่นใหญ่ที่พับปลายต่อกันนั้น เอาหนังแผ่นเล็กที่จะผูกชนไก่ร้อยเข้าไป ในหนังแผ่นเล็กซึ่งจะทำหน้าที่สองอย่างคือ ชิดแผ่นหนังให้ติดต่อกันและชิดชนไก่ไว้ด้วย ถ้าสังเกตให้ดีจะทราบว่า ไทยไม่ได้รับอิทธิพลมาจากมาเลเซียแต่อย่างใด

ส่วนข้อสำคัญคือ ชนเผ่า ลขัต ซึ่งเป็นชนเผ่าเก่าแก่เผ่าหนึ่งอาศัยอยู่ที่เกาะบอร์เนียว ได้มีการเล่นตะกร้อ โดยใช้หวายสานทำเป็นตะกร้อเตะเล่น และวิธีการเล่นก็แบบเดียวกับของไทยแสดงว่า อิทธิพลจากตอนเหนือได้แผ่ปกคลุมถึงเกาะบอร์เนียว ตามเหตุผลข้างต้น

ประเทศจีน เชื่อถือได้ว่ามีการเล่นตะกร้อมาช้านาน จากบันทึกของเฟรเดริก อาร์เธอร์นีส ได้เขียนหนังสือเรื่อง “Narrative of a Residence in Siam” พิมพ์เมื่อ ค.ศ. 1852 ได้พูดถึงการเตะตะกร้อลูกกลมๆ แต่ลักษณะคนที่ล้อมวงอยู่นั้นไว้ผมเปีย จึงสันนิษฐานว่า คงจะเป็นคนจีนมากกว่าคนไทย เพราะจากการค้นคว้า คนจีนเริ่มนิยมการเตะลูกชนไก่มานานแล้ว ซึ่งมีอยู่ในบันทึกพงศาวดารจีนเรื่อง “ซุชดัง” ได้กล่าวถึงการเตะตะกร้อ

นอกจากนี้ยังมีชาวจีนกวางตุ้งที่เข้าไปอยู่อเมริกา ได้นำเอาขี้เถ้าป็นก้อนกลมๆแล้วห่อด้วยลำลีหรือฝ้ายนุ่ม จากนั้นก็นำชนหางไก่ที่นำมาปัก เมื่อคูแล้วลักษณะคล้ายหัวหอมตอนที่ยังมีใบอยู่ ซึ่งการเล่นชนิดนี้เรียกว่า เตกโก (Tek Kau) ซึ่งใกล้เคียงกับคำว่า “ตะกร้อ” ของไทยและก็น่าจะเป็นไปได้ว่า ได้รับเอาตะกร้อมาจากจีน แต่ตามพจนานุกรม ตามความหมายของคำว่า ตะกร้อ หมายถึง ของสานด้วยหวายเป็นรูปกลม สำหรับเตะเล่น บางอย่างทำด้วยหนังปีกพู่ชนไก่ ฉะนั้นกีฬาชนิด เตกโก (Tek Kau) กับตะกร้อจึงเป็นกีฬาคนละชนิดกัน เพราะอุปกรณ์การเล่นแตกต่างกัน แต่มีวิธีการเล่นคล้ายคลึงกัน

ประเทศไทยรู้จักการนำหวายมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่โบราณทั้งนี้เพราะประเทศไทยมีธรรมชาติสมบูรณ์ไปด้วยหวาย ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นเครื่องเรือน เครื่องใช้ไม้สอย ตลอดจนอุปกรณ์การเล่นต่างๆ

เช่น คาบ กระทบ เป็นตัน ก็ล้วนทำด้วยหวายทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าเมื่อมีการทำกระช กระทบ หรือภาชนะต่างๆเกิดมีความคิดเอาเศษหวายที่เหลือมาสานเล่นจะเป็นลูกกลมๆ แล้วก็นำมา โยนเล่นกัน และเนื่องจากคนไทยถนัดในการใช้เท้าก็เกิดความคิดใหม่ เปลี่ยนจากการโยนเล่น ขว้างเล่น กลายมาเป็นเตะเล่น เพื่อเพิ่มความสุขสนาน คือเตะกันโดยไม่ให้ถูกตกพื้น จนในที่สุดก็ กลายมาเป็นเตะกร้อที่เล่นกันอยู่ในปัจจุบันนี้ ซึ่งมีหลักฐานพอจะอ้างอิงได้ว่าเตะกร้อนั้น เรารู้จักกันมา ช้านานแล้ว แม้แต่ช้างไทยยังเตะเตะกร้อได้ด้วย ซึ่งมีบันทึกอยู่ในประวัติศาสตร์และพงศาวดาร คือ ในสมัยโบราณ ตามกฎหมายเมื่อมีผู้ใดกระทำผิด ผู้นั้นจะต้องถูกลงโทษตามความหนักเบาของโทษ นั้นๆ อาจมีการตอกเล็บ ถูกเข็มนติ เจียนเนื้อออกเป็นชิ้นๆจนกว่าจะตาย ถูกตัดหัว ถูกเผาทั้งเป็นหรือ ถูกนำไปเข้าเตะกร้อให้ช้างเตะถึงแก่ความตาย ซึ่งมีระบุไว้ในกฎหมายเข็ชบาลสมัยกรุงศรีอยุธยา

ฉะนั้นถึงแม้จะไม่มีหลักฐานที่จะบอกได้ว่า เตะกร้อเป็นกีฬาพื้นเมืองที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เป็นประเทศแรก แต่จากข้อมูลต่างๆซึ่งพอจะเชื่อถือได้จากพงศาวดาร จากประวัติศาสตร์และจาก บันทึกจดหมายเหตุต่างๆพอจะสรุปได้ว่า ไทยเป็นประเทศแรกที่ได้คิดค้นการเล่นกีฬาเตะกร้อขึ้น ซึ่ง เป็นกีฬาที่นิยมเล่นชนิดหนึ่งในทวีปเอเชียและกำลังแพร่ขยายไปทั่วโลกในปัจจุบัน สาเหตุที่นิยมเล่น กันก็เพราะกีฬาเตะกร้อใช้พื้นที่ในการเล่นไม่กว้างนัก ค่าใช้จ่ายถูก อุปกรณ์การเล่นหาง่าย ราคาไม่แพง และทำให้เกิดความสนุกสนานเพลิดเพลินทั้งผู้ดูและผู้เล่น

## 2. วิวัฒนาการของเตะกร้อในประเทศไทย

เตะกร้อได้วิวัฒนาการมาเป็นลำดับ โดยเฉพาะในสมัยประชาธิปไตย ตั้งแต่หลัง พ.ศ. 2475 เป็นต้นมา กรมพลศึกษาและสมาคมกีฬาไทยได้เริ่มฟื้นฟูกีฬาชนิดต่างๆ เตะกร้อก็เป็นหนึ่งในหลาย ชนิดของกีฬาไทยที่ได้รับการฟื้นฟู ในสมัยนั้นได้มีการแข่งขัน 6 ชนิดคือ

1. เตะกร้อลอดบ่วง
2. เตะกร้อเตะทอน
3. เตะกร้อวงเล็ก
4. เตะกร้อวงใหญ่
5. เตะกร้อข้ามตาข่าย
6. เตะกร้อพลิกแพลง(ติดเตะกร้อ)

จนต่อมาในปี พ.ศ. 2485 เป็นต้นมา กีฬาเตะกร้อได้เสื่อมโทรมลง เพราะประเทศไทยอยู่ใน ภาวะสงครามและหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 สงบลง ก็ได้มีการฟื้นฟูเตะกร้อขึ้นอีก แต่ในครั้งนี้จะ นิยมเล่นกันเป็นประจำเพียง 2 ประเภทเท่านั้นคือ เตะกร้อข้ามตาข่าย และเตะกร้อลอดบ่วง การเล่น เตะกร้อทั้งสองประเภทนี้ต้องอาศัยความสามารถ และความชำนาญสูงจึงจะเล่นได้สนุก มีผู้สนับสนุน

ว่า การเล่นตะกร้อข้ามตาข่ายแบบไทย คงจะดัดแปลงมาจากการเล่นกีฬาเบดมินตัน ส่วนตะกร้อข้ามตาข่ายแบบเซปักนั้น สันนิษฐานว่า จะดัดแปลงมาจากกีฬาวอลเลย์บอล การตีตะกร้อ ก็หมายถึงการเตะตะกร้อให้ขึ้นไปติดค้างอยู่บนส่วนต่างๆของร่างกายเช่น บนศีรษะ บนไหล่ทั้งสองข้าง บนแขนหรือบนเข่า ฯลฯ ได้ครั้งละหลายๆลูก แต่ก่อนสมัยคอนคั้น ๆ รัตนโกสินทร์ มีผู้นิยมเล่นกันมาก ส่วนใหญ่แสดงให้ดูตามงานวัดหรืองานเทศกาลอื่นๆผู้แสดงที่ชำนาญมักจะแสดงการตีตะกร้อให้ประชาชนดูบน พื้น โຕ้ะแถบๆ

การเล่นตะกร้อข้ามตาข่ายมักจะมีการเล่นบริเวณใกล้เคียงกับการเล่นตะกร้อเตะเทนและตะกร้อลอดบ่วง สาเหตุที่มีการเล่นตะกร้อข้ามตาข่ายเกิดขึ้นก็เพราะ นายผล ผลาสินธุ์ นักตะกร้อฝีมือดีท่านหนึ่งได้ทดลองเตะตะกร้อให้ข้ามเส้นเชือกซึ่งขึงไว้โดยแข่งขันกันเล่นๆ และมีความมุ่งหมายเพียงจะให้อีกฝ่ายหนึ่ง(ฝ่ายตรงข้าม)รับไม่ได้เท่านั้น จึงเป็นอันว่า นายผล ผลาสินธุ์ และคณะมีนายยิ้ม ศรีหงส์ หลวงสำเร็จวรรณกิจ ขุนจรยาวิจิตร(นักเตะตะกร้อร่วมวงเดียวกัน) ได้ร่วมมือกันคิดแปลงให้มีการเล่นตะกร้อแบบเบดมินตันมากขึ้น โดยใช้ชื่อว่า"ตะกร้อข้ามตาข่าย"ในระยะเริ่มแรกได้ทำการทดลองแข่งขันภายในสมาคมกีฬาสยามเท่านั้น

ปี พ.ศ. 2476 มีงานฉลองรัฐธรรมนูญเป็นครั้งแรก สมาคมกีฬาสยามได้พยายามร่างกฎกติกาที่แน่นอน แล้วเปิดการแข่งขันกีฬาตะกร้อข้ามตาข่ายระหว่างประชาชนขึ้นเป็นปีแรก เป็นที่สนใจของประชาชนโดยทั่วไป ต่อจากนั้นมาประชาชนได้มีการฝึกซ้อมและแข่งขันกันอย่างแพร่หลาย

ปี พ.ศ. 2479 กรมพลศึกษาได้เปิดให้มีการแข่งขันตะกร้อข้ามตาข่ายระหว่างโรงเรียนชายและมีหลายโรงเรียนส่งนักกีฬาเข้าแข่งขัน ทางกรมพลศึกษาเห็นว่ามีโรงเรียนและประชาชนสนใจมากขึ้น จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการร่างกติกาตะกร้อข้ามตาข่ายของสมาคมกีฬาสยามเป็นหลัก คณะกรรมการได้ปรับปรุงกติกาตะกร้อข้ามตาข่ายสำเร็จเรียบร้อย เมื่อ พ.ศ. 2479 และกรมพลศึกษาได้ประกาศใช้เป็นทางการเมื่อ พ.ศ. 2480

เมื่อครั้งประเทศพม่าเป็นเจ้าภาพในการจัดการแข่งขันกีฬาภาคพื้นแหลมทอง(กีฬาซีเกมส์ปัจจุบัน) ครั้งที่ 2 ได้มีหนังสือเชิญคณะตะกร้อของสมาคมกีฬาไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ไปร่วมในงานกีฬานั้นด้วย และนอกจากนั้นคณะตะกร้อ ยังได้รับเชิญให้ไปแสดงกีฬาตะกร้อของไทยในมหาวิทยาลัยอย่างกุ่ม มีกีฬาตะกร้อเป็นกีฬาหลัก คือ ตะกร้อพลิกแพลงวงเล็กและจากการแสดงของคณะตะกร้อไทยทำให้ชาวพม่าสนใจมาก โดยเฉพาะตะกร้อข้ามตาข่าย อันเป็นกีฬาที่แปลกใหม่ที่สุดของชาวพม่า จึงได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เพราะมีวิธีการเล่นที่ง่ายคล้ายกีฬาเบดมินตัน สนุกสนาน ตื่นเต้น เช่นถูกเหยียบ ลูกโบก เป็นต้น และหลังจากนั้นตะกร้อไทยก็ได้ไปแสดงที่ประเทศพม่าอีกหลายครั้ง

### 3. ความเป็นมาของกีฬาเซปักตะกร้อในกีฬาซีเกมส์ (Sea Games)

เมื่อปี พ.ศ. 2502 มีการแข่งขันกีฬาแหลมทองครั้งที่ 1 ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเจ้าภาพ (ในครั้งนั้นกีฬาเซปักตะกร้อ ยังไม่ได้กำหนดลงไปให้มีการแข่งขันในกีฬาแหลมทอง) คณะกีฬาตะกร้อของพม่าได้ร่วมแสดงให้ชาวไทย ได้ชมการเล่นตะกร้อพลิกแพลงตามแบบฉบับของพม่า หลังจากนั้นทางสมาคมกีฬาไทย ได้เชิญคณะตะกร้อของชาวพม่า ไปชมการแข่งขันตะกร้อของไทยซึ่งต่อมา ไทยและพม่า ได้ร่วมประชุมปรึกษาหารือกันเป็นทางการ โดยได้สรุปผลดังนี้

1. สมาคมกีฬาไทยและสมาคมกีฬาพม่า จะพยายามนำกีฬาตะกร้อให้เป็นกีฬาอีกชนิดหนึ่งในการแข่งขันกีฬาแหลมทองในครั้งต่อไป เพราะกีฬาแหลมทองเปิดแข่งขันเฉพาะกีฬาสากลไม่มีกีฬาของชาวแหลมทองอยู่เลย

2. กำหนดชนิดการแข่งขัน 3 ชนิดคือ ตะกร้อวง ตะกร้อลอดบ่วง และตะกร้อข้ามตาข่าย

3. ให้สมาคมกีฬาไทย เขียนกติกาการแข่งขันตะกร้อทั้ง 3 ชนิดเป็นภาษาอังกฤษ

4. ให้ไทยและพม่าหาโอกาสแข่งขันร่วมกัน เพื่อจะได้หาทางปรับปรุงกติกาให้แน่นอน ได้มาตรฐาน

5. ให้ไทยและพม่าร่วมกันเผยแพร่กีฬาตะกร้อ โดยส่งคณะนักตะกร้อไปแสดงยังประเทศต่างๆ ในภาคพื้นแหลมทอง

ต่อมาในปี พ.ศ. 2504 ประเทศพม่า ได้เสนอตัวเป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันกีฬาแหลมทองครั้งที่ 2 พร้อมกันนั้นได้เชิญคณะกรรมการของสมาคมกีฬาไทยนำคณะตะกร้อไทยไปร่วมแสดงในกีฬาแหลมทองครั้งนั้น และได้ผลเป็นที่ประทับใจของนักกีฬาในภาคพื้นแหลมทองเป็นอย่างยิ่ง โดยคณะกรรมการจัดการแข่งขันกีฬาแหลมทองแต่ละประเทศได้ดำเนินการประชุมตกลงที่จะเพิ่มกีฬาตะกร้อในการแข่งขันกีฬาแหลมทองคราวต่อไป คณะกรรมการกีฬาแหลมทองแต่ละประเทศได้ช่วยกันร่างกติกาและระเบียบ เพื่อเป็นหลักในการแข่งขันซึ่งที่ประชุม มีมติตกลงให้มีการแข่งขันตะกร้อข้ามตาข่าย ตามแบบฉบับที่ประเทศไทยกำลังนิยมแข่งขันกันอยู่ในสมัยนั้น แต่มาเลเซียได้เสนอแนะกติกา และระเบียบในการเล่นเพิ่มเติมตามอย่างมาเลเซีย โดยเฉพาะวิธีการเสิร์ฟลูก และการได้ครอบลูกของฝ่ายรับซึ่งตะกร้อข้ามตาข่ายของไทย ในสมัยนั้นอนุญาตให้เล่นลูกได้เพียงคนเดียวแต่ตามแบบของมาเลเซียเสนอ อนุญาตให้เล่นลูกได้ 3 คน (ในกรณีที่เล่นคนละ 1 ครั้ง) ที่ประชุมยอมรับตามข้อตกลงที่มาเลเซียเสนอ จึงเป็นอันว่าการแข่งขันตะกร้อข้ามตาข่ายในกีฬาแหลมทอง และกติกาที่ใช้เป็นกติกาผสมระหว่างไทยกับมาเลเซียพร้อมกับตกลงให้เรียกกีฬาตะกร้อชนิดนี้ว่า เซปัก-ตะกร้อ (Sepak Takraw) ต่อมาในปีพ.ศ. 2508 ประเทศมาเลเซีย เป็นเจ้าภาพในการจัดแข่งขันกีฬาแหลมทองครั้งที่ 3 จึงได้มีการแข่งขันกีฬาตะกร้อข้ามตาข่ายแบบเซปักขึ้นเป็นครั้งแรก และได้มีการแข่งขันมาจนถึงปัจจุบันนี้ เรียกว่ากีฬา เซปักตะกร้อ



#### 4. ประเภทของการแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อ

ปัจจุบันมีการแข่งขัน 2 ประเภท คือการแข่งขันประเภททีมเดี่ยว และการแข่งขันประเภททีมชุด มีรายละเอียดการแข่งขันดังนี้

1. การแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภททีมเดี่ยว คือการแข่งขันเซปักตะกร้อ ที่พิจารณาผลของการแข่งขันของทีม ด้วยการชนะ 2 เกมจากการแข่งขัน 3 เกม กล่าวคือถ้าทีมใดชนะในเกมที่ 1 และเกมที่ 2 ก็จะเป็นฝ่ายที่ชนะในการแข่งขันครั้งนั้น แต่หากคู่แข่งสองทีมผลัดกันแพ้ – ชนะ ในเกมที่ 1 และเกมที่ 2 ให้แข่งขันค่อในเกมที่ 3 โดยใช้วิธีการนับคะแนนแบบไทเบรก (Tie Break) คือทีมใดได้คะแนนถึง 6 คะแนนก่อน เป็นทีมชนะในการแข่งขันครั้งนั้น

2. การแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อประเภททีมชุด เป็นการแข่งขันระหว่างทีมชุด 2 ทีม ซึ่งทีมชุดจะประกอบด้วยทีมเดี่ยว จำนวน 3 ทีม การพิจารณาผลแพ้ – ชนะ จะรวมเอาผลการแข่งขันของทีมเดี่ยว ในชุดเดียวกันมาพิจารณาร่วมกัน โดยถ้าทีมชุดใดมีผลการแข่งขันของทีมเดี่ยวชนะ 2 ทีม จะให้ทีมชุดนั้นชนะในการแข่งขัน

การรุกของกีฬาเซปักตะกร้อ หมายถึงการเล่นลูกที่เฉียบขาด รุนแรงให้ข้ามตาข่ายไปยังแดนตรงข้าม โดยมุ่งหวังว่าผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามไม่สามารถได้กลับคืนมาได้ นั่นหมายถึง ทำให้ทีมตนเองได้คะแนนหรือทำให้ทีมตรงข้ามเสียดิถีในการเล่นเสิร์ฟลูกครั้งต่อไป เนื่องจากเป็นการเล่นลูกที่รุนแรงมาก ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามมีความหวังในการรับลูกคังกล่าวน้อยเต็มที่ บางครั้งจึงเรียกว่า “ลูกฆ่า” การรุกที่สำคัญประกอบด้วยการรูกดังนี้

1. การรูกด้วยการ โหม่ง
2. การรูกด้วยลูกเหยียบ
3. การรูกด้วยการตบด้วยเท้า (ลูกปาด)
4. การรูกด้วยการเตะสลัด
5. การรูกด้วยการตีลังกาเตะ (เตะฟาด)

การรูกด้วยการตีลังกาเตะ (เตะฟาด) เป็นการรูกที่มีความรุนแรง นิยมใช้เป็นท่าหลักในการรูก เป็นท่าที่ต้องใช้ความสามารถสูงมาก จะต้องฝึกฝนจนมีความชำนาญ เพราะเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ เนื่องจากต้องม้วนตัวตีลังกากลางอากาศเพื่อเตะฟาดลูก บริเวณที่เตะหรือฟาดลูกคือบริเวณหลังเท้า

#### 5. การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์การกีฬา คือหลักการที่จะอธิบายถึงการเคลื่อนไหวในสถานการณ์การกีฬา ในช่วงเวลาและระยะทางที่เหมาะสม โดยถ้ากล่าวถึงวัตถุหรือร่างกายในสภาพหยุดนิ่ง

หรือสภาวะสมดุลเรียกว่า สแตติกส์ (Statics) และถ้ากล่าวถึงวัตถุหรือร่างกายในสภาพ หุคหนึ่งหรือ สภาวะสมดุลเรียกว่า คีเนนามิกส์ (Dynamics) (Kreighbaum and Barthels, 1985) และคีเนนามิกส์ยังแบ่ง ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. คินแมติกส์ (Kinematics) หมายถึงการศึกษาถึงการเคลื่อนไหวที่มีการเคลื่อนที่ได้ ระยะทาง มีความเร็ว และมีอัตราเร่ง โดยไม่คำนึงถึงแรงที่เกี่ยวข้อง

2. คินติกส์ (Kinetics) หมายถึงการศึกษาถึงการเคลื่อนไหวที่มีแรงมาเกี่ยวข้องซึ่งเป็นสาเหตุของการเคลื่อนไหว (กานดา ใจภักดี และ ชูศักดิ์ เวชแพทย์, 2524; Hay, 1985)

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ทางการกีฬา เป็นการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหว เพื่อนำมาปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพในเชิงกีฬาคีขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นสังเกตด้วยตาเปล่า (Noncinematographic analysis) เป็นการมองด้วยสายตา และเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวเพื่อสังเกตท่าทางว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้องอย่างไร และอะไรน่าจะเป็นสาเหตุของความไม่สมบูรณ์ของการเคลื่อนไหวในทักขณะนั้น ๆ เช่น จะเข้าวอลเลย์ลูกบอล แต่ผิดตำแหน่งในการวางเท้า จึงทำให้ลูกบอลนั้นเหินลอยข้ามคานไป ซึ่งจะเห็นว่าการมองด้วยสายตาและรู้จักสังเกตก็สามารถบอกได้ว่า ลูกเหินข้ามคานไปเพราะเหตุใด

2. ขั้นใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพ (Basic cinematographic analysis) ขั้นนี้จะเริ่มมีการใช้อุปกรณ์อย่างง่าย ๆ เช่น กล้องถ่ายภาพนิ่ง กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว (V.D.O.) เพื่อนำรูปภาพในขณะนั้น ๆ มาวิเคราะห์อย่างง่าย เนื่องจากบางครั้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนั้น เราต้องการดูอีกครั้งหนึ่งเพื่อความแน่ใจ หรือสามารถให้ผู้อื่นบันทึกภาพให้เพื่อนำมาศึกษาภายหลัง

3. ขั้นอุปกรณ์ขั้นสูง (Intermediate cinematographic analysis) อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนนี้อย่างน้อยต้องเป็นเครื่องบันทึกภาพเคลื่อนไหวที่มีความเร็วในการจับภาพได้มาก หรือ เราเรียกว่า กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูง (high speed V.D.O.) สามารถจับภาพได้เร็วและแม่นยำ และนำภาพมาวิเคราะห์คำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนไหว มุมการเคลื่อนไหว มุมการเคลื่อนที่ มีการเตรียมอุปกรณ์แสง เสียง

4. ขั้นวิจัย (Biomechanics research) ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ เช่น คอมพิวเตอร์, เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในขั้นนี้ต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเป็นพิเศษ ส่วนมากจะอยู่ในห้องทดลองชีวกลศาสตร์โดยเฉพาะ อาจจะนำเอาขั้นที่ 2 และ 3 มาทำการวิเคราะห์ในขั้นนี้ได้ (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2536)

การศึกษาการเคลื่อนไหวในสภาพการณ์การกีฬา โดยใช้จากกล้องถ่ายภาพเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ได้อย่างแพร่หลายซึ่งกระทำโดยผู้ฝึกสอน หรือนักวิจัยโดยให้ข้อมูลที่ถูกต้อง เทียงตรง ดังนั้นความเร็วของร่างกายในขณะที่เคลื่อนไหว สามารถทราบได้จากภาพถ่ายฟิล์มภาพยนตร์ (Hay, 1985) นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาได้จากการใช้การบันทึกภาพจากวิดีโอ (Video) ที่มีความเร็วสูง

เนื่องจากการเคลื่อนไหวในสภาพการณ์การกีฬา เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนสายตาของมนุษย์ ไม่สามารถมองได้ทัน ดังนั้นเพื่อให้ผู้วิเคราะห์สามารถเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น และให้ข้อแก้ไข เพื่อปรับปรุงส่งเสริมทักษะต่าง ๆ เหล่านี้ให้สูงขึ้น ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดขั้นตอน ในการวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ไว้ล่วงหน้า ดังต่อไปนี้ (Nortrip et al., 1983)

1. การทำความเข้าใจถึงลักษณะการแสดงความสามารถของทักษะ และเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในการแสดงทักษะ ซึ่งจะสามารถทำให้ปรับปรุงความสามารถในการแสดงทักษะได้เหมาะสม ต้องใช้ทั้งศิลปะในการถ่ายทอด และวิทยาศาสตร์ในการประยุกต์ความรู้สู่การปฏิบัติ

2. การแบ่งขั้นตอนของการแสดงทักษะ เพื่อให้เข้าใจถึงลำดับก่อนหลังในการวิเคราะห์ โดยทั่วไปการแสดงทักษะอาจแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 ทำขึ้น (Stand)

2.2 ระยะเวลาเตรียม (Preparation phase)

2.3 ระยะเวลาการเคลื่อนไหว (Movement phase)

2.4 ระยะเวลาติดตามการเคลื่อนไหว (Follow-through phase)

2.5 ระยะเวลาฟื้นตัวกลับสู่ปกติ (Recovery phase)

การแบ่งขั้นตอนของการแสดงทักษะออกเป็นระยะต่าง ๆ นั้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตามลำดับของระยะเวลา และในกีฬาประเภทหนึ่ง ๆ สามารถใช้คำศัพท์ที่สื่อความหมายที่ชัดเจนกว่าขั้นตอนที่แบ่งออกดังกล่าว เช่น การแสดงทักษะกระโดดน้ำ ระยะเวลาอาจเรียกเป็นระยะกระโดด และระยะเวลาการเคลื่อนไหว อาจเรียกเป็นระยะของการลอยตัวก็ได้

3. การวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ เพื่อกำหนดการวิเคราะห์ทักษะการเคลื่อนไหวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพว่ามีประสิทธิภาพ หรือคือประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว โดยอาศัยหลักชีวกลศาสตร์ เช่น ในเรื่องของความเร็ว แรง หรือแรงในเชิงเส้น โค้ง เป็นต้น

4. การวิเคราะห์เชิงกายภาพ การวิเคราะห์ทักษะการเคลื่อนไหวจะต้องคำนึงถึงความรู้ของทั้งด้านชีวกลศาสตร์ และกายวิภาค ในด้านของปัญหาที่ต้องการแก้ไขจากการเคลื่อนไหว และทำไมถึงไม่มีประสิทธิภาพ ในการแก้ปัญหานั้นจะต้องเข้าใจลักษณะทางกายวิภาคของร่างกาย เช่น ข้อต่อที่เคลื่อนไหว อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาที่จะทำให้พัฒนาทักษะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การวิเคราะห์ที่ซับซ้อนของการแสดงความสามารถ การสังเกตแบบนี้อาจทำได้ทั้งในระนาบ หน้า- หลัง ซ้าย-ขวา หรือขนานขอบฟ้า เมื่อมีการวิเคราะห์จากฟิล์มภาพยนตร์ จะต้องพยายามให้ได้ข้อมูลในหลายลักษณะ ซึ่งเป็นเรื่องยากในการวิเคราะห์เช่นนี้ ตัวอย่างข้อมูลที่ต้องศึกษาจากฟิล์มภาพยนตร์ เช่น

5.1 จุดศูนย์กลางของร่างกาย

5.2 ฐานที่รองรับ

5.3 ศีรษะและแนวของกระดูกสันหลัง

5.4 อวัยวะส่วนบน เช่น หัวไหล่ ข้อศอกและข้อมือ

5.5 อวัยวะส่วนล่าง เช่น สะโพก หัวเข่า หน้าแข้ง และข้อเท้า

6. กำหนดปัญหาของการแสดงทักษะความสามารถ ควรมีการกำหนดปัญหาไว้ให้ชัดเจน โดยประเมินจากทักษะที่สมบูรณ์ตามหลักของกายวิภาคและชีวกลศาสตร์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบอ้างอิงกับทักษะของนักกีฬาที่แตกต่าง ข้อบกพร่อง และปัญหาที่สำคัญควรจะนำมาพิจารณาเป็น เบื้องแรก

7. การให้คำปรึกษา หรือสอนหลังจากการวิเคราะห์ปัญหา ของการแสดงความสามารถได้แล้ว โดยไม่ใช้การคาดเดา แต่กระทำโดยหลักวิชาการ การสื่อสารกับนักกีฬาหรือนักเรียนควรหลีกเลี่ยงการเน้นในสิ่งที่ไม่ถูกต้องในแง่ลบ ควรสอนวิธีการที่ถูกต้อง และไม่ควรสอนหลาย ๆ จุดควรเน้นการแก้ไขทีละจุด

กล่าวโดยสรุป การวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหว สามารถกระทำได้จากการวัด โดยใช้เทคนิคทางตรงและทางอ้อม คือ

1. เทคนิคการวัดทางตรง (Direct measurement technique) ประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องมือของข้อต่อ (Goniometer) และเครื่องวัดความเร็ว (Accelerometer)

2. เทคนิคการวัดทางอ้อม (Indirect measurement technique) ประกอบด้วยการใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ (Cinematography) วิดีทัศน์ (Video) และเทคนิคของแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic technique)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งวิธีการวัดกิจกรรมตามมิติของการเคลื่อนไหว ได้ดังนี้

1. การวัด 1 มิติ (One-dimensional measurement) เป็นการวัดระยะการเคลื่อนไหว โดยรายงานค่าที่ได้เป็นระยะทางสูงสุดที่เคลื่อนไป (มิลลิเมตรหรือเซนติเมตร) หรือช่วงการเคลื่อนไหวสูงสุดของข้อต่อ (องศา) ในสถานการณ์การกีฬาจะไม่ใช้วิธีนี้

2. การวัด 2 มิติ (Two-dimensional measurement) เป็นการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่เกิดขึ้น ขณะมีการเคลื่อนไหวในแต่ละระนาบของการเคลื่อนไหว อาจรายงานเป็นค่าเริ่มต้นหรือค่าสุดท้ายของการเคลื่อนไหวนั้น ๆ ซึ่ง การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถทำได้โดยใช้กล้องวิดีโอ 1 ตัว เช่น การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก เข่าและข้อเท้า ของลำตัวซีกขวา ในขณะที่ยกน้ำหนัก

3. การวัด 3 มิติ 1 ด้าน (Three-dimensional single side measurement) เป็นการวัดระยะมุมที่เกิดขึ้นขณะมีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจริงในสามมิติ หรือวัดเทียบกับระนาบ ซ้าย-ขวา (Sagittal)

หน้า-หลัง (Frontal) และขนานขอบฟ้า (Transverse) ซึ่งการเคลื่อนไหวใน 1 ระนาบอาจสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในอีก 2 ระนาบที่เหลือ และสามารถรายงานค่าการเปลี่ยนแปลงของระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ หรือมุมของการเคลื่อนไหวโดยจะศึกษาเพียงด้านใดด้านหนึ่งของ ร่างกาย โดยใช้กล้อง 2 ตัว เช่นการศึกษาการเคลื่อนไหวของแขน และลำตัวด้านขวา ในขณะที่ นักกีฬาตีลูก เทเบิลเทนนิสโดยใช้มือขวาจะมีการเคลื่อนไหวของแขนในลักษณะหมุนแขน หรือหมุนลำตัวร่วมด้วย ถ้าใช้กล้อง 1 ตัว (Two-dimensions analysis) อาจทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวที่ออกนอกระนาบได้

4. การวัด 3 มิติ 2 ด้าน (Three-dimensional double side measurement) เป็นการวัดระยะหรือมุมที่เกิดขึ้น ขณะมีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจริงในสามมิติเช่นกัน โดยศึกษาลักษณะลำตัวทั้งสองข้างในเวลาเดียวกันที่ต้องใช้กล้อง 4 ตัวขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ศึกษาลักษณะการวิ่งในเวลาเดียวกันของลำตัว ซีกซ้ายและขวาพร้อมกัน ศึกษาลักษณะการหมุนตัว และการเหวี่ยงแขนในขณะตีกอล์ฟ (รุ่งทิwa วจิตละฐิติ, 2537)

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยศึกษาจากการถ่ายภาพยนตร์ หรือวิดีโอ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยใช้กล้องที่มีความเร็วสูง สามารถปรับความเร็วของฟิล์มจาก 10 ถึง 500 ภาพต่อวินาที ซึ่งสามารถทำให้ได้ข้อมูลในสถานการณ์กีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Northrip et al., 1983) นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบต่าง ๆ เพื่อช่วยให้วิเคราะห์การเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว เช่น มอนิเตอร์ในการดูภาพการเคลื่อนไหว คอมพิวเตอร์ในการกำหนดจุดตำแหน่งของการเคลื่อนไหว แผ่นรับแรง (Force platform) และเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyograph) อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

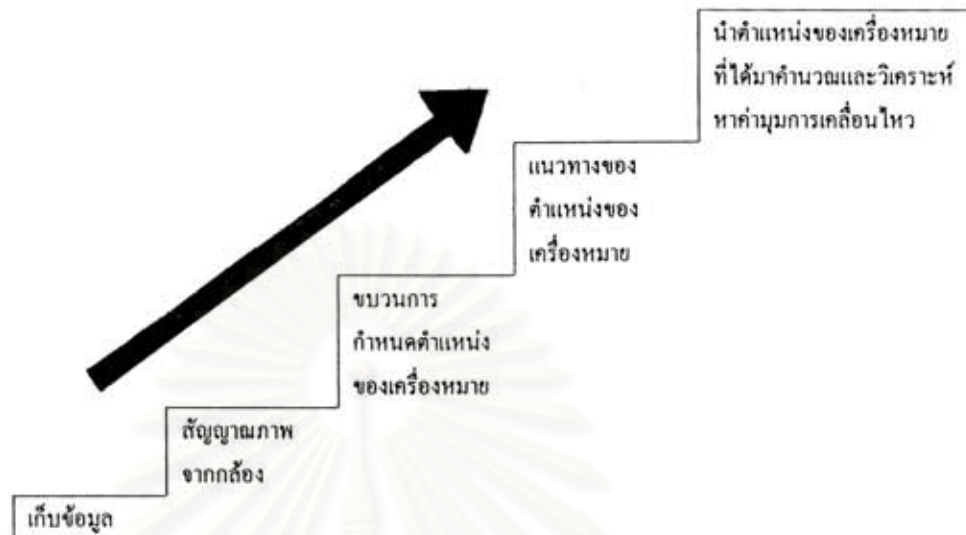
การทำงานของเครื่องมือการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวจะต้องประกอบไปด้วยขั้นตอน ในการบันทึกภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลและกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ (รุ่งทิwa วจิตละฐิติ, 2537)

ขั้นแรกคือการตรวจสอบเครื่องมือ (System calibration) วิธีการนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง และจะต้องทำการ หาค่าความเที่ยงตรงนี้ก่อนการเก็บข้อมูลทุกครั้ง และห้ามเคลื่อนย้ายและปรับตำแหน่งของกล้อง ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายกล้อง จะต้องทำการหาความเที่ยงตรงนี้ใหม่

ขั้นที่สอง คือ การเก็บข้อมูล (Data collection) เป็นขั้นตอนให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลดิบ (Raw data) เช่น สัญญาณภาพจากกล้อง ในการกำหนดตำแหน่งของมาร์คเกอร์ (Marker identification) เพื่อทราบการเคลื่อนไหวของตำแหน่งของอวัยวะร่างกายที่ต้องการการวิเคราะห์

ขั้นที่สาม คือ การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) คือการคำนวณค่ามุมของข้อต่อ ความเร็ว และอัตราเร่งที่ต้องการศึกษา

## ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analyser)



ภาพที่ 1.1 แสดงหลักการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์

การตั้งกล้องเพื่อถ่ายภาพในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ความสูงของกล้อง ควรจะตั้งกล้องให้มีความสูงเป็นครึ่งหนึ่งของภาพที่ต้องการเก็บข้อมูล เช่น ขณะถ่ายภาพนักมวย ความสูงของกล้องจะต้องประมาณ 1 เมตร
2. ระยะห่างจากกล้องถึงตำแหน่งที่จะวัดการเคลื่อนไหว ถ้าถ่ายอยู่กับที่ เช่น ขณะชกมวยจะตั้งกล้องห่างเป็นระยะ 5-6 เมตร โดยให้เห็นตำแหน่งของเครื่องหมายที่ติดอย่างชัดเจน ถ้าเป็นที่เคลื่อนที่ กล้องจะทำมุมต่างกันมาก เพื่อให้เก็บภาพการเคลื่อนไหวได้ทั้งหมด
3. การซูมเพื่อดึงภาพให้ใกล้หรือไกล
4. ความคมชัดของภาพโดยปรับเลนส์กล้องให้เหมาะสม
5. แสงสว่าง ควรให้เพียงพอและพอดี ไม่มากและไม่น้อยเกินไป เพื่อให้ภาพที่มีคุณภาพ

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องถ่ายนี้ จะต้องทำโดยติดเครื่องหมายที่ตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย เพื่อแบ่งส่วนของร่างกายที่ต้องการวิเคราะห์ ส่วนใหญ่มักจะติดเครื่องหมาย ที่ตำแหน่งปุ่มกระดูก เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของผิวหนังบนปุ่มกระดูกน้อยกว่าการเคลื่อนที่ของ ผิวหนังบนกล้ามเนื้อ ตำแหน่งที่นิยมติดเครื่องหมายได้แก่ หัวไหล่ (Acromion process) ข้อศอก (Lateral epicondyle) ข้อมือ (Ulnar styloid process) กระดูกเชิงกราน (Anterior superior iliac spine) ข้อเข่า (Lateral condyle of femur) กระดูกข้อเท้า (Lateral malleolus) และหัวกระดูกนิ้วเท้าอันที่ 2 และ 5 (Metatarsal bone)

การคิดเครื่องหมายที่อวัยวะต่าง ๆ นั้น จะต้องพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำมาศึกษาและวิเคราะห์ได้ตามต้องการ และมาร์คเกอร์ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดตามรูปร่าง ดังนี้

1. เครื่องหมายที่มีรูปร่างแบน (Flat marker) เช่น การใช้เทปขาวหรือเทปสะท้อนแสง หรือใช้ปากกาเขียนตำแหน่งลงบนผิวหนัง
2. เครื่องหมายที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม (Shaped marker) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน โดยทั่วไปมีขนาด ตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรถึง 2.5 เซนติเมตร
3. เครื่องหมายที่มีก้านหรือแกน (Stalk - marker) เป็นเครื่องหมายที่มีก้านหรือแกนต่อออกมาจากตัวเครื่องหมายที่เป็นทรงกลมหรือแบน (รุ่งทิวา วัจฉลฐิติ, 2537)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ

เพ็ญประภา เข้มแดง (2518) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวนักมวยไทย โดยศึกษาถึงรีแอกชันไทม์ (Reaction Time) และแรงกระทบของอาวุธ หมัด ศอก และเตะ ผู้ถูกทดลองเป็นนักมวยอาชีพจากค่ายมวยต่างๆจำนวน 20 คน และคนธรรมดา 20 คน ผู้ถูกทดลองจะต้องทำท่า 3 ท่า คือ หมัด ศอก และ เตะ แต่ละท่าทำ 3 ครั้ง แยกเป็นชายและชวาวัดรีแอกชันไทม์ด้วยเครื่องวัดเวลาอิเล็กทรอนิกส์ วัดแรงกระทบด้วยไคนาโมมิเตอร์ นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันระหว่างนักมวยกับคนธรรมดา ซึ่งน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน พบว่า รีแอกชันไทม์เฉลี่ยของหมัด ใช้เวลา 1.07 วินาที ซ้ำกว่าบุคคลธรรมดาซึ่งมีค่า 0.92 วินาที ศอกมีค่าเฉลี่ย 0.99 วินาที บุคคลธรรมดา 0.89 วินาที เตะ นักมวยมีค่าเฉลี่ย 1.22 วินาที บุคคลธรรมดา 1.17 วินาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในด้านแรงกระทบนักมวยมีค่าเฉลี่ยของหมัด 223.35 กก. บุคคลธรรมดามีค่า 221.10 กก. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ศอก บุคคลธรรมดาหนักกว่านักมวย นักมวยเตะได้แรงกว่าคนธรรมดา และเมื่อเปรียบเทียบกับนักมวยในน้ำหนักที่ต่างกันในด้านแรงกระทบ พบว่า นักมวยที่มีน้ำหนักตัวน้อย มีแรงกระทบน้อยกว่านักมวยที่มีน้ำหนักตัวมาก

อรรณนิษฐ์ สันทัดสำรวจการณ์ (2531) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ตามหลักกลศาสตร์ของการยิงประตูโทษบาสดกบอลแบบยืนยิงมือเดียว โดยใช้การบันทึกเทปโทรทัศน์ และใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสดกบอลชายที่ทำคะแนนได้สูงสุดในการแข่งขันกีฬาวิทยาลัยพลศึกษา ครั้งที่ 13 จำนวน 10 คน โดยบันทึกผลการทดสอบที่สัมฤทธิ์ผลและไม่สัมฤทธิ์ผล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าฐานนิยมและค่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคลและรวมทั้งกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าฐานนิยมมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อศอก และข้อมือ ขณะทำการยิงประตูโทษบาสดกบอลที่สัมฤทธิ์ผลของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล มีค่าอยู่ระหว่าง 53-75 องศา 91.9-121 องศา 74-135 องศา 48-93 องศา และ 26-132 องศา ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สัมฤทธิ์ผลมีค่าอยู่ระหว่าง 52-73 องศา 87-149.2 องศา 56-140 องศา 40-91.4 องศา และ 22-136 องศา ตามลำดับ และค่าฐานนิยมที่สัมฤทธิ์ผลของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งกลุ่มมีค่าเท่ากับ 53, 115, 100, 65 และ 130 องศา ตามลำดับ

2. ค่าพิสัยมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อไหล่ ข้อศอก และข้อมือ ขณะทำการยิงประตูโทษบาสดกบอลที่สัมฤทธิ์ผลของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคลมีค่าอยู่ระหว่าง 4-30 องศา 4-26 องศา 4-17 องศา 3-15 องศา และ 7-21 องศา ตามลำดับ ส่วนค่าพิสัยที่ไม่สัมฤทธิ์ผลมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 องศา 0-34 องศา 0-27 องศา 0-22 องศา และ 0-18 องศา ตามลำดับ และค่าที่สัมฤทธิ์ผลของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งกลุ่ม มีค่าเท่ากับ 38, 42, 75, 56 และ 116 ตามลำดับ



สิทธิพันธ์ สโมทัย (2532) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของการกระโดดไกล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความเร็วของการวิ่ง มุมของการยกเข้าในขณะวิ่ง มุมของขาและลำตัวในขณะถีบตัวออกจากกระดานเริ่ม และมุมของการกระโดด กลุ่มตัวอย่างคือ ตัวแทนนักกรีฑากระโดดไกลชาย ของสถาบันอุดมศึกษาทั้งของรัฐและเอกชน ซึ่งเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 12 คน เรียงตามลำดับผลการแข่งขัน แล้วจัดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 4 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำเทปบันทึกภาพการแข่งขันมาวิเคราะห์ แล้วนำข้อมูลที่ได้อมาหาค่าพิสัยและมัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าพิสัยและมัชฌิมเลขคณิตของความเร็วของการวิ่งในช่วง 40 เปอร์เซ็นต์ และ 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการกระโดดไกลอยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.29, 5.67, 1.17, 9.18, 0.99, 5.65, 1.01, 9.08, 1.19, 5.74, 1.45 และ 8.57 เมตร/วินาที ตามลำดับ
2. ค่าพิสัยและมัชฌิมเลขคณิตของมุมการยกเข้าในขณะวิ่งในช่วง 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการกระโดดไกลอยู่ในระดับสูง ปานกลาง ต่ำ มีค่าเท่ากับ 15, 67, 79, 75, 15, 64.25, 8, 76, 22, 67.59 และ 81.25 องศา ตามลำดับ
3. ค่าพิสัยและมัชฌิมเลขคณิตของมุมของขาและลำตัว ในขณะถีบตัวออกจากกระดานเริ่มของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการกระโดดไกลในระดับสูง ปานกลาง ต่ำ มีค่าเท่ากับ 13, 53.25, 14, 83.75, 9, 60.5, 13, 78.75, 18, 55.25, 12 และ 84.75 องศา ตามลำดับ
4. ค่าพิสัยและมัชฌิมเลขคณิตของมุมการกระโดด ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถในการกระโดดไกลอยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าเท่ากับ 8, 23, 8, 24.25, 4 และ 24.25 องศา ตามลำดับ

ธเนศ กุลเทศ (2534) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงมุมของลูกบอล มุมของข้อไหล่และข้อมือขณะปล่อยลูกบอลกับความเร็วของลูกบอลและความแม่นยำในการโยนลูกบอลแบบควงแขนของผู้โยนลูก ในกีฬาซอฟท์บอลประเภทโยนเร็ว กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักกีฬาซอฟท์บอลชายจำนวน 30 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเทปโทรทัศน์และบันทึกคะแนน นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ วิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบเพิ่มตัวแปรเป็นขั้น ๆ ทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยค่า “ที” และค่า “เอฟ” ผลการวิจัยพบว่า

1. ความเร็วของลูกบอลมีความสัมพันธ์กับทุกตัวแปร ส่วนความแม่นยำในการโยนลูก ไม่มีความสัมพันธ์กับมุมของข้อมือ แต่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นที่เหลือ

2. อัตราเร็วเชิงมุมของลูกบอล มุมของข้อไหล่และข้อมือสามารถทำนายความเร็วของลูกบอล และความแม่นยำในการโยนลูก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ( $r = .9355$ ) และ ( $r = .5370$ ) ตามลำดับ
3. ตัวแปรที่สำคัญที่สามารถทำนายความเร็วของลูกบอลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คือ อัตราเร็วเชิงมุมของลูกบอลและมุมของข้อมือ ตามลำดับ
4. ตัวแปรที่สำคัญที่สามารถทำนายความแม่นยำในการโยนลูกบอลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คือ อัตราเร็วเชิงมุมของลูกบอล

อรรถพล เพ็ญสุภา (2535) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการกระโดดสูงแบบ ฟอสบิวรี ฟลิป สำหรับนักกระโดดสูงไทย กลุ่มตัวอย่างคือ นักกระโดดสูงชายจำนวน 34 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามระดับทักษะคือ กลุ่มทั่วไป 10 คน กลุ่มนักกีฬามหาวิทยาลัย 10 คน กลุ่มนักกีฬาเขต 10 คน และกลุ่มนักกีฬาทิมชาติ 4 คน ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอความเร็วสูง 60 ภาพต่อวินาที นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการทดสอบภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว แบบเซฟเฟ ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มนักกีฬาทิมชาติมีความเร็วแนวราบในการวิ่งเข้าหาที่หมาย 3 ก้าวสุดท้ายมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
2. กลุ่มนักกีฬาทิมชาติมีความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
3. กลุ่มนักกีฬาทิมชาติ ใช้เวลาในการกระโดดที่จุดกระโดดน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
4. มุมข้อเท้าที่ใช้ขึ้นพื้น กลุ่มนักกีฬาทิมชาติมีค่ามากที่สุด มุมข้อเท้าข้างอิสระ กลุ่มนักกีฬาเขตมีค่ามากที่สุด มุมเข่าของขาที่ใช้ขึ้นพื้น ทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน มุมเข่าของขาที่อิสระ กลุ่มทั่วไปมีค่ามากที่สุด มุมศอกด้านซิดไม้พาด กลุ่มทั่วไปมีค่ามากที่สุด และมุมข้อศอกด้านนอก กลุ่มทั่วไปมีค่ามากที่สุด
5. จุดศูนย์กลางร่างกายที่จุดกระโดดต่ำกว่า ข้อมกระดูก ได้สูงกว่า
6. ทางเดินของจุดศูนย์กลางของร่างกายของทุกกลุ่มเป็นเส้นโค้ง แบบพาราโบลา
7. กลุ่มทิมชาติมีความอ่อนตัวมากกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการกระโดดตะของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน
8. รูปแบบการฝึกซ้อม การกระโดดสูง มี 2 รูปแบบคือ
  - 8.1 การฝึกซ้อมที่ไม่มีการกำหนดตารางที่แน่นอน
  - 8.2 การฝึกซ้อมที่มีการกำหนดตารางที่แน่นอน

ภัทรพร เทพจิตรวรา (2536) ได้ศึกษาชีวกลศาสตร์ของเทคนิค การยกน้ำหนักท่าสแนทช์ ของนักยกน้ำหนักไทยจำนวน 22 คน โดยแบ่งเป็นทักษะสูง 11 คน ในระดับชาติ และทักษะต่ำ 11 คน อยู่ในระดับกีฬาแห่งชาติใช้เครื่องวิดีโอบันทึกภาพ และโปรแกรมการวิเคราะห์ PEAK 2 D Motion Analysis System และแผ่นวัดแรง (Force platform) จากการศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวพบว่า กลุ่มนักยกน้ำหนักทักษะสูงมีประสิทธิภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มทักษะต่ำเมื่อเพิ่มน้ำหนักเป็น 50 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM. พบว่ากลุ่มทักษะสูงใช้เวลาในการยกน้ำหนักเร็วกว่า มีการเพิ่มการเหยียดเข่าและสะโพก ความเร็วของเข่าและสะโพกในช่วงดึงน้ำหนักขึ้นมากกว่า ส่วนขณะย่อตัวผลักดันน้ำหนักขึ้น มีการเพิ่มการงอเข่า สะโพก แต่ลดความเร็วของข้อต่อ

ภาณุวัตร นุชอุคม (2536) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเซปักคตะกร้อทีมชาติไทย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเซปักคตะกร้อก่อนการฝึกซ้อม ระหว่างการฝึกซ้อม และหลังการฝึกซ้อม กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเซปักคตะกร้อทีมชาติไทย ที่เข้าร่วมการแข่งขันเซปักคตะกร้อชิงถ้วยพระราชทานคิงส์คัพครั้งที่ 10 จำนวน 12 คน ทำการทดลองโดยให้นักกีฬาฝึกซ้อมเซปักคตะกร้อตามโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬาเซปักคตะกร้อ ของสมาคมคตะกร้อแห่งประเทศไทย เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาทดสอบสมรรถภาพทางกายซึ่งมี 12 รายการ คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตที่หัวใจบีบตัวขณะพัก ความจุปอด ความอ่อนตัว เวลาปฏิบัติริยาตอบสนอง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน พลังกล้ามเนื้อขา (ขึ้นกระโดดไกล) สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด โดยทดสอบ ก่อนการฝึกซ้อม ระหว่างการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังสิ้นสุดการฝึกซ้อมสัปดาห์ที่ 6 แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของคูเกี เอ ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัยพบว่า

สมรรถภาพทางกายทางด้านอัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัว, ความจุปอด, ความอ่อนตัว, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา, พลังกล้ามเนื้อขา (ขึ้นกระโดดไกล) และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นสมรรถภาพทางกายทางด้านปฏิบัติริยาตอบสนอง, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าอก, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วัชรินทร์ ปรากฏศิลป์ (2536) ได้วิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์หมัดที่น็อกเอาท์ ของเขาทราย แกแล็คซี่ ในการชกมวยห้องกันตำแหน่งแชมป์โลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรทางคินแมติกส์ และวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของหมัดที่น็อกเอาท์ของ เขาทราย แกแล็คซี่ จำนวน 59 หมัด ประกอบด้วยหมัดสุกซ้าย 14 หมัด สุกขวา 11 หมัด อับเปอร์คัตซ้าย 10 หมัด อับเปอร์คัตขวา 4 หมัด ซ้ายตรง 9 หมัด หมัดขวาตรง 14 หมัด หมัดสวิงซ้าย 3 หมัด หมัดสวิงขวา 4 หมัด เก็บข้อมูลจากเทปบันทึกโทรทัศน์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะทาง ระยะเวลา ความเร็ว และความเร่งของหมัดที่น็อกเอาท์ ผลการวิจัยพบว่า

ก. ตัวแปรทางด้านคินแมติกส์

1. หมัดสุกซ้าย ระยะทางเฉลี่ย 80.90 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.15 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 5.49 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 39.92 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
2. หมัดสุกขวา ระยะทางเฉลี่ย 73.33 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.14 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 5.32 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 39.65 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
3. หมัดอับเปอร์คัตซ้าย ระยะทางเฉลี่ย 55.23 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.15 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 4.27 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 38.32 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
4. หมัดอับเปอร์คัตขวา ระยะทางเฉลี่ย 58.84 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.18 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 3.42 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 20.08 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
5. การชกหมัดซ้ายตรง ระยะทางเฉลี่ย 79.25 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.18 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 4.59 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 27.80 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
6. การชกหมัดขวาตรง ระยะทางเฉลี่ย 77.12 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.21 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 3.74 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 18.19 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
7. การชกหมัดสวิงซ้าย ระยะทางเฉลี่ย 122.06 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.16 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 7.73 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 51.28 เมตร/วินาที<sup>2</sup>
8. การชกหมัดสวิงขวา ระยะทางเฉลี่ย 128.45 ซม. ระยะเวลาเฉลี่ย 0.15 วินาที ความเร็วเฉลี่ย 8.59 เมตร/วินาที และความเร่งเฉลี่ย 58.45 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ข. ด้านการเคลื่อนไหวตามหลักชีวกลศาสตร์

เขาทราย แกแล็คซี่ เป็นนักมวยถนัดซ้าย ดังนั้นจะต้องก้าวเท้าขวานำหน้าเท้าซ้ายแขนขวา ยกอยู่ข้างหน้าแขนซ้าย หัวไหล่ขวาอยู่หน้าไหล่ซ้าย การใช้หมัดที่น็อกเอาท์ทุกหมัดจะหมุนตัวและสะโพกไปตามแรงเหวี่ยงของหมัด ซึ่งการกระทำเช่นนี้เป็นลักษณะการทำงานของเครื่องผ่อนแรงแบบล้อและเพลานิกที่ 2 โดยมีกระดูกสันหลังเปรียบเสมือนเพลาลูกโลกและกระดูกสะบักเปรียบเสมือนล้อ ทำให้เสียเปรียบเชิงกลในแง่ของแรง แต่ได้เปรียบเชิงกลในแง่ของระยะทาง

และความเร็ว ในขณะที่ชก เขาทรายจะถ่ายน้ำหนักตัวจากเท้าที่อยู่หลังไปยังเท้าที่อยู่หน้า และทิ้งน้ำหนักของหัวไหล่ไปด้านหน้า ทำให้การชกมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ศุภล อริยสังคีตกุล (2538) ได้ทำการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการชกมวยสากล ซึ่งมีจะประสงค์ที่จะศึกษาและวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในด้าน กิเนแมติกส์ และกิเนติกส์ 3 มิติ ของการชกมวยสากล กลุ่มตัวอย่างคือ นักมวยสากลจำนวน 20 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับทักษะคือ กลุ่มแชมป์เียนโลก 2 คน กลุ่มนักกีฬาทีมชาติ 9 คน และกลุ่มนักกีฬามหาวิทยาลัย 9 คน บันทึกการชกหมัดต่าง ๆ คือ ชีนชกขวาตรง เดินชกขวาตรง สุก อปเปอร์คัต ชีนแย็บซ้าย และเดินแย็บซ้าย โดยใช้กล้องถ่ายภาพที่มีความเร็วสูง 100 ภาพต่อวินาที ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มแชมป์เียนโลกมีหมัดสุก และอปเปอร์คัตที่มีแรงกระทบสูงสุด และแตกต่างจากกลุ่มนักกีฬาทีมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ชีวกลศาสตร์ และการสัมภาษณ์ พบว่า กลุ่มแชมป์เียนโลกมีการฝึกซ้อมที่หนัก และยาวนานกว่า มีความยาวเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อหน้าแขนท่อนบนขณะเบ่งเต็มที่ และความยาวของแขนมากที่สุด มีการชกหมัดโดยใช้เท้าค้ำพื้น ถ่ายน้ำหนักตัว เพื่อส่งแรงไปสู่หมัด และมีการใช้เครื่องผ่อนแรงในร่างกาย โดยการหมุนลำตัวเพื่อให้ได้เปรียบเชิงกล ขนาดของมุมของร่างกาย คือข้อมือ ข้อศอก หัวไหล่ สะโพก และหัวเข่า ก่อนชกหมัด มีค่า 170 63 35 158 และ 160 องศา ตามลำดับ และขณะหมัดกระทบเป่ามีค่า 165 160 (ยกเว้นหมัดสุก และหมัดอปเปอร์คัตซึ่งมีมุม 135 และ 100 องศา ตามลำดับ) 100 (ยกเว้นหมัดอปเปอร์คัตซึ่งมีมุม 80 องศา) 160 และ 165 องศา ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบการชกหมัดต่าง ๆ ของกลุ่มแชมป์เียนโลก กลุ่มนักกีฬาทีมชาติ และกลุ่มนักกีฬามหาวิทยาลัย พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้

2.1 หมัดชีนชกขวาตรง กลุ่มแชมป์เียนโลกมีมุมเริ่มต้นของหัวไหล่มากที่สุด และกลุ่มนักกีฬาทีมชาติมีมุมเริ่มต้นของสะโพกมากที่สุด

2.2 หมัดเดินชกขวาตรง กลุ่มนักกีฬาทีมชาติใช้เวลาในการชกหมัดน้อยที่สุด

2.3 หมัดสุก กลุ่มแชมป์เียนโลกมีแรงกระทบจากการชกหมัดมากที่สุด

2.4 หมัดอปเปอร์คัต กลุ่มแชมป์เียนโลกมีแรงกระทบจากการชกหมัดมากที่สุด และมีมุมเริ่มต้นของข้อศอกมากที่สุด

2.5 หมัดเดินแย็บซ้าย กลุ่มนักกีฬาทีมชาติใช้เวลาจากการชกหมัดน้อยที่สุด

สุวัตร สิทธิหล่อ (2541) ได้ศึกษาวิเคราะห์ความเร็วของเท้าในการเสิร์ฟของนักกีฬาเซปักตะกร้อชายทีมชาติไทยในการแข่งขันกีฬาเอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 13 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้กล้องดิจิตอลที่มีความเร็ว 50 เฟรมต่อวินาที จำนวน 2 กล้อง บันทึกภาพการเคลื่อนไหวและใช้โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของเครื่องมือวิเคราะห์การเคลื่อนไหวภายใต้เครื่องหมายการค้าพีเคเปอร์ฟอร์มแมนส์เทคโนโลยี (Peak Performance Technology) รุ่ม โมตัส (Motus) จากการศึกษาวิจัยพบว่า ความเร็วของเท้าในการเสิร์ฟตะกร้อ ณ จุดกระทบลูกตะกร้อ มีความเร็วเฉลี่ย 10.95 เมตรต่อวินาที

## 7. งานวิจัยต่างประเทศ

แอทวอเตอร์ (Atwater, 1970) ได้ศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของการขว้างลูกซอฟต์บอลเหนือศีรษะของชายและหญิงด้วยการวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ จากการขว้างซอฟต์บอลชายที่มีทักษะดี 5 คน หญิง 5 คน และผู้ขว้างหญิงที่มีทักษะระดับปานกลาง 5 คน รวมเป็น 15 คน ทั้งหมดนั้นขว้างลูกด้วยมือขวา ซึ่งคัดเลือกมาจากทีมนักกีฬาของมหาวิทยาลัยวิสคอนซิน (Wisconsin) ศึกษาจากฟิล์มภาพยนตร์ 16 มิลลิเมตร ถ่ายด้วยความเร็ว 64 ภาพ/วินาที จาก 3 ด้าน ด้วยกันคือ ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านบน โดยมีจุดประสงค์ข้อแรกของการศึกษา คือ ค้นหาช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นตรวจวัดความเร็ว และจะได้ผลของความเร็วของมือที่ขว้างลูกบอล จนกระทั่งลูกหลุดจากมืออย่างไร สำหรับข้อนี้พบจากฟิล์มภาพที่ถ่ายจากด้านข้างและด้านบนว่า ควรจะได้เริ่มตรวจสอบกัน ในระหว่างช่วงเวลา .40 วินาที ก่อนที่ลูกซอฟต์บอลจะออกจากมือ และความเร็วสามารถคำนวณได้จากเทคนิคการบันทึกกราฟการเคลื่อนที่ของลูกซอฟต์บอลในมือบนแผ่นกราฟได้ออกมาดังนี้ คือ ชายที่มีทักษะดี 5 คน และหญิงที่มีทักษะดี 1 คน ในช่วงแรกมีความเร็วเพิ่มขึ้นนั้นจะตามมาด้วยความเร็วที่ลดลงเล็กน้อยพอสังเกตได้ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดความเร่งของลูกซอฟต์บอล จนถึงช่วงสุดท้ายที่ลูกซอฟต์บอลหลุดออกจากมือ

จอร์แดน (Jordan, 1973) ได้ศึกษาถึงการเตะของคาราเต้โดยเลือกเทคนิค 6 แบบ ของการใช้แขนและขา รวมถึงการเตะข้าง เตะหลัง เตะแทงข้างหน้า กระแทกมือตรง ฟันมือกลับ และฟันมือในแนวคิ่ง ใช้กล้องถ่ายภาพยนตร์ความเร็วสูงโลแคม (Locam) 16 มิลลิเมตร 2 กล้อง ความเร็ว 200 ภาพต่อวินาที และเครื่องวัดแรงคิ่ง 4 ตัว ติดที่แผ่นโลหะเหล็กที่สูงบนฐานเหล็กใช้ในงานวิจัย ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงของการเตะข้าง การเตะแทงข้างหน้าและการเตะกลับหลังได้ค่า 717, 710 และ 687 แร่งปอนด์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงของการกระแทกมือตรง ฟันมือกลับ และฟันมือในแนวคิ่ง

ได้ค่า 352, 347 และ 322 แรงปอนด์ นอกจากนี้ ยังพบว่า แรงสูงสุดของขาและแขนจะเพิ่มสูงขึ้น โดยการเพิ่มความสูง น้ำหนัก ความยาวของแขนและความยาวของขา

พัทแนม (Patnam, 1981,1983) ได้ศึกษาถึงผลของการเคลื่อนไหวของข้อต่อ 1 ข้อต่อบนการเคลื่อนไหวข้อต่อที่ประชิดกัน ในส่วนของช่วงเหตุการณ์หนึ่งของการเคลื่อนไหวในการโยนลูกฟุตบอลแล้วเตะ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างอัตราความเร็วเชิงมุมของต้นขา และอัตราเร็วเชิงมุมของหน้าแข้งจากการเริ่มเตะจนกระทั่งก่อนที่มุมของหัวเข่าจะทำมุม 90 องศา หลังจากมุมของหัวเข่าเกิน 90 องศา จะเรียกว่าครึ่งหลังของการเคลื่อนไหวในการเตะ อัตราความเร็วเชิงมุมของต้นขาเริ่มลดลงในขณะที่อัตราเร็วเชิงมุมของหน้าแข้งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ก่อนถึงอัตราเร็วสูงสุดเมื่อเท้ากระทบลูกบอล สรุปว่าในครึ่งหลังของการเคลื่อนไหวในการเตะ การลดลงของอัตราเร็วเชิงมุมของต้นขาไม่มีอิทธิพลต่ออัตราเร็วเชิงมุมของหน้าแข้ง

เบย์ และคณะ (Bay et al., 1988) ได้ศึกษาพลังงานที่เกิดขึ้นที่ขาในระหว่างการเตะกลับหลังของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเทควันโด คือนักกีฬาอันดับสูง 2 คน โดยใช้กล้องที่มีความเร็วสูง 100 ภาพต่อวินาที ในการบันทึกและวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า พลังงานขาข้างที่ใช้เตะมีค่าเพิ่มขึ้นมาในระยะแรก ซึ่งพลังงานกลที่เกิดขึ้นจากลำตัวไปสู่ขาข้างที่ใช้เตะ พลังงานจากขาที่นอนบนจะเกิดขึ้นก่อนที่จะงอเข่ามากที่สุด พลังของขาข้างที่เตะจะมีค่าลดลง ก่อนที่จะกระทบ เนื่องมาจากการยังการเหยียดขาข้างที่เตะ โดยไม่ให้ขาเหยียดออกไปเกิดกว่าขีดจำกัดของข้อต่อ สรุปว่าการเตะกลับหลังจะมีลักษณะของการสะสมพลังงานกลที่บริเวณขาที่นอนบน โดยการถ่ายทอดพลังงานจากลำตัวไปสู่ขาจนกระทั่งถึงตำแหน่งการงอเข่ามากที่สุดของขาข้างที่ใช้เตะ

ดันและพัทแนม (Dunn and Putnam, 1988) ศึกษาถึงอิทธิพลการเคลื่อนไหวของขาที่นอนล่างบนการลดความเร็วของต้นขาในการเตะที่ความเร็วแตกต่างกัน 3 ระดับ เมื่อต้นขาลดความเร็วลง ผลของการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่เชื่อมถึงสะโพกยังคงเป็นผลบวกตลอดการเตะ ระหว่างการเคลื่อนไหวนี้ อัตราเร็วเชิงมุมและอัตราเร่งเชิงมุมของหน้าแข้งเป็นผลลบเนื่องจากการลดความเร็วของต้นขา ซึ่งได้ผลสรุปคล้ายกับการวิจัยของพัทแนม (Patnam, 1983) ว่า เมื่อต้นขาลดความเร็ว ในขณะที่เตะจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหวของหน้าแข้ง แทนที่จะมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่เชื่อมถึงสะโพก

ไวท์ทิง (Whiting, 1988) ได้ทำการวิเคราะห์แบบ คิเนแมติกส์ ของการเคลื่อนไหวส่วนบนของร่างกายอย่างแรงในการชกมวย การศึกษาครั้งนี้ศึกษาโดยใช้กล้อง 2 กล้อง ที่สามารถทำให้ภาพกลมกลืนกันได้ และทำการถ่ายภาพนักมวยที่มีความสามารถสูงจำนวน 4 คน ขณะที่แสดงการชกหมัดที่กระสอบที่ใช้ฝึกซ้อมได้มีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ ที่บริเวณหัวไหล่, ข้อศอก, ข้อมือ และนวมของนักมวยแต่ละคน เพื่อใช้ในการคาดประมาณการเปลี่ยนตำแหน่งในแนวเชิงเส้นตรง หรือเชิงเส้นโค้งของตำแหน่งส่วนบนต่าง ๆ ของนักมวยความเร็วเฉลี่ยที่จุดกระทบอยู่ระหว่าง 5.9 ถึง 8.2 เมตรต่อวินาที และความเร็วสูงสุด 8 ถึง 21 เมตรต่อวินาที ที่บริเวณปลายนวมที่กระทบเป้า พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเร็วของหัวไหล่และข้อมือ ความเร็วของข้อศอกเชิงเส้น โค้ง จะพบว่า แตกต่างกันขณะชกหมัดสุก และแย็บ พบความแตกต่างกันประมาณ 2-3 ประการ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้นวมกับการชกมือเปล่า ผลที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนี้ เป็นไปตามลักษณะของประสพการณ์ของนักมวย ซึ่งจะใช้เป็นตัวอย่างของแรงกระทบของหมัด ซึ่งจะสัมพันธ์กับกลไกที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อคู่ต่อสู้

ปาร์ค (Park, 1989) ได้ศึกษาถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดแบบคิเนแมติกส์ (Kinematics) และ คิเนติกส์ (Kinetics) ต่อการเตะ 3 แบบของเทควันโด การเตะด้านหน้า เตะตัดลำตัว (KF) เตะตรงลำตัว (KS) เตะควัดหลัง (KB) โดยใช้แผงรับแรงของ เอ เอ็ม ที ไอ (AMTI) และฟิล์มขนาด 16 มิลลิเมตร ความเร็วหน้ากล้อง 100 ภาพต่อวินาที เพื่อใช้หาค่าแรงปฏิกิริยาที่รองรับเท้าและเครื่องวัดคิเนแมติกส์ ในขณะที่เตะด้านหน้าเวลากระทบที่วัดได้ของการเตะควัดหลัง (KB) 330.0 มิลลิวินาที เร็วกว่าการเตะที่เหลือคือ เตะตรงลำตัว(KS) 350.0 มิลลิวินาที และการเตะตัดลำตัว (KF) 353.8 มิลลิวินาที ค่าเฉลี่ยความเร็วของเท้าขณะกระทบของการเตะแบบควัดหลังเท่ากับ 7.49 เมตรต่อวินาที ซึ่งได้ค่าดีว่าการเตะแบบตรงลำตัวเท่ากับ 7.10 เมตรต่อวินาทีและการเตะแบบควัดหลังเท่ากับ 6.89 เมตรต่อวินาที พลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่ก่อให้เกิดการหมุนของข้อต่อเกิดขึ้นเหมือนกับการหมุนแบบทิศทางเดียวย้อนกลับจากการหดและยืดของข้อต่อ ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงปฏิกิริยาในแนวคิ่งที่รองรับเท้า เท่ากับ 966 นิวตัน เกิดขึ้นตอนเวลาเริ่มหดตัวของสะโพก

นูดสันและไวท์ (Knudson and White, 1989) ได้ทำการวัดแรงของมือในการตีเทนนิสแบบหน้ามือ แรงที่ต้นจะเป็นประโยชน์ในการวัดหาค่าแรงของมือของนักเทนนิสต่างทักษะ 7 คน ขนาดของแรงภายหลังการกระแทกสูงสุดของมือเป็นค่าที่สูง(ระหว่าง 4-309 นิวตัน) มากกว่าแรงก่อนกระแทก (ระหว่าง 5-57 นิวตัน)



โพลเวลล์ (Powell, 1989) ได้ทำการวิเคราะห์ 3 รูปแบบของคาราเต้ในการฟันทิ้งมือกลับและเตะข้าง โดยใช้กล้องความเร็วสูงโบเล็กซ์ (Bolex) ความเร็ว 64 ภาพต่อวินาที และใช้ฉากรับภาพ 31.5 กิโลกรัม รองได้แผ่นรับแรงกระแทก ค่าเฉลี่ยของแรงในการใช้แขน ในท่าดั้งเดิม ท่าดัดแปลงและท่าแบบตะวันตกได้ค่า 239.4, 244.5 และ 296.5 กิโลกรัมตามลำดับ กับค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดที่ 4.29, 5.89 และ 7.08 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรงของการเตะข้าง ท่าเตะดัดแปลงและการเตะแหง ได้ค่า 334.5, 389.9 และ 604.5 กิโลกรัม ตามลำดับ กับความเร็วสูงสุดที่ 3.81, 4.34 และ 4.77 เมตรต่อวินาที

คาพีน่าและคณะ (Dapena et al, 1990) ได้ทำการวิเคราะห์ของเทคนิคกระโดดสูง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อที่จะศึกษาวิเคราะห์การสร้างความสูงที่จะใช้ในการทำนายค่าความเร็วในแนวราบ ความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกาย และความแรงของการเหวี่ยงแขนขึ้นในการกระโดดสูงที่จุดกระโดด และทำการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง เพื่อที่จะใช้เป็นเกณฑ์การวัดค่าที่ได้เหล่านี้มาใช้กับนักกีฬา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกระโดดสูงชาวอเมริกันที่ลงทำการแข่งขันในระดับชาติและนานาชาติ จำนวน 77 คน โดยแบ่งเป็นชาย 40 คน หญิง 37 คน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการถ่ายภาพจากกล้องถ่ายภาพยนตร์ 3 มิติ (Three-Dimensional filming method) ความเร็วของการบันทึก 50 ภาพวินาที โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล จากการแข่งขันกระโดดสูงระดับชาติและการแข่งขันกรีฑาในร่มระดับนานาชาติ ในระหว่างปี ค.ศ. 1982 ถึง 1987 บันทึกภาพการวิ่งเข้าหาจุดหมาย 2 ก้าวสุดท้ายก่อนการกระโดด การกระโดดที่จุดกระโดด และการลอยตัวข้ามไม้พาดของผู้กระโดดแต่ละคน ซึ่งก่อนการกระโดดผู้กระโดดแต่ละคนจะได้รับการติดเครื่องหมาย (Landmark) 21 ตำแหน่งบนร่างกายเพื่อที่จะนำไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางร่างกายต่อไป เลือกภาพที่ดีที่สุดของแต่ละคน ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS-X ผลการวิจัยพบว่า

ความเร็วในแนวราบและความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดด ของนักกระโดดสูงชาย มีค่าสูงกว่านักกระโดดสูงหญิง

ความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกายที่จุดกระโดดของนักกระโดดสูงชาย จะต่ำกว่านักกระโดดสูงหญิง

นักกระโดดสูงชายส่วนใหญ่จะมีค่าการเหวี่ยงแขนขึ้นไปในจังหวะกระโดด ที่จุดกระโดดแรงกว่านักกระโดดสูงหญิง

จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวราบ กับความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดด พบว่าผู้กระโดดที่มีความแข็งแรงมากกว่า จะมีความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดมากกว่า มีการวิ่งเข้าหาที่หมายด้วยความเร็วที่สูงกว่า ผู้กระโดดที่ใช้ความเร็วในการวิ่งเข้าหาที่หมายช้า ทำให้มีความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดน้อย การใช้สมการถดถอยคำนวณว่าความเร็วแนวราบ ความสูงของจุดศูนย์กลาง

ร่างกาย และความแรงในการเหวี่ยงแขนขึ้นไปจุดกระโดด สามารถที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่าความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดของผู้กระโดดได้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวตั้งและความสูงของจุดศูนย์กลางที่จุดกระโดดในช่วงสุดท้าย ของการวิ่งเข้าหาที่หมาย ไม่สามารถที่จะพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยได้ว่าระดับความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกายที่จะกระโดดจะมีค่าที่เหมาะสมเท่าใด จากการที่วิ่งเข้าหาที่หมายด้วยความเร็ว และจะทำให้มีความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดได้มากขึ้น ผู้กระโดดที่มีความแข็งแรงมาก (มีค่าความเร็วในแนวตั้งมากกว่า) จะสามารถลดความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกายที่จุดกระโดดให้ต่ำลงได้ดีกว่า

เส้นสมการถดถอยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวตั้ง และความแรงของการเหวี่ยงแขนขึ้นไปจุดกระโดด มีความโน้มเอียงไปทางค่าบวก ผู้กระโดดที่มีความแข็งแรงมากกว่า มีความเร็วในแนวราบมากกว่า สามารถทำนายได้ว่าสามารถเหวี่ยงแขนขึ้นไปได้แรงกว่า โดยไม่ต้องย่อตัวให้ต่ำลง ค่าความสัมพันธ์ในทางบวกที่ได้นี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ทางบวกของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา สำหรับผู้ที่มีค่าความเร็วแนวราบ และค่าความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกายที่จุดกระโดดที่อยู่ใต้เส้นสมการถดถอย สามารถที่จะบอกได้ว่า ความแรงในการเหวี่ยงแขนนี้ไปจะมีน้อยกว่าผู้ที่มีค่าความเร็วแนวราบและค่าความสูงของจุดศูนย์กลางตามเส้นสมการถดถอย

เส้นสมการถดถอยไม่สามารถที่จะบอกถึงความพอดี เหมาะสมในการกระโดดสูงที่ดีที่สุดจากการแข่งขันได้

ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะหาความพอดีในการใช้ความเร็วในการวิ่งเข้าหาที่หมายความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกาย และความแรงในการเหวี่ยงแขนขึ้นไปจุดกระโดดของผู้กระโดดแต่ละคน ได้อย่างไรก็ตาม ผู้กระโดดที่มีความแข็งแรงมาก จะมีความเร็วในแนวตั้งที่จุดกระโดดได้มากกว่า ดังนั้นความเร็วในแนวตั้งจึงอาจใช้เป็นดัชนีอย่างหยาบ ๆ ในการพยากรณ์การกระโดดสูงของนักกระโดดสูงได้ สมการถดถอยที่สร้างขึ้นมานี้ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่าความเร็วแนวราบ ความสูงของจุดศูนย์กลางร่างกาย และความแรงของการเหวี่ยงแขนขึ้นไปจุดกระโดดตามที่คาดการณ์ไว้ การนำผลที่ได้จากการปฏิบัติจริงกับผลที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกัน จะช่วยให้สามารถวินิจฉัยถึงความบกพร่องของการใช้เทคนิคการกระโดดสูงของผู้กระโดดแต่ละคนได้

ลู (Lu, 1990) ได้วิเคราะห์เทคนิคการทำลายสถิติโลกในการยกน้ำหนักท่าสแนทช์ (Snatch) โดยการเก็บบันทึกข้อมูลด้วยกล้องความเร็วสูง 2 กล้อง ซึ่งมีระดับความเร็ว 50 ภาพต่อวินาที และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง จีพี-2000 โดยเปรียบเทียบความพยายามยกน้ำหนักของนักยกน้ำหนักรายอื่น ๆ แล้วนำมาสรุปเป็นเทคนิคการยกน้ำหนักของ วู ชูเต (Wu Shu de) ได้ดังนี้

1. การเคลื่อนไหวในการดึงครั้งแรกจะเร็วและสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง
2. คานจะอยู่ใกล้ตัวในระหว่างการดึงครั้งแรกระยะทางแนวขวางระหว่างจุดศูนย์กลางของคานและลำตัวในตอนยก คือ 9 เซนติเมตร จุดที่คานถึงตำแหน่งเข้า คือ 5 เซนติเมตร จุดเริ่มยกในครั้งที่ 2 คือ 2 เซนติเมตร และจุดสุดท้ายของการยกครั้งที่ 2 คือ 15 เซนติเมตร
3. ทิศทางของแรงพุ่งขึ้นในแนวตั้งการยกจะสมบูรณ์ในระดับกว้างของการเคลื่อนไหวในช่วงสุดท้ายของการยกครั้งที่ 2 จะโยกตัวเข้าไปทางด้านหลังด้วยมุม 14 และ 15 องศา หลังจากการเหยียดของมุมสะโพก หัวเข่า และขา ซึ่งเท่ากับ 190 องศา, 178 องศา และ 130 องศา ตามลำดับ
4. การย่อและการวางคานกระทำอย่างรวดเร็วเหตุผลแรกคือ การย่อ ค่อนข้างกระฉับกระเฉง เหตุผลที่สองคือ อัตราเร็วของการย่อจะมีจังหวะเร็วมาจากแรงของการยกช่วงบนของข้อศอกซึ่งได้รับปฏิกิริยาตอบโต้จากคาน

โอปาฟสกี (Opavsky, 1990) ได้ศึกษา ชีวกลศาสตร์แบบคิเนแมติกส์ และดัชนีโกนีโอมิเตอร์ของทักษะการเตะฟุตบอล โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อกำหนดเทคนิคที่เหมาะสมของการเตะฟุตบอล ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นตัวอย่างของการสอนผู้เริ่มต้น จากการศึกษาลักษณะของทักษะ พบว่า การเตะฟุตบอลแต่ละครั้ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ในระยะที่ 1 จะเป็นการเพิ่มคุณลักษณะให้ดีขึ้นได้ โดยเริ่มจุดศูนย์กลางของขาที่นอนบน ในระยะที่ 2 จะเริ่มเมื่อเพิ่มจุดศูนย์กลางของขาที่นอนบน ในระยะที่ 3 เป็นระยะที่ค่าต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่ในส่วนระยะที่ 1 และ 2 นี้เมื่อการหมุนขาเข้าใกล้แกนของการหมุนมากขึ้นจะทำให้มีความเร็วมากขึ้นขณะที่เมื่อเพิ่มระยะแขนของการหมุนจะทำให้ลดความเร็วและอัตราเร่งเชิงมุมได้

แทนต์ (Tant, 1990) ได้ศึกษาถึงเวลา ลำดับเหตุการณ์ และข้อต่อที่ส่งผลกระทบต่อกันในการเตะลูกหลังเท้า 3 แบบของกีฬาฟุตบอล ผู้รับการทดลองเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายตัวแทนวิทยาลัยระดับดิวิชัน 1 จำนวน 8 คน โดยบันทึกภาพ 2 ด้าน โดยใช้ฟิล์มขนาด 16 มิลลิเมตร และความเร็วของกล้องที่ 200 ภาพต่อวินาที พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางด้านคิเนแมติกส์ ของกระดูกเชิงกราน ต้นขา และขาที่นอนล่างขณะเตะลูกหลังเท้าในการเตะที่แตกต่างกัน 3 แบบ ซึ่งกว่านั้นในการเตะทั้ง 3 แบบมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่พร้อมกันระหว่างกระดูกเชิงกรานและต้นขา กับรูปแบบในตอนหนึ่งของการเคลื่อนไหวของข้อต่อในการเตะ 3 แบบ เกิดขึ้นระหว่างต้นขาและขาที่นอนล่าง

ลู (Lu, 1991) ได้วิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ ของการแสดงท่าเออควิเจิว (Erqijiao) ในการชกมวยจีน (Taiji) แบบเฉิน (Chen) การแสดงท่าทางเออควิเจิว คือ การแสดงความสามารถขณะลอยอยู่ในอากาศ โดยใช้กล้องวิดีโอที่มีความเร็ว 60 ภาพต่อวินาที ใช้ในการบันทึกภาพทั้งด้านหน้าและด้านข้างของการแสดงท่า เออควิเจิว การศึกษาครั้งนี้ เป็นแบบ 3 มิติ แบบคิเนแมติกส์ โดยตัวแปรที่ศึกษาเช่น จุดศูนย์กลางและความเร็ว เป็นต้น ขณะเดียวกันก็ใช้เซนเซอร์แรงปฏิกิริยาขณะเริ่มออกตัว และทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ของกล้ามเนื้อ 18 แห่ง และบันทึกข้อมูลที่ได้โดยสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการเคลื่อนไหวทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์แบบคิเนติกส์ จะทำให้ทราบความแข็งแรงของการหดตัวทำงานแบบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ

นูดสัน (Knudson, 1991) ได้ทำการศึกษาเพื่อจะตรวจหาค่าแรงของการตีเทนนิสแบบหลังไม้มือเดียวโดยใช้ที่ถ่วงน้ำหนักของหน้าไม้ 2 จุดที่ด้านบนของไม้ขนาดกลาง แรงเฉลี่ยบริเวณเทนาร์ (Thenar) ของมือในชั้นเตรียมที่จะกระทบของนักกีฬาชั้นสูงเท่ากับ 40.3 นิวตันอย่างมีนัยสำคัญและได้ค่าต่ำกว่ากลุ่มปานกลางที่ได้ค่าเท่ากับ 21.4 นิวตัน ค่าเฉลี่ยแรงหลังกระทบสูงสุดของบริเวณเทนาร์ (Thenar) ทั้ง 2 กลุ่มเท่ากับ 48.3 และ 33.0 นิวตัน และ บริเวณ ไฮโปเทนาร์ (Hypothenar) เท่ากับ 50.7 และ 43.1 นิวตัน ของทั้งสองกลุ่ม ได้ค่าดีกว่าแรงในขณะเตรียมตัวกระทบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปรากฏว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกีฬาเซปักตะกร้อทั้งในประเทศและต่างประเทศน้อยมาก จะเน้นหนักไปในหลักวิชาสาขาอื่น ๆ เช่น สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย จิตวิทยาการกีฬา หรือสาขาอื่น ๆ งานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษากีฬาเซปักตะกร้อซึ่งเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมอย่างสูงอีกประเภทหนึ่ง โดยศึกษาในหลักวิชาชีวกลศาสตร์การกีฬาในเชิงคิเนแมติกส์ คือ มุมสัมพันธ์ของข้อต่อของร่างกายในการฟาดขึ้นต่าง ๆ ความเร็วเริ่มต้น ความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อ ความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยของเท้าในการฟาด และนำข้อมูลที่ได้มาใช้บรรยายลักษณะของการเคลื่อนไหว โดยการอ้างอิงตัวเลขที่ได้จากการวิจัยประกอบ เพื่อเป็นแบบอย่างในการฝึกทักษะการฟาดแบบตีลังกา ของนักเรียนนักศึกษา และเยาวชน และนอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเชิงชีวกลศาสตร์ในระดับสูงต่อไป

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาในนักกีฬาเซปักตะกร้อไทยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักกีฬาเซปักตะกร้อ ของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี ที่มีความสามารถสูงในระดับนักเรียนและเล่นในตำแหน่งตัวฟาด ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive random sampling) จำนวน 4 คน จากประชากรทั้งสิ้น 23 คน ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. นายเอกรินทร์ นิลเนตร อายุ 16 ปี  
ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ
  - ชนะเลิศ กีฬานักเรียนชิงถ้วยผู้บัญชาการทหารอากาศ ประจำปี 2541
  - ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2540-2541
  - รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2542
  - รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542
  - รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬานักเรียนนักศึกษาเขตการศึกษา 10 ประจำปี 2542
2. นายพงษ์ศักดิ์ โพธิชา อายุ 15 ปี  
ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ
  - รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2542
  - รองชนะเลิศอันดับ 2 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542
3. นายปรีชา อูทศรี อายุ 16 ปี  
ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ
  - ชนะเลิศ กีฬานักเรียนชิงถ้วยผู้บัญชาการทหารอากาศ ประจำปี 2539
  - ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2540-2541

- รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542
  - รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬานักเรียนนักศึกษาเขตการศึกษา 10 ประจำปี 2542
4. เด็กชายสุภา อาจหาญ อายุ 14 ปี
- ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ
- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2541
  - รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี 2542
  - รองชนะเลิศอันดับ 2 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ 2 มิติ โดยใช้กล้องถ่ายภาพวิดีโอ 2 กล้อง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. เครื่องวัดส่วนสูง
3. เทปวัดความยาว (Gulick cloth tape)
4. เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและหลัง (Leg and Back Dynamometer)
5. เครื่องมือวัดความอ่อนตัวของร่างกายด้านหน้า
6. เครื่องวัดเวลาปฏิบัติกริยาตอบสนอง
7. กล้องถ่ายภาพวิดีโอ ความเร็ว 25 เฟรมต่อวินาที มีเครื่องหมายการค้า พาณาโซนิค (Panasonic)
8. โทรทัศน์สีขนาด 21 นิ้ว มีเครื่องหมายการค้า เอ็น อี ซี (NEC)
9. ลูกตะกร้อพลาสติกสังเคราะห์ มีเครื่องหมายการค้า มารารอน (Marathon)
10. ที่แขวนลูกตะกร้อเพื่อฝึกซ้อมการเตะ
11. อุปกรณ์ช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ แผ่นใส ปากกาเขียนแผ่นใส และไม้บรรทัด

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพทางกาย จากศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา โรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี
2. ติดต่อขอความอนุเคราะห์ยืมกล้องถ่ายภาพวิดีโอ และช่างภาพ เพื่อใช้บันทึกภาพ จากหัวหน้าฝ่ายข่าว สถานีโทรทัศน์ช่อง 11 จังหวัดอุบลราชธานี

3. คิดต่อชื่อนักกีฬาเป็นกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการทดลอง จากผู้ฝึกสอนกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี

4. เตรียมอุปกรณ์ สถานที่ และกำหนดวันและเวลาในการดำเนินการทดลองตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้

4.1 วัด ความสูง น้ำหนัก ความยาวแขนและขา

4.2 วัดความแข็งแรงของขา และหลัง

4.3 วัดความอ่อนตัวด้านหน้า

4.4 วัดความสูงในการกระโดด โดยการกระโดดแตะ

4.5 เตรียมความพร้อมของกล้อง และตำแหน่งการตั้งกล้อง โดยใช้กล้องถ่าย

วีดิทัศน์ จำนวน 2 ตัว ดังนี้

4.5.1 กล้องตัวที่หนึ่งตั้งเป็นแนวเส้นตรงกับลูกตะกร้อทางด้านขวาของผู้เข้าทดสอบ ห่างจากจุดที่พื้นในแนวคิ่งของลูกตะกร้อเท่ากับ 6.20 เมตร ความสูงของกล้องจากพื้น ถึงกึ่งกลางของเลนส์เท่ากับ 1.25 เมตร

4.5.2 กล้องตัวที่สอง ตั้งเป็นแนวเส้นตรงกับลูกตะกร้อทางด้านหน้าของผู้เข้าทดสอบ และเป็นมุม 90 องศากับกล้องตัวที่หนึ่ง เพื่อเก็บภาพด้านหน้าซึ่งกล้องตัวแรกเก็บภาพไม่ได้ ห่างจากจุดที่พื้นในแนวคิ่งของลูกตะกร้อเท่ากับ 5 เมตร ความสูงของกล้องจากพื้น ถึงกึ่งกลางของเลนส์เท่ากับ 1.20 เมตร

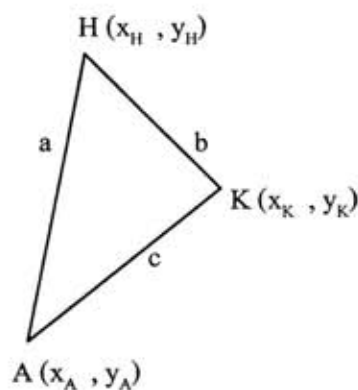
4.6 ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายอย่างเพียงพอ ตามความถนัดที่เคยปฏิบัติมา และจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างถูกต้อง แล้วจึงให้กลุ่มตัวอย่าง แสดงทักษะการฟาดแบบตีลังกากับกล้องเพื่อหาความสูงของลูกตะกร้อที่เหมาะสม ซึ่งได้เท่ากับ 2.30 เมตรและทำการฟาดคนละ 3 ครั้ง

4.8 บันทึกภาพของการเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน

4.8 นำเทปบันทึกภาพที่ได้ มาฉายผ่านเครื่องเล่นวีดิทัศน์ที่สามารถหยุดภาพทีละเฟรม แล้วใช้แผ่นใสกำหนดจุดต่าง ๆ ในการเคลื่อนไหว แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์

4.8.1 หามุมของร่างกายในขั้นต่าง ๆ โดยใช้แผ่นใสทาบลงบนจอโทรทัศน์แล้วใช้ปากกาลากเส้นตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย แล้วกำหนดค่าแกน  $x$  และแกน  $y$  โดยใช้สูตรในการคำนวณมุมดังนี้

สมมติว่าเราต้องการทราบค่าของมุม  $HKA$  เราสามารถคำนวณโดยใช้ค่าจากค่าของแกน  $x$  และแกน  $y$  ดังภาพ โดยใช้สูตรทฤษฎี cosines (ปิยะพงษ์ สิทธิคง, 2540)



สูตร  $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$

$$a = \sqrt{(x_H - x_A)^2 + (y_H - y_A)^2}$$

$$b = \sqrt{(x_H - x_K)^2 + (y_H - y_K)^2}$$

$$c = \sqrt{(x_K - x_A)^2 + (y_K - y_A)^2}$$

4.8.2 ความเร็วเริ่มต้น ความเร็วสูงสุด และความเร็วขณะกระทบลูก ซึ่งวิเคราะห์เป็นความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) แล้วแปลงค่าเป็นความเร็วเชิงเส้นได้โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวกของเครื่องมือวิเคราะห์การเคลื่อนไหวกายได้เครื่องหมายการค้า พีลเพอร์ฟอร์แมนซ์เทคโนโลยี (Peak Performance Technology) รุ่น โมตัส (Motus)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์แบบคินแมติกส์ ของการฟาดแบบตีลังกาในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของมุมของข้อเท้า เข่า สะโพกและไหล่ ในชั้นต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหวกดังต่อไปนี้

1.1 ขณะเริ่มกระโดด

1.2 ขณะกระทบลูกตะกร้อ

1.3 ขณะลงสู่พื้น



2. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความเร็วเริ่มต้นของเท้าของการฟาดแบบตีลังกา
3. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความเร็วสูงสุดของเท้าของการฟาดแบบตีลังกา
4. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความเร็วขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อของการฟาดแบบตีลังกา
5. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนเท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา

#### สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้ใช้วิธีการทางสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Means)
2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาในนักกีฬาเซปักตะกร้อไทยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปตารางและความเรียง แบ่งเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลด้านสถานภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มุมสัมพัทธ์ของร่างกาย เสนอโดยรวมและรายบุคคลในแต่ละขั้นของการฟาดแบบตีลังกา

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้น ความเร็วขณะเท้ากระทบลูก ความเร็วสูงสุดและค่าเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ ของเท้าที่ใช้ฟาดแบบตีลังกา

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนเท้ากระทบลูกตะกร้อ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางด้านสภาพของกลุ่มตัวอย่าง  
จำนวน 4 คน

ข้อมูลด้านสรีรวิทยา	$\bar{X}$	น้อยที่สุด	มากที่สุด	S.D.
1. อายุ (ปี)	15.25	14	16	0.96
2. น้ำหนัก (กิโลกรัม)	55.75	50	63	5.44
3. ส่วนสูง (เซนติเมตร)	163.63	160.5	167	3.12
4. ความยาวขา (เซนติเมตร)	77	73	80	2.94
5. ความสูงของจุดศูนย์กลางดวงขณะขึ้นตรง (เซนติเมตร)	99.5	97	103	2.52
6. ความแข็งแรงของขา (กิโลกรัม)	160	125	210	16.33
7. ความแข็งแรงของหลัง (กิโลกรัม)	115	110	130	10
8. ความอ่อนตัวด้านหน้า (เซนติเมตร)	18.68	13.9	24.4	4.93
9. ขึ้นกระโดดสูง (เซนติเมตร)	48.5	44	53	4.65
10. เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (วินาที)	0.66	0.53	0.85	0.14

จากตารางที่ 1 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของอายุของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 15.25 ปี

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 55.75 กิโลกรัม

ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 163.63 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของความยาวขาของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 77 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของความสูงของจุดศูนย์กลางดวงขณะขึ้นของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 99.5 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของขาของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 160 กิโลกรัม

ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของหลังของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 115 กิโลกรัม

ค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 18.68 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของการขึ้นกระโดดสูงของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 48.5 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 0.66 วินาที

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เริ่มกระโดดของกลุ่มตัวอย่าง  
จำนวน 4 คน (ค่าเป็นองศา)

มุมของข้อต่อ	ค่าเฉลี่ยของมุมของข้อต่อ ( $\bar{X}$ )				ค่าน้อยที่สุด และมากที่สุด
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
ข้อเท้าขวา	142.43	128.61	132.19	134.72	128.61-142.43
ข้อเท้าซ้าย	60.96	62.65	121.32	57.50	57.50-121.32
เข่าขวา	152.59	163.30	151.85	155.86	151.85-163.30
เข่าซ้าย	111.47	72.26	116.61	79.59	72.26-116.61
สะโพกขวา	158.76	156.37	166.81	176.50	156.37-176.50
สะโพกซ้าย	119.98	94.64	99.48	117.57	94.64-119.98
ไหล่ขวา	142.07	113.63	96.06	104.66	96.06-142.07
ไหล่ซ้าย	103.97	103.46	82.54	102.38	102.38-103.97

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เริ่มกระโดดของกลุ่มตัวอย่าง  
จำนวน 4 คน มีดังนี้

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวามีค่าระหว่าง 128.61-142.43 องศา

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายมีค่าระหว่าง 57.50-121.32 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวามีค่าระหว่าง 151.85-163.30 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายมีค่าระหว่าง 72.26-116.61 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวามีค่าระหว่าง 156.37-176.50 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายมีค่าระหว่าง 94.64-119.98 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวามีค่าระหว่าง 96.06-142.07 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายมีค่าระหว่าง 102.38-103.97 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นองศา)

มุมของข้อต่อ	ค่าเฉลี่ยของมุมของข้อต่อ ( $\bar{X}$ )				ค่าน้อยที่สุด และมากที่สุด
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
ข้อเท้าขวา	169.27	175.60	160.53	173.66	160.53-175.60
ข้อเท้าซ้าย	160.32	144.96	98.91	131.19	98.91-160.32
เข่าขวา	179.89	175.10	179.22	175.30	175.10-179.89,
เข่าซ้าย	175.68	178.56	108.31	107.10	107.10-178.56
สะโพกขวา	125.29	116.94	127.54	119.04	116.94-127.54
สะโพกซ้าย	151.01	157.10	150.38	159.48	150.38-159.48
ไหล่ขวา	66.08	112.85	80.17	33.98	33.98-112.85
ไหล่ซ้าย	20.86	41.90	45.00	27.78	20.86-45.00

จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน มีดังนี้

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวามีค่าระหว่าง 160.53-175.60 องศา

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายมีค่าระหว่าง 98.91-160.32 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวามีค่าระหว่าง 175.10-179.89 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายมีค่าระหว่าง 107.10-178.56 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวามีค่าระหว่าง 116.94-127.54 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายมีค่าระหว่าง 150.38-159.48 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวามีค่าระหว่าง 33.98-112.85 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายมีค่าระหว่าง 20.86-45.00 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นของกลุ่มตัวอย่าง  
จำนวน 4 คน (ค่าเป็นองศา)

มุมของข้อต่อ	ค่าเฉลี่ยของมุมของข้อต่อ ( $\bar{X}$ )				ค่าน้อยที่สุด และมากที่สุด
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
ข้อเท้าขวา	57.46	82.11	62.42	47.85	47.89-82.11
ข้อเท้าซ้าย	117.47	138.36	123.74	113.88	113.88-138.36
เข่าขวา	126.18	144.02	148.77	126.00	126.00-148.77,
เข่าซ้าย	88.23	69.72	78.44	69.71	69.71-88.23
สะโพกขวา	55.18	46.42	56.72	43.00	43.00-56.72
สะโพกซ้าย	170.73	97.97	140.72	123.94	97.97-170.73
ไหล่ขวา	123.76	148.87	129.65	127.50	123.76-148.87
ไหล่ซ้าย	96.75	137.85	106.75	137.33	96.75-137.85

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน  
4 คน มีดังนี้

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวามีค่าระหว่าง 47.89-82.11 องศา

มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายมีค่าระหว่าง 113.88-138.36 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวามีค่าระหว่าง 126.00-148.77 องศา

มุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายมีค่าระหว่าง 69.71-88.23 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวามีค่าระหว่าง 43.00-56.72 องศา

มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายมีค่าระหว่าง 97.97-170.73 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวามีค่าระหว่าง 123.76-148.87 องศา

มุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายมีค่าระหว่าง 96.75-137.85 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	142.43	2.73
ข้อเท้าซ้าย	60.96	1.35
เข่าขวา	152.59	1.15
เข่าซ้าย	111.47	1.92
สะโพกขวา	158.76	1.36
สะโพกซ้าย	119.98	0.33
ไหล่ขวา	142.07	1.54
ไหล่ซ้าย	103.97	4.36

จากตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 142.43 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.73

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 60.96 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.35

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 152.59 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.15

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 111.47 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.92

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 158.76 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.36

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 119.98 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.33

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 142.07 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.54

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 103.97 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.36

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	128.61	1.18
ข้อเท้าซ้าย	62.65	3.11
เข่าขวา	163.30	3.84
เข่าซ้าย	72.26	2.41
สะโพกขวา	156.37	1.16
สะโพกซ้าย	94.64	1.14
ไหล่ขวา	113.63	2.99
ไหล่ซ้าย	103.46	0.97

จากตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 128.61 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.18

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 62.65 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.11

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 163.30 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.84

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 72.26 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.41

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 156.37 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.16

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 94.64 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.14

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 113.63 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.99

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 103.46 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.97



ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	132.19	2.30
ข้อเท้าซ้าย	121.32	2.95
เข่าขวา	151.85	3.32
เข่าซ้าย	116.61	1.25
สะโพกขวา	166.81	3.69
สะโพกซ้าย	99.48	3.52
ไหล่ขวา	96.06	2.99
ไหล่ซ้าย	82.54	2.53

จากตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 132.19 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.30

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 121.32 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.95

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 151.85 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.32

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 116.61 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.25

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 166.81 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.69

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 99.48 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.52

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 96.06 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.99

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 82.54 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.53

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	134.72	1.98
ข้อเท้าซ้าย	57.50	2.29
เข่าขวา	155.86	1.94
เข่าซ้าย	79.59	5.25
สะโพกขวา	176.50	1.01
สะโพกซ้าย	117.57	4.54
ไหล่ขวา	104.66	3.71
ไหล่ซ้าย	102.38	2.56

จากตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะเริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 134.72 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.98

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 57.50 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.29

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 155.86 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.94

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 79.59 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.25

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 176.50 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.01

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 117.57 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.54

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 104.66 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.71

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะเริ่มกระโดด มีค่าเท่ากับ 102.38 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.56

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบคี่ลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	169.27	3.15
ข้อเท้าซ้าย	160.32	2.12
เข่าขวา	179.89	1.66
เข่าซ้าย	175.68	2.22
สะโพกขวา	125.29	3.34
สะโพกซ้าย	151.01	1.93
ไหล่ขวา	66.08	2.69
ไหล่ซ้าย	20.86	5.95

จากตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 169.27 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.15

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 160.32 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.12

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 179.89 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.66

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 175.68 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.22

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 125.29 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.34

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 151.01 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.93

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 66.08 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.69

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 20.86 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.95

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	175.60	0.82
ข้อเท้าซ้าย	144.96	1.65
เข่าขวา	175.10	3.05
เข่าซ้าย	178.56	1.17
สะโพกขวา	116.94	1.56
สะโพกซ้าย	157.10	3.81
ไหล่ขวา	112.85	3.85
ไหล่ซ้าย	41.90	4.77

จากตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 175.60 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.82

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 144.96 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.65

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 175.10 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.05

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 178.56 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.17

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 116.94 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.56

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 157.10 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.81

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 112.85 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.85

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่ยกกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 41.90 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.77

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	160.53	5.28
ข้อเท้าซ้าย	98.91	4.21
เข่าขวา	179.22	1.77
เข่าซ้าย	108.31	5.69
สะโพกขวา	127.54	3.83
สะโพกซ้าย	150.38	2.98
ไหล่ขวา	80.17	5.80
ไหล่ซ้าย	45.00	5.20

จากตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 160.53 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.28

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 98.91 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.21

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 179.22 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.77

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 108.31 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.69

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 127.54 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.83

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 150.38 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.98

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 80.17 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.80

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 45.00 องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.20

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่  
เท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบคีลิงกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	173.66	2.25
ข้อเท้าซ้าย	131.19	3.43
เข่าขวา	175.30	3.28
เข่าซ้าย	107.10	3.03
สะโพกขวา	119.04	2.64
สะโพกซ้าย	159.48	5.64
ไหล่ขวา	33.98	1.77
ไหล่ซ้าย	27.78	1.97

จากตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายใน  
ขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 173.66  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.25

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 131.19  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.43

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 175.30  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.28

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 107.10 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.03

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 119.04  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.64

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 159.48  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.64

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 33.98  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.77

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 27.78  
องศา ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.97

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะ  
 ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	57.46	2.80
ข้อเท้าซ้าย	117.47	2.37
เข่าขวา	126.18	2.63
เข่าซ้าย	88.23	6.73
สะโพกขวา	55.18	5.21
สะโพกซ้าย	170.73	2.06
ไหล่ขวา	123.76	1.83
ไหล่ซ้าย	96.75	2.81

จากตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายใน  
 ขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 57.46 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.80

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 117.47 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.37

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 126.18 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.63

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 88.23 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 6.73

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 55.18 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.21

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 170.73 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.06

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 123.76 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.83

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 96.75 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.81

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะ  
 ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	82.11	4.38
ข้อเท้าซ้าย	138.36	3.67
เข่าขวา	144.02	3.76
เข่าซ้าย	69.72	4.70
สะโพกขวา	46.42	6.29
สะโพกซ้าย	97.97	6.90
ไหล่ขวา	148.87	5.32
ไหล่ซ้าย	137.85	1.83

จากตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายใน  
 ขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 82.11 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.38

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 138.36 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.67

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 144.02 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.76

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 69.72 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.70

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 46.42 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 6.29

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 97.97 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 6.90

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 148.87 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 5.32

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 137.85 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.83



ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะ  
 ลงสู่พื้นในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	62.42	3.61
ข้อเท้าซ้าย	123.74	2.34
เข่าขวา	148.77	4.27
เข่าซ้าย	78.44	4.69
สะโพกขวา	56.72	2.33
สะโพกซ้าย	140.72	2.29
ไหล่ขวา	129.65	2.46
ไหล่ซ้าย	106.75	3.40

จากตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายใน  
 ขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 62.42 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.61

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 123.74 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.34

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 148.77 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.27

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 78.44 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.69

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 56.72 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.33

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 140.72 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.29

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 129.65 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.46

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 106.75 องศา  
 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.40

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที  
ลงสู่พื้นในการฟาดแบบคีลิ่งกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 (ค่าเป็นองศา)

มุมของร่างกาย	$\bar{X}$	S.D.
ข้อเท้าขวา	47.85	2.13
ข้อเท้าซ้าย	113.88	2.26
เข่าขวา	126.00	1.26
เข่าซ้าย	69.71	4.19
สะโพกขวา	43.00	3.30
สะโพกซ้าย	123.94	4.48
ไหล่ขวา	127.50	2.98
ไหล่ซ้าย	137.33	1.64

จากตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมสัมพัทธ์ของร่างกายใน  
ขณะที่ลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 47.85 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.13

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 113.88 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.26

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 126.00 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.26

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 69.71 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.19

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 43.00 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 3.30

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 123.94 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.48

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 127.50 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.98

ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะทีลงสู่พื้น มีค่าเท่ากับ 137.33 องศา  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.64

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นเมตรต่อวินาที)

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	S.D.
คนที่ 1	2.11	2.59	4.68	3.13	1.37
คนที่ 2	4.49	3.32	3.34	3.71	0.67
คนที่ 3	3.15	2.90	2.79	2.94	0.18
คนที่ 4	2.39	3.15	3.06	2.86	0.42

จากตารางที่ 17 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน มีค่าดังต่อไปนี้

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้า เท่ากับ 3.13 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.37

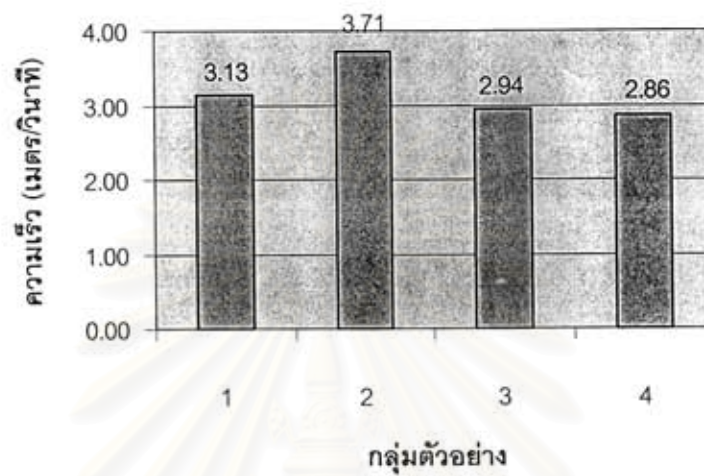
ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้า เท่ากับ 3.71 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.67

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้า เท่ากับ 2.94 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.18

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้า เท่ากับ 2.86 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.42

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของ  
กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน



จากแผนภูมิที่ 1 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้า ในการฟาดแบบตีลังกาของ  
ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่ามากที่สุดคือ 3.71 เมตร/วินาที และค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของ  
เท้าในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าน้อยที่สุดคือ 2.86 เมตร/วินาที

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตี  
ลังกาของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นเมตรต่อวินาที)

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	S.D.
คนที่ 1	9.53	10.38	9.19	9.70	0.61
คนที่ 2	9.71	7.58	9.46	8.91	1.17
คนที่ 3	9.42	9.00	10.78	9.73	0.93
คนที่ 4	7.54	6.80	7.50	7.28	0.42

จากตารางที่ 18 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาด  
แบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน มีค่าดังต่อไปนี้

ผู้รับการทดลองคนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้า เท่ากับ  
9.70 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.61

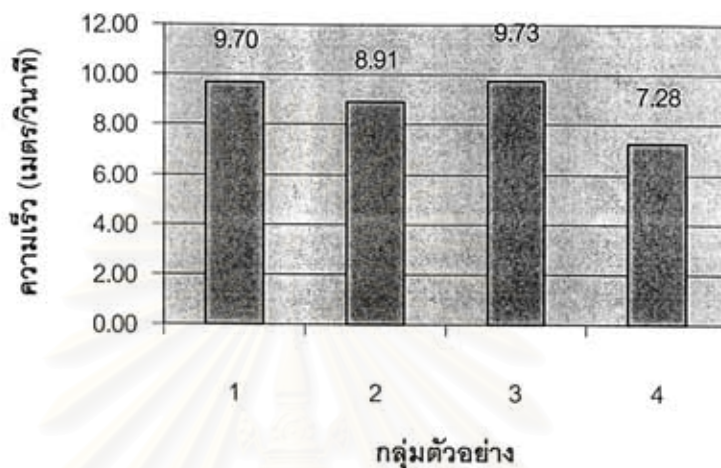
ผู้รับการทดลองคนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้า เท่ากับ  
8.91 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.17

ผู้รับการทดลองคนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้า เท่ากับ  
9.73 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.93

ผู้รับการทดลองคนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้า เท่ากับ  
7.28 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.42

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบ  
ตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน



จากแผนภูมิที่ 2 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้า ในการฟาด  
แบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่ามากที่สุดคือ 9.73 เมตร/วินาที และค่าเฉลี่ยของ  
ความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลอง คนที่ 4 มีค่า  
น้อยที่สุดคือ 7.28 เมตร/วินาที

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นเมตรต่อวินาที)

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	S.D.
คนที่ 1	10.61	12.51	13.56	12.24	1.50
คนที่ 2	11.96	11.97	11.63	11.85	0.20
คนที่ 3	11.90	13.20	12.68	12.59	0.65
คนที่ 4	14.00	12.31	11.46	12.59	1.29

จากตารางที่ 19 แสดงว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าดังต่อไปนี้

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้า เท่ากับ 12.24 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.50

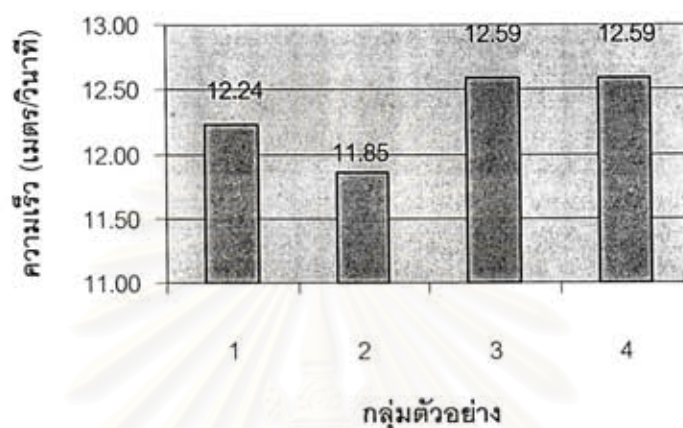
ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้า เท่ากับ 11.85 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.20

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้า เท่ากับ 12.59 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.65

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้า เท่ากับ 12.59 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.29

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน



จากแผนภูมิที่ 3 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้า ในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 และ 4 มีค่ามากที่สุดคือ 12.59 เมตร/วินาที และค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลอง คนที่ 2 มีค่าน้อยที่สุดคือ 11.85 เมตร/วินาที

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นเมตรต่อวินาที)

กลุ่มตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	$\bar{X}$	S.D.
คนที่ 1	7.40	7.55	7.94	7.63	0.28
คนที่ 2	8.07	7.65	8.07	7.93	0.24
คนที่ 3	8.33	8.07	8.21	8.20	0.13
คนที่ 4	8.40	7.62	7.46	7.82	0.50

จากตารางที่ 20 แสดงว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ ในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าดังต่อไปนี้

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ เท่ากับ 7.63 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.28

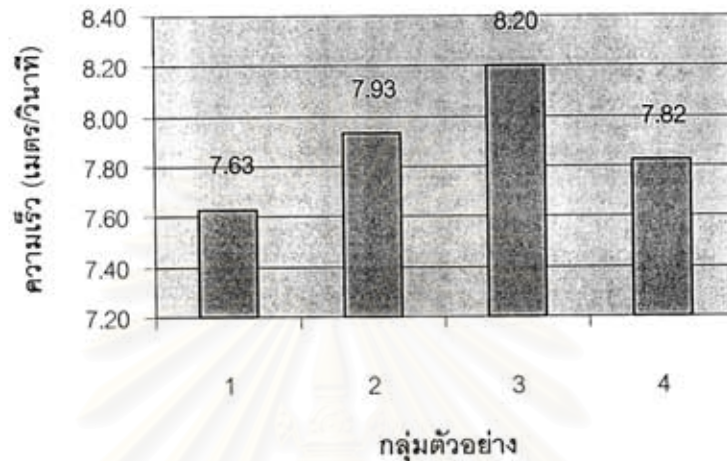
ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ เท่ากับ 7.93 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.24

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ เท่ากับ 8.20 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.13

ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อ เท่ากับ 7.82 เมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.50

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

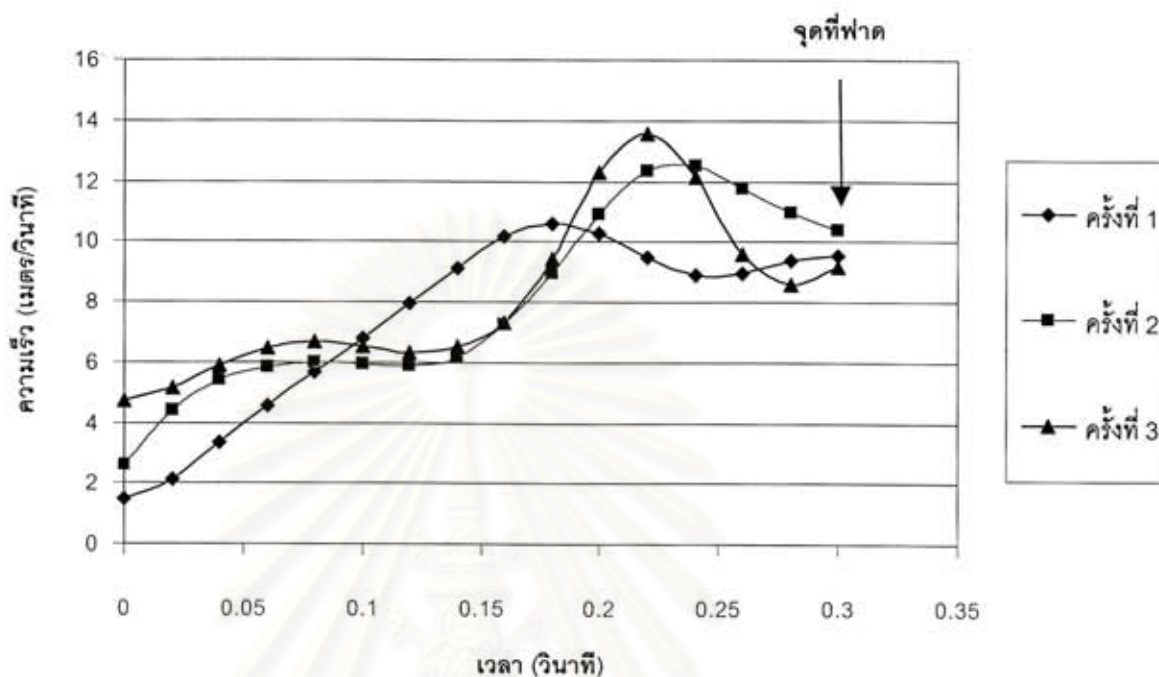
แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งลูก  
ตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกาของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 4 คน (ค่าเป็นเมตร/วินาที)



จากแผนภูมิที่ 4 แสดงว่าค่าเฉลี่ยความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งลูก  
ตะกร้อ ในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่ามากที่สุดคือ 8.20 เมตร/วินาที  
และว่าค่าเฉลี่ยความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งลูกตะกร้อของผู้เข้ารับการทดลอง  
คนที่ 1 มีค่าน้อยที่สุดคือ 7.63 เมตร/วินาที

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 5 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งแตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1



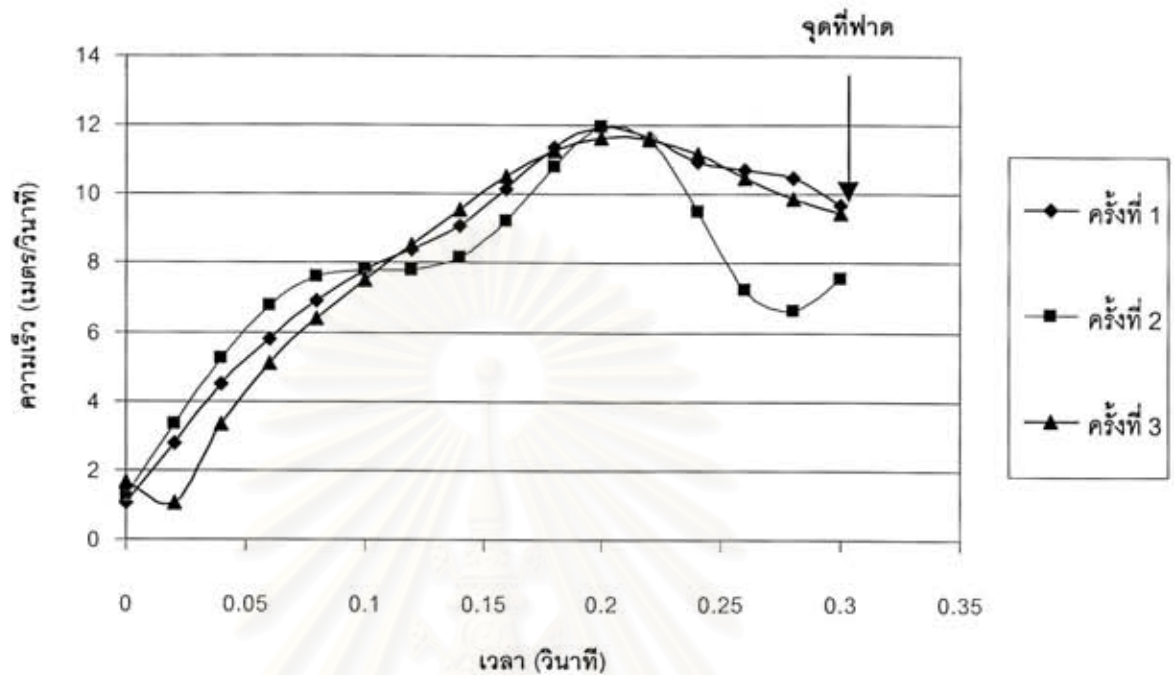
จากแผนภูมิที่ 5 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งแตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 ในการฟาดทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผลปรากฏดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 มีความเร็วในช่วงเริ่มดันท้าโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

ครั้งที่ 2 มีความเร็วในช่วงเริ่มดันท้าโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

ครั้งที่ 3 มีความเร็วในช่วงเริ่มดันท้าโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

แผนภูมิที่ 6 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งแตะกรือในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2



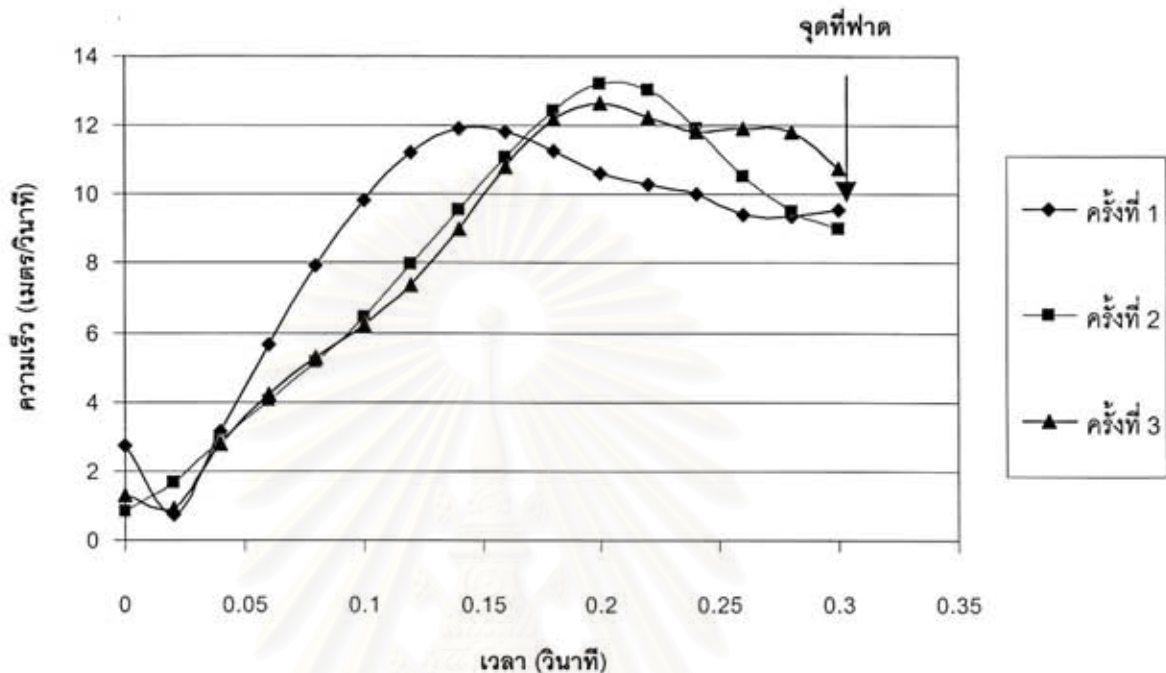
จากแผนภูมิที่ 6 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งแตะกรือในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 ในการฟาดทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผลปรากฏดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกแตะกรือ

ครั้งที่ 2 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดและความเร็วลดลงในช่วงก่อนที่เท้าจะกระทบลูก และความเร็วเพิ่มสูงขึ้นอีกในขณะที่เท้ากระทบลูกแตะกรือ

ครั้งที่ 3 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกแตะกรือ

แผนภูมิที่ 7 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูก  
ตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3



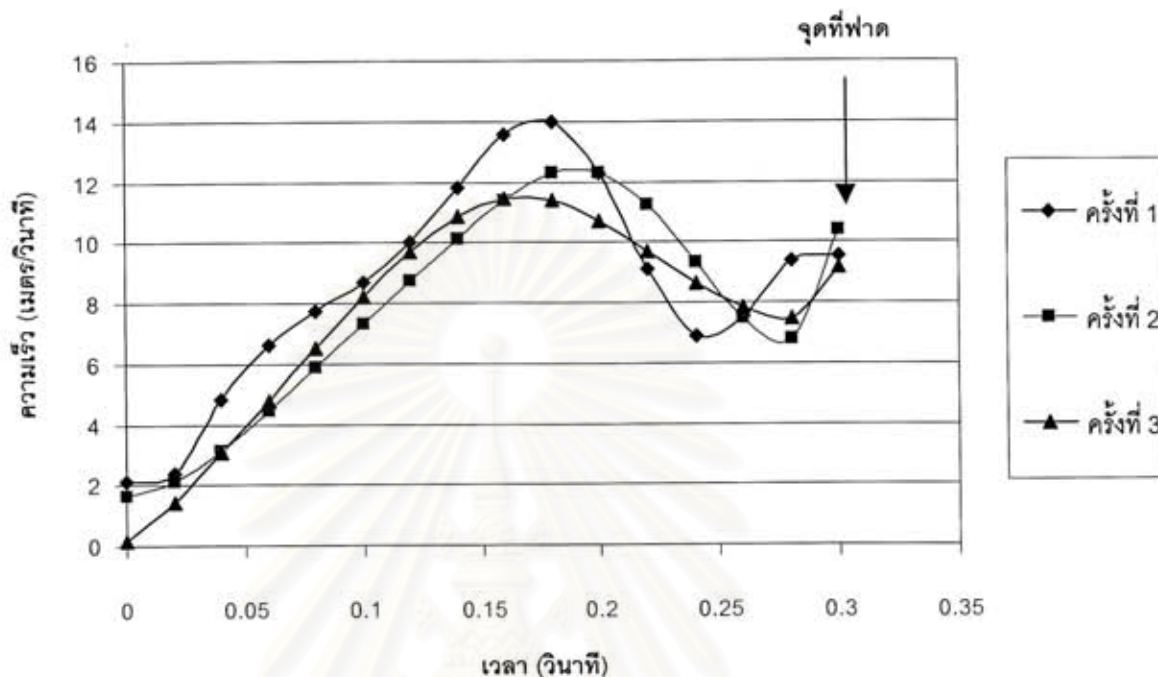
จากแผนภูมิที่ 7 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 ในการฟาดทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผลปรากฏดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

ครั้งที่ 2 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

ครั้งที่ 3 มีความเร็วในช่วงเริ่มค้ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบลูก และความเร็วลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อ

แผนภูมิที่ 8 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งถูก ตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4



จากแผนภูมิที่ 8 แสดงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทั่งถูก ตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 ในการฟาดทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผลปรากฏ ดังต่อไปนี้

ครั้งที่ 1 มีความเร็วในช่วงเริ่มต้นต่ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดและความเร็วลดลงในช่วงก่อนที่เท้าจะกระทบลูก และความเร็วเพิ่มสูงขึ้นอีกในขณะที่เท้ากระทบลูก ตะกร้อ

ครั้งที่ 2 มีความเร็วในช่วงเริ่มต้นต่ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดและความเร็วลดลงในช่วงก่อนที่เท้าจะกระทบลูก และความเร็วเพิ่มสูงขึ้นอีกในขณะที่เท้ากระทบลูก ตะกร้อ

ครั้งที่ 3 มีความเร็วในช่วงเริ่มต้นต่ำโดยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดและความเร็วลดลงในช่วงก่อนที่เท้าจะกระทบลูก และความเร็วเพิ่มสูงขึ้นอีกในขณะที่เท้ากระทบลูก ตะกร้อ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ

1. เพื่อศึกษาทักษะและวิธีการฟาดแบบตีลังกา โดยพิจารณาจากลักษณะของมุมของข้อเท้า เข่า สะโพกและไหล่ ในขั้นต่าง ๆ ของการเคลื่อนไหวดังต่อไปนี้

1.1 ขณะเริ่มกระโดด

1.2 ขณะกระทบลูกตะกร้อ

1.3 ขณะลงสู่พื้น

2. เพื่อวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ โดยวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านคินแมติกส์ คือ ความเร็วเริ่มต้น ความเร็วในขณะกระทบลูกตะกร้อ ความเร็วสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา

#### กลุ่มตัวอย่างประชากร

กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเล่นในตำแหน่งตัวฟาด จำนวน 4 คน จากประชากรทั้งหมด 23 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

#### วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งหมด จะได้รับการบันทึกภาพของการเคลื่อนไหวนขณะแสดงทักษะการฟาดแบบตีลังกา โดยกล้องบันทึกเทปโทรทัศน์ ซึ่งมีความเร็ว 25 ภาพต่อวินาที ทำการวิเคราะห์การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สรุปผลการวิจัย

### 1. มุมสัมพันธ์ของร่างกายในขณะที่แสดงทักษะการฟาดแบบตีลังกา

1.1. มุมสัมพันธ์ในขณะที่เริ่มกระโดดของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 128.61-142.43, 57.50-121.32, 151.85-163.30, 72.26-116.61, 156.37-176.50, 94.64-119.98, 96.06-142.07 และ 102.38-103.97 องศาตามลำดับ

1.1.1 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 142.43, 128.61, 132.19 และ 134.72 องศาตามลำดับ

1.1.2 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 60.96, 62.65, 121.32 และ 57.50 องศาตามลำดับ

1.1.3 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของเข่าขวาในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 152.59, 163.30, 151.85 และ 155.86 องศาตามลำดับ

1.1.4 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 111.47, 72.26, 116.61 และ 79.59 องศาตามลำดับ

1.1.5 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของสะโพกขวาในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 158.76, 156.37, 166.81 และ 176.50 องศาตามลำดับ

1.1.6 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 119.98, 94.64, 99.48 และ 117.57 องศาตามลำดับ

1.1.7 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของไหล่ขวาในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 142.07, 113.63, 96.06 และ 104.66 องศาตามลำดับ

1.1.8 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพันธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่เริ่มกระโดด ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 103.97, 103.46, 82.54 และ 102.38 องศาตามลำดับ

1.2 มุมสัมพันธ์ขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 160.53-175.60, 98.91-160.32, 175.10-179.89, 107.10-178.56, 116.94-127.54, 150.38-159.48, 33.98-112.85 และ 20.86-45.00 องศาตามลำดับ



1.2.1 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 169.27, 175.60, 160.53 และ 173.66 องศาตามลำดับ

1.2.2 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 160.32, 144.96, 98.91 และ 131.19 องศาตามลำดับ

1.2.3 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 179.89, 175.10, 179.22 และ 175.30 องศาตามลำดับ

1.2.4 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 175.68, 178.56, 108.31 และ 107.10 องศาตามลำดับ

1.2.5 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 125.29, 116.94, 127.54 และ 119.04 องศาตามลำดับ

1.2.6 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 151.01, 157.10, 150.38 และ 159.48 องศาตามลำดับ

1.2.7 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 66.08, 112.85, 80.17 และ 33.98 องศาตามลำดับ

1.2.8 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะที่เท้ากระทบลูกเตะกร็่อของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 20.86, 41.90, 45.00 และ 27.78 องศาตามลำดับ

1.3 มุมสัมพัทธ์ในขณะลงสู่พื้นของข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เข่าขวา เข่าซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ไหล่ขวา และไหล่ซ้าย มีค่าระหว่าง 47.89-82.11, 113.88-138.36, 126.00-148.77, 69.71-88.23, 43.00-56.72, 97.97-170.73, 123.76-148.87 และ 96.75-137.85 องศาตามลำดับ

1.3.1 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาในขณะลงสู่พื้นของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 57.46, 82.11, 62.42 และ 47.89 องศาตามลำดับ

- 1.3.2 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 117.47, 138.36, 123.74 และ 113.88 องศาตามลำดับ
- 1.3.3 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 126.18, 144.02, 148.77 และ 126.00 องศาตามลำดับ
- 1.3.4 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 88.23, 69.72, 78.44 และ 69.71 องศาตามลำดับ
- 1.3.5 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 55.18, 46.42, 56.72 และ 43.00 องศาตามลำดับ
- 1.3.6 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 170.73, 97.97, 140.72 และ 123.94 องศาตามลำดับ
- 1.3.7 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 123.76, 148.87, 129.65 และ 127.50 องศาตามลำดับ
- 1.3.8 ค่าเฉลี่ยของมุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายในขณะลงสู่พื้น ของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 96.75, 137.85, 106.75 และ 137.33 องศาตามลำดับ

## 2. ความเร็วของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

2.1 ค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.13, 3.71, 2.94 และ 2.86 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นมากที่สุดคือ 3.71 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นน้อยที่สุดคือ 2.86 เมตร/วินาที

2.2 ค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 9.70, 8.91, 9.73 และ 7.28 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วขณะตีเท้ากระทบลูกตะกร้อมากที่สุดคือ 9.73 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วขณะตีเท้ากระทบลูกตะกร้อน้อยที่สุดคือ 7.28 เมตร/วินาที

2.3 ค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 12.24, 11.85, 12.59 และ 12.59 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 และ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดมากที่สุดคือ 12.59 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วสูงสูคน้อยที่สุดคือ 11.85 เมตร/วินาที

2.4 ค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 7.63, 7.93, 8.20 และ 7.82 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อมากที่สุดคือ 8.20 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกน้อยที่สุดคือ 7.63 เมตร/วินาที

## อภิปรายผลการวิจัย

### 1. มุมของร่างกายของการฟาดแบบตีลังกา

#### 1.1 มุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่เริ่มกระโดด

1.1.1 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 128.61 องศา - 142.43 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทุกคนจะใช้มุมของข้อเท้าขวาใกล้เคียงกัน

1.1.2 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ 60.96, 62.65 และ 57.50 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และเป็นมุมแหลมแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทั้ง 3 คนจะใช้มุมของข้อเท้าขวาใกล้เคียงกัน มีเพียงผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 เท่านั้นที่มีมุมเท่ากับ 121.32 ซึ่งมีลักษณะเป็นมุมป้านแตกต่างจากคนอื่น

1.1.3 มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 151.85 องศา - 163.30 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทุกคนจะใช้มุมของเข่าขวาใกล้เคียงกัน

1.1.4 มุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 111.47 องศา และ 116.61 องศา ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกันและมีลักษณะเป็นมุมป้าน ในขณะที่คนที่ 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ 72.26 องศาและ 79.59 องศา ตามลำดับ และมีลักษณะเป็นมุมแหลม

1.1.5 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 156.37 องศา - 176.50 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกขวาใกล้เคียงกัน

1.1.6 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 94.64 องศา - 119.98 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกขวาใกล้เคียงกัน

1.1.7 มุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 96.06 องศา – 142.07 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าการเริ่มกระโดดนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกขวาใกล้เคียงกัน

1.1.8 มุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2 และ 4 มีค่าตั้งแต่ 102.38 องศา – 103.97 องศา ซึ่งมีลักษณะเป็นมุมป้านและมีค่าใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีค่า 82.54 องศา ซึ่งมีลักษณะเป็นมุมแหลมเพียงคนเดียว

ในขั้นเริ่มกระโดดนี้ปรากฏว่ามุมของข้อเท้าซ้าย เข่าซ้าย และไหล่ซ้าย เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันในลักษณะของมุม จะเห็นว่าเป็นอวัยวะทางซีกซ้ายของร่างกายทั้งสิ้น ซึ่งเป็นด้านที่มีการเคลื่อนไหวน้อยกว่าด้านขวา ส่วนอวัยวะทางซีกขวาของร่างกายซึ่งเป็นด้านที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่านั้น ลักษณะของมุมมีความแตกต่างน้อยหรือแทบจะไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นตัวบ่งชี้ท่าทางการฟาดในขั้นเริ่มกระโดดว่ามุมของข้อเท้าซ้าย เข่าซ้ายและไหล่ซ้ายนั้น ไม่ใช่ส่วนสำคัญที่สุดซึ่งอาจจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวอย่างไรวางั้น จำเป็นต้องศึกษาต่อไป ดังเช่น อรรถพล เพ็ญสุภา (2535) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการกระโดดสูงแบบฟอสบิวรี ฟลิป สำหรับนักกระโดดสูงไทย โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามระดับทักษะ พบว่า มุมเข่าของขาที่ใช้ยันพื้น ทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน มุมเข่าของขาที่อิสระ มีความแตกต่างกัน ซึ่งหมายความว่าขาที่ใช้ยันพื้นเปรียบเทียบกับขาของนักกีฬาเซปักตะกร้อที่ใช้ในการเริ่มกระโดด และขาที่อิสระหมายถึงขาข้างซ้ายซึ่งยกขึ้นไปในอากาศอย่างอิสระไม่สัมผัสกับวัตถุใด ๆ ซึ่งจะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทุกคนใช้เท้าขวาซึ่งเป็นเท้าที่ถนัดในการฟาด ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการชกมวยของเขาทราช แกแล็คซี่ (วัชรินทร์ ปรากฏศิลป์, 2536) ซึ่งเป็นนักมวยที่ถนัดซ้าย ดังนั้นในการชกแต่ละครั้งจะต้องก้าวเท้าขวานำหน้าเท้าซ้าย แขนขวาออกอย่างข้างหน้าแขนซ้าย หัวไหล่ขวาอยู่หน้าหัวไหล่ซ้าย เพราะฉะนั้นในการแสดงทักษะดังกล่าว อวัยวะข้างที่ไม่ถนัดจะเคลื่อนไหวเพื่อที่จะทำให้อวัยวะข้างที่ถนัดแสดงทักษะอย่างสมบูรณ์ที่สุด ไม่ว่าจะเป็นด้านความเร็วหรือความแม่นยำ

## 1.2 มุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อ

1.2.1 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 160.53 องศา – 175.60 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ทำกระทบลูกตะกร้อนั้นทุกคนจะใช้มุมของข้อเท้าขวาใกล้เคียงกัน

1.2.2 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าระหว่าง 98.91 องศา – 160.32 องศา ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก แม้จะมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกัน แต่ค่าน้อยที่สุดกับมากที่สุดนั้นก็ห่างกันมากพอสมควร

1.2.3 มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 175.10 องศา – 179.89 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านใกล้เคียงมุมตรง (180 องศา) เหมือนกัน แสดงว่าขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อนั้นทุกคนจะใช้มุมของเข่าขวาใกล้เคียงกัน

1.2.4 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 175.68 องศา และ 178.56 องศา ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกันและมีลักษณะเป็นมุมป้านใกล้เคียงกับมุมตรง ในขณะที่คนที่ 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 108.31 องศา และ 107.10 องศา ตามลำดับ และมีลักษณะเป็นมุมใกล้เคียงมุมฉาก (90 องศา)

1.2.5 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 116.94 องศา – 127.54 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกัน แสดงว่าขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกขวาใกล้เคียงกัน

1.2.6 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 150.38 องศา – 159.48 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกัน แสดงว่าขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกซ้ายใกล้เคียงกัน

1.2.7 มุมสัมพัทธ์ของไหล่ขวาของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าระหว่าง 33.98 องศา – 112.85 องศา ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะที่แตกต่างกันคือเป็นมุมแหลมและมุมป้าน

1.2.8 มุมสัมพัทธ์ของไหล่ซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 20.86 องศา – 45.00 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมแหลมเหมือนกัน แสดงว่าขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อนั้นทุกคนจะใช้มุมของไหล่ซ้ายใกล้เคียงกัน

ในขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อนี้ปรากฏว่ามุมของข้อเท้าซ้าย และเข่าซ้าย เท่านั้นที่มีความแตกต่างกัน จะเห็นว่าเป็นอวัยวะทางซีกซ้ายของร่างกาย ซึ่งเป็นด้านที่มีการเคลื่อนที่น้อยและไม่ใช้ในการกระทบลูกแต่อย่างใด ส่วนอวัยวะทางซีกขวาของร่างกายซึ่งเป็นด้านที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่าและขาขวาเป็นขาที่ใช้ในการเตะลูกโดยตรงนั้น ลักษณะของมุมมีความแตกต่างกันน้อยมากหรือแทบจะไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นค้ำบังชี้ทำทางในการการฟาดในขณะที่เท้ากระทบลูกว่าข้อเท้าขวา เข่าขวา และสะโพกขวามีลักษณะที่ใกล้เคียงมุมตรง (180 องศา) ถึงแม้ว่าไหล่ขวาจะมีความแตกต่างกันในลักษณะ

ของมุม แต่เมื่อพิจารณาแล้วไหลไม่ใช่อวัยวะสำคัญในขณะที่ทำกระทบลูก ซึ่งแล้วแต่บุคคลว่าจะถนัดในการใช้มุมของไหลดังกล่าวมีลักษณะเช่นไร

### 1.3 มุมสัมพัทธ์ของร่างกายในขณะที่ลงสู่พื้น

1.3.1 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 47.89 องศา – 82.11 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมแหลมเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของข้อเท้าขวาใกล้เคียงกัน

1.3.2 มุมสัมพัทธ์ของข้อเท้าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 113.88 องศา – 138.36 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของข้อเท้าซ้ายใกล้เคียงกัน

1.3.3 มุมสัมพัทธ์ของเข่าขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 126.00 องศา – 148.77 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของเข่าขวาใกล้เคียงกัน

1.3.4 มุมสัมพัทธ์ของเข่าซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 69.71 องศา – 88.23 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมแหลมเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของเข่าซ้ายใกล้เคียงกัน

1.3.5 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 43.00 องศา – 56.72 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมแหลมเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของสะโพกขวาใกล้เคียงกัน

1.3.6 มุมสัมพัทธ์ของสะโพกซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 97.97 องศา – 170.73 องศา ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก แม้จะมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแต่มีแตกต่างกันในขณะที่ค่าน้อยที่สุดใกล้เคียงกับมุมฉาก (90 องศา) แต่ค่ามากที่สุดใกล้เคียงกับมุมตรง (180 องศา)

1.3.7 มุมสัมพัทธ์ของไหลขวาของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 123.76 องศา – 148.87 องศา ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของไหลขวาใกล้เคียงกัน

1.3.8 มุมสัมพัทธ์ของไหลซ้ายของผู้เข้ารับการทดลองทั้ง 4 คน มีค่าระหว่าง 96.75 องศา – 137.85 องศา ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่มาก และมีลักษณะเป็นมุมป้านเหมือนกันแสดงว่าในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นทุกคนจะใช้มุมของไหลซ้ายใกล้เคียงกัน

ในขณะที่ลงสู่พื้นนี้ปรากฏว่ามุมของสะโพกซ้าย เท่านั้นที่มีความแตกต่างกัน จะเห็นว่าในชั้นของการลงสู่พื้นนั้นอวัยวะที่ใช้รับน้ำหนักได้แก่ขา และมือทั้งสองข้าง ซึ่งสะโพกซ้ายและขาข้างซ้าย เป็นอวัยวะที่ไม่เกี่ยวข้องกับการรับน้ำหนักของร่างกายแต่อย่างใด จึงไม่มีความจำเป็นที่มุมของแต่ละคนจำต้องใกล้เคียงกัน ส่วนมุมของอวัยวะที่ใช้รับน้ำหนักนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมาก จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 คน ซึ่งเป็นการลงสู่พื้นอย่างสมบูรณ์โดยที่ไม่ได้รับบาดเจ็บใด ๆ

## 2. ความเร็วของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

### 2.1 ความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

ค่าเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.13, 3.71, 2.94 และ 2.86 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นมากที่สุดคือ 3.71 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วเริ่มต้นน้อยที่สุดคือ 2.86 เมตร/วินาที

### 2.2 ความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

ค่าเฉลี่ยของความเร็วขณะกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 9.70, 8.91, 9.73 และ 7.28 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อมากที่สุดคือ 9.73 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อน้อยที่สุดคือ 7.28 เมตร/วินาที

### 2.3 ความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

ค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 12.24, 11.85, 12.59 และ 12.59 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 และ 4 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดมากที่สุดคือ 12.59 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดน้อยที่สุดคือ 11.85 เมตร/วินาที

### 2.4 ความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา

ค่าเฉลี่ยของความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อในการฟาดของกลุ่มตัวอย่างคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 7.63, 7.93, 8.20 และ 7.82 เมตร/วินาที ตามลำดับ โดยที่ผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบ

คะกร้อมากที่สุดคือ 8.20 เมตร/วินาที และผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1 มีความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่ม กระโดดจนกระทบลูกน้อยที่สุดคือ 7.63 เมตร/วินาที

เมื่อพิจารณาความเร็วต่าง ๆ ของเท้าขณะฟาดคือ ความเร็วขณะเริ่มกระโดด ความเร็วขณะกระทบลูก ความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ย จากผลการวิจัยที่ได้แล้ว จะเห็นว่า ค่าความเร็วของแต่ละคนจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ความเร็วเริ่มต้นในการกระโดดจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งมีความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่เท้าจะกระทบลูกคะกร้อม และความเร็วจะลดลงเล็กน้อยในขณะที่เท้ากระทบลูกคะกร้อม ซึ่งตรงกับผลการวิจัยของ เบย์ และคณะ (Bay et al., 1988) ซึ่งได้ศึกษาพลังงานที่เกิดขึ้นที่ขาในระหว่างการเตะกลับหลังของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเทควันโด พบว่าพลังงานของขาที่อ่อนบนจะเกิดขึ้นก่อนที่จะงอเข่ามากที่สุด พลังงานของขาข้างที่เตะจะมีค่าลดลง ก่อนที่จะกระทบ เนื่องมาจากการยั้งการเหยียดขาข้างที่เตะ โดยไม่ให้ขาเหยียดออกไปเกินกว่าขีดจำกัดของข้อต่อ

เมื่อพิจารณาค่าความเร็วของเท้าในขณะต่าง ๆ ของนักกีฬาทั้ง 4 คน เพื่อทำนายความรุนแรงของลูกโดยใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's second law) ที่ว่า แรงที่มากกระทำต่อวัตถุ จะทำให้ความเร่งของวัตถุเปลี่ยนไปเป็นปฏิภาค โดยตรงกับจำนวนแรงที่มากกระทำ (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2536) ซึ่งก็หมายความว่า ถ้าแรงที่มากกระทำต่อวัตถุมีมากเท่าไร จะทำให้ความเร่งของวัตถุเพิ่มมากขึ้นไปด้วย และแรงที่มากกระทำต่อวัตถุใด ๆ ก็จะมีความเร็วเป็นตัวหนึ่งที่กำหนดค่าของแรงนั้น ๆ ซึ่งนำมาพิจารณากับความเร็วต่าง ๆ ของการฟาดในกลุ่มตัวอย่างแล้วพบว่านักกีฬาคนที่ 1 มีความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกคะกร้อมน้อยที่สุดแต่ความเร็วเริ่มต้น ความเร็วขณะกระทบลูกและความเร็วสูงสุดมีค่าปานกลาง ถึงแม้ว่าความเร็วเฉลี่ยจะน้อยที่สุดแต่ความเร็วในขณะกระทบลูกนั้นอยู่ในระดับปานกลางความรุนแรงในการฟาดของนักกีฬาคณะนี้จึงอาจอยู่ในระดับปานกลาง ไม่มากและไม่น้อยเกินไป แต่ถ้าเพิ่มความเร็วเริ่มต้น ความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ยและความเร็วในขณะกระทบลูกอาจสูงขึ้นซึ่งจะทำให้ความรุนแรงของการฟาดเพิ่มขึ้นด้วย

นักกีฬาคนที่ 2 มีความเร็วเริ่มต้นของเท้ามากที่สุด แต่ความเร็วสูงสุดของเท้ามีค่าน้อยที่สุด นักกีฬาคณะนี้มีความเร็วเริ่มต้นที่ตีมากแต่กลับลดความเร็วสูงสุดซึ่งมีค่าน้อยมาก ถ้าหากเพิ่มความเร็วสูงสุดในช่วงก่อนที่จะกระทบนั้นอาจจะทำให้ความรุนแรงในขณะฟาดเพิ่มมากขึ้นด้วย

นักกีฬาคนที่ 3 มีความเร็วขณะกระทบลูก ความเร็วสูงสุด และความเร็วเฉลี่ยของเท้าตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกคะกร้อม มากที่สุด จะเห็นว่านักกีฬาคณะนี้มีความเร็วต่าง ๆ มากกว่าคนอื่น ๆ ความรุนแรงของการฟาดจึงน่าที่จะรุนแรงที่สุดในบรรดานักกีฬาทั้ง 4 คน

นักกีฬาคนที่ 4 มีความเร็วเริ่มต้น และความเร็วขณะกระทบลูกของเท้ามีค่าน้อยที่สุด แต่ความเร็วสูงสุดของเท้ามีค่ามากที่สุดจะเห็นว่าความเร็วเริ่มต้นของนักกีฬาคณะนี้มีค่าน้อยที่สุด แต่สามารถเร่งความเร็วจน



มีความเร็วสูงสุดมากที่สุดได้ แต่ความเร็วกลับลดลงในขณะที่เท้ากระทบลูก แสดงว่าการออกแรงสูงสุดนั้นเกิดขึ้นก่อนที่จะกระทบและลดลงอย่างมากในขณะที่กระทบ ซึ่งควรปรับให้การออกแรงเข้าใกล้จุดกระทบให้มากที่สุดจะทำให้ความรุนแรงเพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัยทางด้านมุมของร่างกายและความเร็วต่าง ๆ ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาในกีฬาเซปักตะกร้อนี้ ผู้วิจัยจึงได้สรุปวิธีการฟาดแบบตีลังกาในกีฬาเซปักตะกร้อออกเป็น 6 ขั้นตอน เพื่อให้ผู้ฝึกหัดเล่นกีฬาเซปักตะกร้อจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการฝึกหัดทีละขั้น เพื่อพัฒนาทักษะให้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการฝึกหัดทักษะต่าง ๆ นั้นต้องอาศัยวิธีการฝึกที่ถูกต้องและเป็นขั้นตอน ดังเช่น โอปาฟสกี (Opavsky, 1990) ได้ศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์แบบคิเนแมติกส์ และคัชนี่โกนีโอมิเตอร์ของทักษะการเตะฟุตบอล ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นตัวอย่างของการสอนผู้เริ่มต้น จากการศึกษาพบว่า การเตะฟุตบอลแต่ละครั้ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ในระยะที่ 1 จะเป็นการเพิ่มคุณลักษณะให้ดีขึ้นได้ โดยเพิ่มจุดศูนย์กลางของขาที่นอนบน ในระยะที่ 2 จะเริ่มเมื่อเพิ่มจุดศูนย์กลางของขาที่นอนบน ในระยะที่ 3 เป็นระยะที่ค่าต่าง ๆ ค่อนข้างคงที่ จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นการพัฒนาทักษะถ้าทำอย่างเป็นขั้นตอน จะสามารถพัฒนาทักษะทางกีฬาได้

## วิธีการฟาดแบบตีลังกา

### ขั้นเตรียม

ในขณะที่เตรียมที่จะฟาดแบบตีลังกานั้น ในสถานการณ์จริงของกีฬาเซปักตะกร้อผู้ที่ฟาดจะต้องขึ้นหันหลังให้ค้ำข่าย เพราะลูกตะกร้อจะถูกค้ำมาจากค้ำข่ายของสนามโดยผู้เล่นอื่น ในขณะที่ลูกถูกค้ำ ณ จุดสูงสุด ร่างกายของผู้ที่จะฟาดจะต้องเคลื่อนที่เฉียงไปทางด้านขวามือของผู้ฟาด โดยให้ลูกตะกร้อที่ลอยอยู่นั้น อยู่เยื้องไปทางด้านซ้ายของผู้ฟาด แล้วจึงเริ่มก้าวเท้าซ้ายสั้น ๆ เข้าไปหาลูกตะกร้อ ตามด้วยเท้าขวาอย่างรวดเร็ว ให้เท้าขวาที่ก้าวมานี้วางอยู่ในตำแหน่งได้ลูกตะกร้อที่กำลังลอยอยู่

### ขั้นเริ่มกระโดด

เมื่อเท้าขวาอยู่ในตำแหน่งพร้อมที่จะกระโดดแล้วนั้นขาซ้ายจะต้องยกขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งบางคนอาจงอเข่าเป็นมุมแหลมหรือบางคนอาจงอเข่าเป็นมุมป้านซึ่งแล้วแต่ความถนัด ส่วนขาขวาจะเริ่มเหยียดขึ้นเป็นแนวเส้นตรงมุมของข้อเท้าขวาและเข่าขวาจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตามขาซ้ายขึ้นไป ไหล่ซ้ายและลำตัวจะเอนไปทางด้านหลัง ซึ่งมุมของร่างกายในขั้นควรจะเป็นดังนี้

มุมของข้อเท้าขวาควรจะอยู่ระหว่าง 128.61- 142.43 องศา, มุมของเข่าขวาควรจะอยู่ระหว่าง 151.85 – 163.30 องศา, มุมของสะโพกขวาควรจะอยู่ระหว่าง 156.37 – 176.50 องศา, มุมของสะโพกซ้ายควรจะอยู่ระหว่าง 94.64- 119.98 องศา และมุมของไหล่ขวาควรจะอยู่ระหว่าง 96.06- 142.07 องศา

### ชั้นลอยตัวขึ้นในอากาศ

ในขณะที่เท้าขวาเริ่มลอยพื้นพื้นขึ้นไปที่ละน้อย เข่าขวาจะเริ่มงอลงเพื่อการวัดทำให้เกิดความเร็ว แล้วมุมจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงใกล้กระทบลูกตะกร้อ ในช่วงนี้จะเกิดความเร็วสูงสุดของเท้า ความสูงของขาซ้ายจะไม่เพิ่มขึ้นแต่ขาซ้ายจะเหยียดเอนขนานกับพื้นซึ่งมีลักษณะเป็นแกนในการหมุน เพื่อที่จะทำให้ขาขวาดัดขึ้นไปในอากาศ ส่วนหัวไหล่และลำตัวจะอยู่ในระนาบเดียวกันกับขาซ้าย

### ชั้นกระทบลูก

ในขณะที่เท้าขวากระทบลูกตะกร้อตรงบริเวณหลังเท้า ณ จุดสูงสุดของการเคลื่อนไหวนี้ ข้อเท้าขวาและเข่าขวาจะมีมุมใกล้เคียงกับมุมตรง (180 องศา) ขาขวาจะตั้งฉากกับพื้นดินและตั้งฉากกับขาซ้าย ไหล่ซ้ายจะต่ำกว่าสะโพก ลำตัวจะหงายขึ้นไปทางลูกตะกร้อ ความเร็วของเท้าขวาจะลดลงจากช่วงก่อนจะกระทบลูกตะกร้อเล็กน้อย ซึ่งมุมของข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกายนั้นควรจะเป็นดังนี้

มุมของข้อเท้าขวาควรจะอยู่ระหว่าง 160.53 - 175.60 องศา, มุมของเข่าขวาควรจะอยู่ระหว่าง 175.10 - 179.89 องศา, มุมของสะโพกขวา ควรจะอยู่ระหว่าง 116.94 - 127.54 องศา, มุมของสะโพกซ้าย ควรจะอยู่ระหว่าง 150.38 - 159.48 องศา และมุมของไหล่ซ้ายควรจะอยู่ระหว่าง 20.86 - 45.00 องศา

### ชั้นติดตามการเคลื่อนไหว

เมื่อเท้ากระทบลูกแล้ว ขาขวาจะหมุนตามแนวแรงต่อไปในลักษณะที่ขาเหยียดตรง ลำตัวและสะโพกซ้ายจะเป็นแกนในการหมุน ลำตัวจะค่อย ๆ หมุนคว่ำลงในขณะที่ขาขวาก็ยังทำมุมจากกับขาซ้ายอยู่และเคลื่อนที่ลงมาใกล้ถึงพื้นทุกขณะ

### ชั้นการลงสู่พื้น

เท้าขวาจะเป็นอวัยวะแรกที่สัมผัสพื้น หลังจากจะกระทบลูกไปแล้ว ตามด้วยมือทั้งสองข้างที่ใช้ยันพื้นเพื่อรับน้ำหนักของร่างกาย ในขณะที่สะโพกซ้ายของบางคนอาจงอหรือเหยียดโดยที่ปลายเท้าขึ้นไป

ในอากาศก็ได้ เข้าขวาและแขนทั้งสองจะงอกลงไปในช่วงแรกเพื่อลดแรงกระแทกจากน้ำหนักร่างกาย เมื่อทรงตัวอยู่แล้วก็สามารถยืนขึ้นได้ ซึ่งมุมของข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกายนั้นควรจะเป็นดังนี้

มุมของข้อเท้าขวาควรอยู่ระหว่าง 47.89 – 82.11 องศา, มุมของข้อเท้าซ้ายควรอยู่ระหว่าง 113.88 – 138.36 องศา, มุมของเข่าขวาควรอยู่ระหว่าง 126.00 – 148.77 องศา, มุมของเข่าซ้ายควรอยู่ระหว่าง 69.71 – 88.23 องศา, มุมของสะโพกขวา ควรอยู่ระหว่าง 43.00 – 56.72 องศา, มุมของไหล่ขวา ควรอยู่ระหว่าง 123.76 – 148.87 องศา และมุมของไหล่ซ้ายควรอยู่ระหว่าง 20.86 - 45.00 องศา

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยมีความประสงค์ให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬานำผลการวิจัยและวิธีการฟาดแบบ ศีลลังกาไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนและการฝึกหัด ซึ่งต้องปฏิบัติอย่างจริงจังเพราะทักษะการฟาดแบบศีลลังกาถือเป็นทักษะขั้นสูงของกีฬาเซปักคตะกร้อ อาจเกิดอันตรายได้ถ้าฝึกหัดอย่างผิดวิธีอาจทำให้ได้รับบาดเจ็บอย่างรุนแรงจนถึงขั้นพิการ ผู้ฝึกสอนควรดูแลนักกีฬาอย่างใกล้ชิดและระมัดระวังในการฝึกซ้อมทักษะนี้ เพื่อที่จะพัฒนามาตรฐานของกีฬาเซปักคตะกร้อซึ่งเป็นกีฬาออกนิยมนิยมของไทยอีกชนิดหนึ่งให้เพิ่มขึ้นต่อไป

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1. ผู้ฝึกสอนควรสอนทักษะการฟาดแบบศีลลังกาอย่างเป็นลำดับขั้น ดังวิธีการฟาดที่เสนอไป และพัฒนาทีละขั้นจากง่าย ไปสู่ขั้นที่ยากขึ้นเป็นลำดับ โดยเน้นในด้านความปลอดภัยเป็นสำคัญ

2. มุมของข้อต่อในขั้นต่าง ๆ ของการฟาดควรมีค่าดังต่อไปนี้

2.1 ชั้นเริ่มกระโดด มุมของข้อเท้าขวาควรอยู่ระหว่าง 128.61- 142.43 องศา, มุมของเข่าขวาควรอยู่ระหว่าง 151.85 – 163.30 องศา, มุมของสะโพกขวาควรอยู่ระหว่าง 156.37 – 176.50 องศา, มุมของสะโพกซ้ายควรอยู่ระหว่าง 94.64- 119.98 องศา และมุมของไหล่ขวาควรอยู่ระหว่าง 96.06- 142.07

2.2 ชั้นกระทบลูก มุมของข้อเท้าขวาควรอยู่ระหว่าง 160.53 - 175.60 องศา, มุมของเข่าขวาควรอยู่ระหว่าง 175.10 - 179.89 องศา, มุมของสะโพกขวา ควรอยู่ระหว่าง 116.94 - 127.54 องศา, มุมของสะโพกซ้าย ควรอยู่ระหว่าง 150.38 - 159.48 องศา และมุมของไหล่ซ้ายควรอยู่ระหว่าง 20.86 - 45.00 องศา

2.3 ชั้นการลงสู่พื้น มุมของข้อเท้าขวาควรอยู่ระหว่าง 47.89 – 82.11 องศา, มุมของข้อเท้าซ้ายควรอยู่ระหว่าง 113.88 – 138.36 องศา, มุมของเข่าขวาควรอยู่ระหว่าง 126.00 – 148.77 องศา, มุมของเข่าซ้ายควรอยู่ระหว่าง 69.71 – 88.23 องศา, มุมของสะโพกขวา ควรอยู่ระหว่าง 43.00 – 56.72 องศา, มุมของไหล่ขวา ควรอยู่ระหว่าง 123.76 – 148.87 องศา และมุมของไหล่ซ้าย ควรอยู่ระหว่าง 20.86 - 45.00 องศา

3. ความเร็วต่าง ๆ ของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา ควรจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าดังต่อไปนี้

3.1 ความเร็วเริ่มต้นของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา ควรมีค่าระหว่าง 2.86-3.71 เมตร/วินาที

3.2 ความเร็วขณะที่เท้ากระทบลูกตะกร้อในการฟาดแบบตีลังกา ควรมีค่าระหว่าง 7.28-9.73 เมตร/วินาที

3.3 ความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา ควรมีค่าระหว่าง 11.85-12.59 เมตร/วินาที

3.4 ความเร็วเฉลี่ยของความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดจนกระทบลูกตะกร้อของเท้า ในการฟาดแบบตีลังกา ควรมีค่าระหว่าง 7.63-8.20 เมตร/วินาที

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรจะมีการศึกษาทักษะการฟาดแบบตีลังกานี้ โดยใช้เครื่องมือที่ทันสมัย เช่น กล้องถ่ายภาพความเร็วสูง หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์การเคลื่อนไหว โดยเฉพาะ เป็นต้น

2. ควรมีการเพิ่มขนาดและจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการแสดงทักษะ

3. ควรมีการเพิ่มกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ หรือความสามารถที่สูงขึ้น เช่น ในระดับเขต หรือระดับทีมชาติต่อไป

4. ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น อัตราเร็ว อัตราเร่ง การใช้แรงภายใน และอิทธิพลของแรงภายนอก ตลอดจนตัวแปรที่มีผลต่อความแม่นยำในการแสดงทักษะ เป็นต้น

5. ควรมีการศึกษาในทักษะอื่น ๆ ของกีฬาเซปักตะกร้อ เช่น การเลี้ยวแบบต่าง ๆ การฟาดแบบอื่น ๆ การโยนลูก และการบล็อกลูก เป็นต้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กานดา ใจภักดี และชูศักดิ์ เวชแพศย์. วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของการกีฬา. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2524.

จตุรพร ณ นคร. ชีวกลศาสตร์กับการกีฬา. วารสารกีฬา 24 (พฤษภาคม 2533) : 38-39.

เจลิยว บุญขง. ตะกร้อ-เซปักตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ กราฟิค อาร์ต. 2526.

ดนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร. วิทยาศาสตร์การกีฬาที่นำมาใช้กับกีฬาในปัจจุบัน. วารสารสุขศึกษา พลศึกษาและสันทนาการ 16 (เมษายน-มิถุนายน 2533) : 66-69.

ธเนศ กุลเทศ. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงมุมของลูกบอล มุมของข้อไหล่งและข้อมือขณะปล่อยลูกบอลกับความเร็วของลูกบอลและความแม่นยำในการโยนลูกบอลแบบควงแขนของผู้โยนลูกในกีฬาซอฟท์บอลประเภท โยนเร็ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

บุญยงค์ เกศเทศ. ศิลปะการเล่นตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์. 2539.

พลศึกษา, กรม. ข่าวสารกรมพลศึกษา. กรุงเทพมหานคร : กรมพลศึกษา 2516.

พลศึกษา, กรม. คู่มือสอนวิชาตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร : บริษัทเพื่อนพิมพ์จำกัด. 2528.

เพ็ญประภา เข้มแดง. การศึกษาวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของอาวุธมวยไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518.

ภัทรพร เทพจิตร. ชีวกลศาสตร์ของเทคนิคการยกน้ำหนักท่าสแนทซ์ของนักยกน้ำหนักไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536.

ภาณุวัตร นุชอุดม. การศึกษาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเซปักตะกร้อทีมชาติไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ชัชชา คานโมโต. รายงานโครงการฝึกอบรมผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวเรื่อง กลไกชีวภาพทางการกีฬา. กรุงเทพมหานคร : กรมพลศึกษา, 2530. (อัดสำเนา).

รุ่งทิวา วัจนละจิตติ. บทนำสู่การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการใช้ชีวกลศาสตร์เพื่อพัฒนากีฬา. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2537.

วัชรินทร์ ปราชญ์ศิลป์. การวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์หมัดที่น็อกเข้าที่ของเขวทราย กาแลคซี่ในการชกมวยป้องกันตำแหน่งแชมป์เปียนโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ศุกล อริยสังข์สกุล. การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการชกมวยสากล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

สิทธิพันธ์ สโมทัย. การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของการกระโดดไกล. ปรียญานิพนธ์การศึกษา  
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2532.

สุพจน์ ปราณี. คู่มือการฝึกสอนกีฬาเซปักตะกร้อ (ขั้นก้าวหน้า). กรุงเทพมหานคร :  
โอเคียนสโตร์, 2539.

สุวัตร สิทธิหล่อ. การวิเคราะห์ความเร็วในการเสิร์ฟตะกร้อของนักกีฬาเซปักตะกร้อทีมชาติไทย  
ในการแข่งขันกีฬาเอเชียนเกมส์ครั้งที่ 13 . เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา กรม  
พลศึกษา, จังหวัดสุพรรณบุรี : ไม่ปรากฏที่พิมพ์, 2543.

อรรคพล เพ็ญสุภา. การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการกระโดดสูงแบบฟอสบิวรีฟลีบของ  
นักกรีฑาไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุยภักดิ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

อนันต์ อัดชู. วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2527.

อนันต์ อัดชู. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2527.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ภาษาไทย

- Atwater, A.E. Movement characteristics of the overarm throw : A kinematics analysis of men and women performance. Dissertation Abstracts International, 31(1976) : 495-A.
- Bay, Y.S., Shibukawa, K., and Ishijima, S. Mechanical energy flow in kicking leg during back-thrust-kick motion of taekwondo. Abstracts New Horizons of Human Movement Korea : Seoul Olympic Scientific Congress Organizing Committee, 1988.
- Dapena, Jesus, McDonald, Craig, and Cappaert, Jane. A regression analysis of high jumping technique. International Journal of Sport Biomechanics. Vol. 6, No.3, 1990, pp. 246-261.
- Dunn, E.G., & Putnam, C.A. The influence of lower leg motion on thigh deceleration in kicking. In G. deGroot., A.P. Hollander., P.A. Huijing., & G.J. van Ingen Schenau (Eds), Proceedings of Eleventh International Congress of Biomechanics, Biomechanics XI-B, Amsterdam: Netherlands Free University Press, 1988, pp. 787-790.
- Hay, J.G. The biomechanics of sports technique. 3 rd. ed., Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1985.
- Jordan, C.D. A cinematographical analysis of selected karate arm and leg technique. Unpublished doctoral dissertation, Texas A & M University, 1973.
- Knudson, D.V. Force on the hand in the tennis one-handed back hand. International Journal of Sport Biomechanics, Vol.7, 1991, pp. 282-292.
- Knudson, D.V., & White. S.C. Force on the hand in the tennis forehand drive: Application of force sensing registers. International Journal of Sport Biomechanics, Vol.5, 1989, pp.324-331.
- Kreighbaum, E., and Barthels, K.M. Biomechanics. 2 nd.ed. New York : Macmill Publishing Company, 1985.
- Lu, A. Biomechanical analysis of Erqijiao in Taiji boxing of Chen style. Sports Science 11 (June 1991) : 71-76.
- Lu, D. Technical analysis of snatch world record held by weightlifter Wu Shude. A Research Approach. Beijing : Institute of Sport Science, 1990.
- Northrip, J.W., Logan, G.A., and Mckinney, Wm.C. Analysis of sport motion anatomic and biomechanic perspectives. Iowa : Wm.C.Brown Company, 1983.
- Opavsky, P. Kinematic and goniometric indicators of football kicking skill. Science and Football. 3 (January 1990) : 5-8.

- Park, Y.J. A cinematographical analysis of taekwondo front kicks. Unpublished doctoral dissertation. University of Minnesota, 1989.
- Powell, S.W. A cinematographical analysis and force measure of three styles of the karate back punch and side kick. Unpublished doctoral dissertation, Texas A & M University, 1989.
- Putnam, C.A. Interaction between segments during a kicking motion. In H.Matsui, & Kobayashi, K. (Eds), Proceeding of the Eighth International Congress of Biomechanics, Biomechanics VIII-B. Warrendale, PA: SAE Inc. 1983, pp.105-121.
- Smith, R. Analysis of motion in three dimensions. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการใช้ชีวกลศาสตร์เพื่อพัฒนากีฬา. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2537.
- Tant, C.L. Segmental interactions of a three-dimensional soccer instep kick motion. Unpublished doctoral dissertation, Texas Women's University, 1990.
- Whiting, W.C. Kinematics analysis of human upper extremity movements in boxing American Journal of Sports Medicine ,16 (March-April 1988) : 130-136.





สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

รายชื่อ ประวัติและผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อของกลุ่มตัวอย่าง  
ข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อ ประวัติและผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อของกลุ่มตัวอย่าง

1. นายเอกรินทร์ นิลเนตร

1.1 ประวัติ

เกิดวันที่ 26 มีนาคม 2527 อายุ 16 ปี ที่อยู่ 44 หมู่ 13 ต.หนองแจง อ.บึงสามพัน

จ.เพชรบูรณ์ 67167

ผู้ฝึกสอนตะกร้อ นายสุภกิจ จันทร์ศรี อาจารย์ 2 ระดับ 6 โรงเรียนกีฬาจังหวัด

อุบลราชธานี

1.2 ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ

- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนชิงถ้วยผู้บัญชาการทหารอากาศ ประจำปี 2541

- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี

2540-2541

- รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีม

เดี่ยว ประจำปี 2542

- รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542

- รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬานักเรียนนักศึกษาเขตการศึกษา 10 ประจำปี 2542

2. นายปรีชา อุทรศรี

2.1 ประวัติ

เกิดวันที่ 25 มกราคม 2528 อายุ 15 ปี ที่อยู่ 39 หมู่ 6 บ้านนาม่วง อ.คอนคา

จ.มุกดาหาร 49100

ผู้ฝึกสอนตะกร้อ นายสุภกิจ จันทร์ศรี อาจารย์ 2 ระดับ 6 โรงเรียนกีฬาจังหวัด

อุบลราชธานี

2.2 ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ

- รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีม

เดี่ยว ประจำปี 2542

- รองชนะเลิศอันดับ 2 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542

### 3. นายพงษ์ศักดิ์ โพธิชา

#### 3.1 ประวัติ

เกิดวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2527 อายุ 16 ปี ที่อยู่ 32 หมู่ 7 ต.เขื่องคำ อ.เมือง

จ.ยโสธร 35000

ผู้ฝึกสอนตะกร้อ นายศุภกิจ จันทร์ตรี อาจารย์ 2 ระดับ 6 โรงเรียนกีฬาจังหวัด

อุบลราชธานี

#### 3.2 ผลงานทางด้านกีฬาเซปักตะกร้อ

- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนชิงถ้วยผู้บัญชาการทหารอากาศ ประจำปี 2539

- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี

2540-2541

- รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542

- รองชนะเลิศอันดับ 1 กีฬานักเรียนนักศึกษาเขตการศึกษา 10 ประจำปี 2542

### 4. เด็กชายสุภา อางหาญ

#### 4.1 ประวัติ

เกิดวันที่ 26 มิถุนายน 2528 อายุ 14 ปี ที่อยู่ 27 หมู่ 6 อ.คอนคาจ จ.มุกดาหาร 49100

ผู้ฝึกสอนตะกร้อ นายศุภกิจ จันทร์ตรี อาจารย์ 2 ระดับ 6 โรงเรียนกีฬาจังหวัด

อุบลราชธานี

- ชนะเลิศ กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีมเดี่ยว ประจำปี

2541

- รองชนะเลิศ อันดับ 1 กีฬานักเรียนกรมพลศึกษา ประเภททีมชุดและทีม

เดี่ยว ประจำปี 2542

- รองชนะเลิศอันดับ 2 กีฬาโรงเรียนกีฬาแห่งประเทศไทย ประจำปี 2542

สถาบันวิจัยกีฬามหาวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

ที่	ชื่อ - สกุล	อายุ (ปี)	ส่วนสูง (ซ.ม.)	น.น. (ก.ก)	ความยาวขา (ซ.ม.)	ความสูงจุดศูนย์ถ่วง (ซ.ม.)	ความแข็งแรงขา (ก.ก.)	ความแข็งแรงหลัง (ก.ก.)	ความอ่อนตัว (ซ.ม.)	กระโดดสูง (ซ.ม.)	เวลาปฏิบัติ (วินาที)
1	เอกรินทร์ นิลเนตร	16	165.5	63	77	99	160	110	24.4	53	0.85
2	ปวีชา อุตศิริ	15	167	56	80	103	160	130	15.3	45	0.53
3	พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ชา	16	160.5	50	73	97	125	110	21.1	52	0.66
4	สุภา อางหาญ	14	161.5	54	78	99	210	110	13.9	44	0.59

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



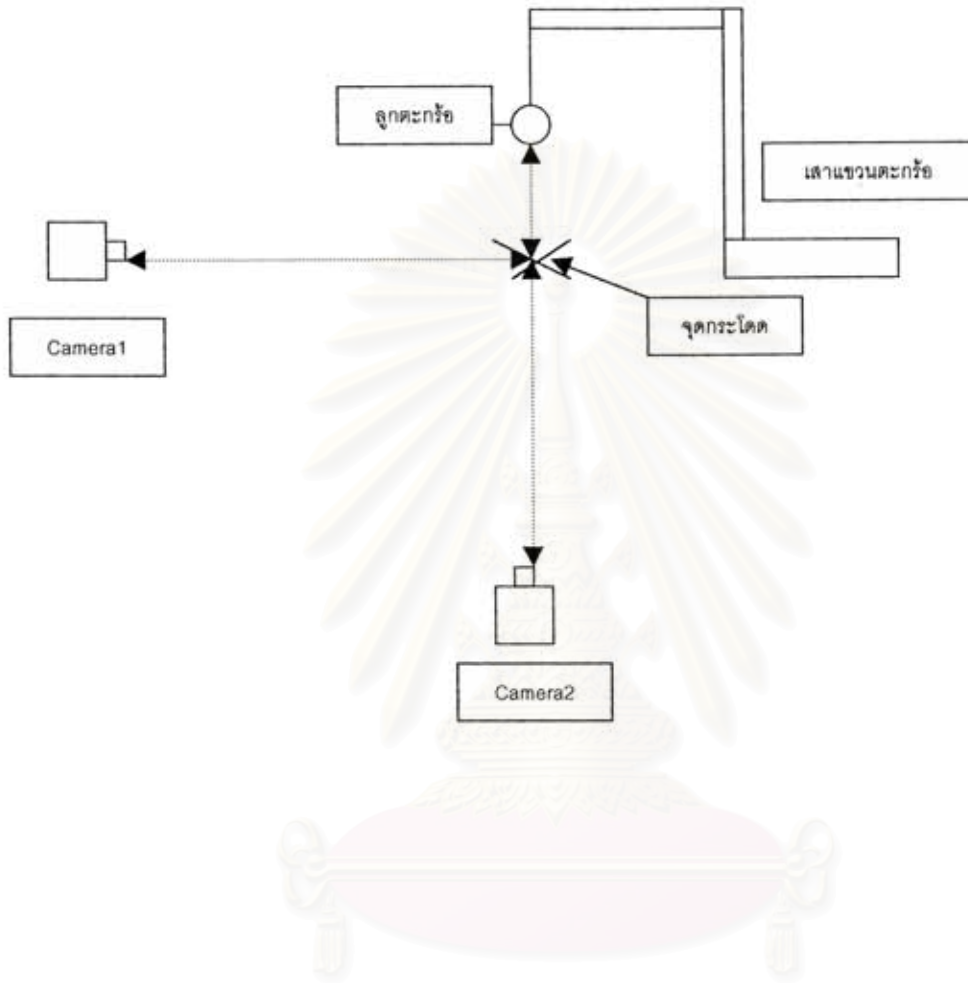
ภาคผนวก ข.

ภาพการติดตั้งเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

ภาพลักษณะท่าทางในการฟาดในชั้นต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ภาพการติดตั้งเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหว



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟาดบอลที่ฝั่งกระซอ นักกีฬาคนที่ 1  
ชั้นเริ่มกระโดด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

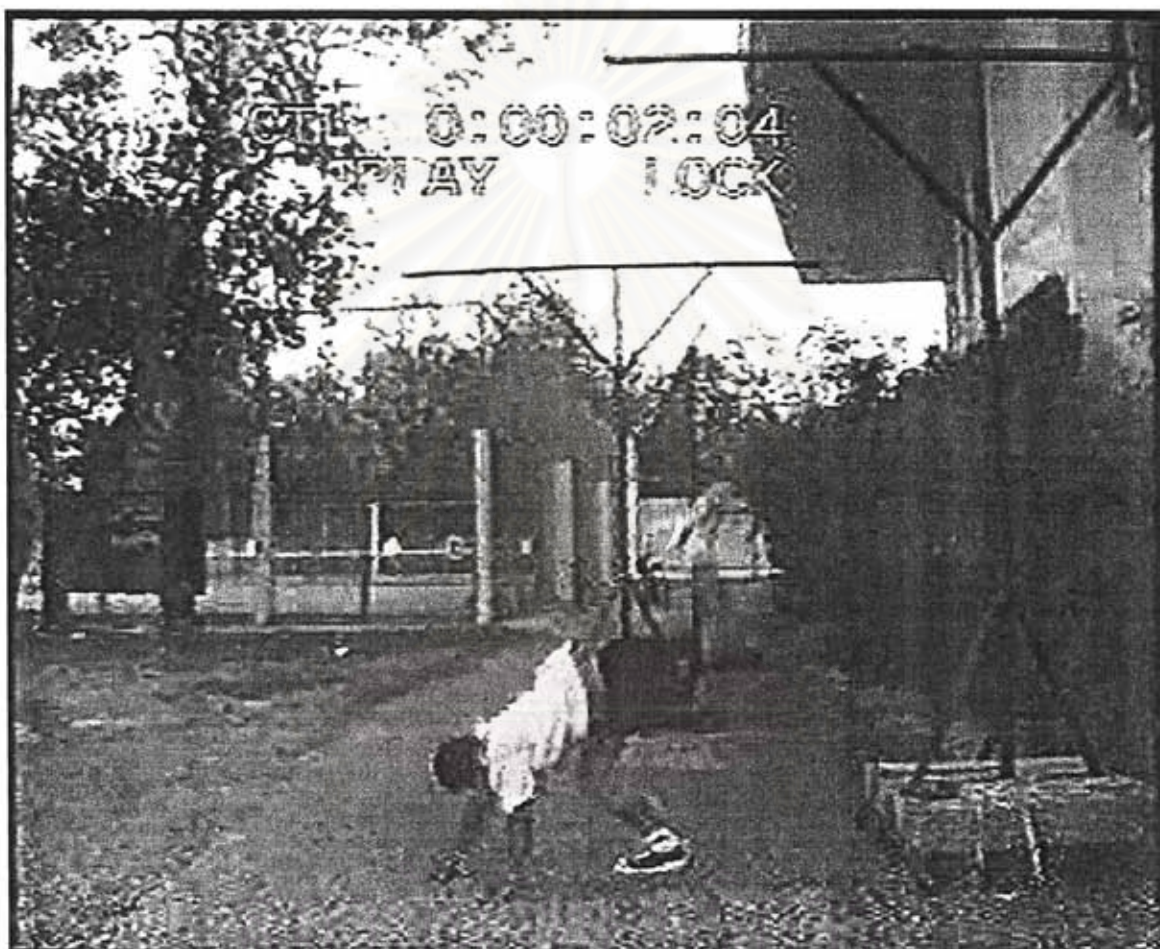


ภาพการฟิตเนสที่สนามของนักกีฬาคนที่ 1  
ชั้นกระบอก



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟัดมวยที่สังกของนักกีฬาคนที่ 1  
ชั้นลงสู่พื้น



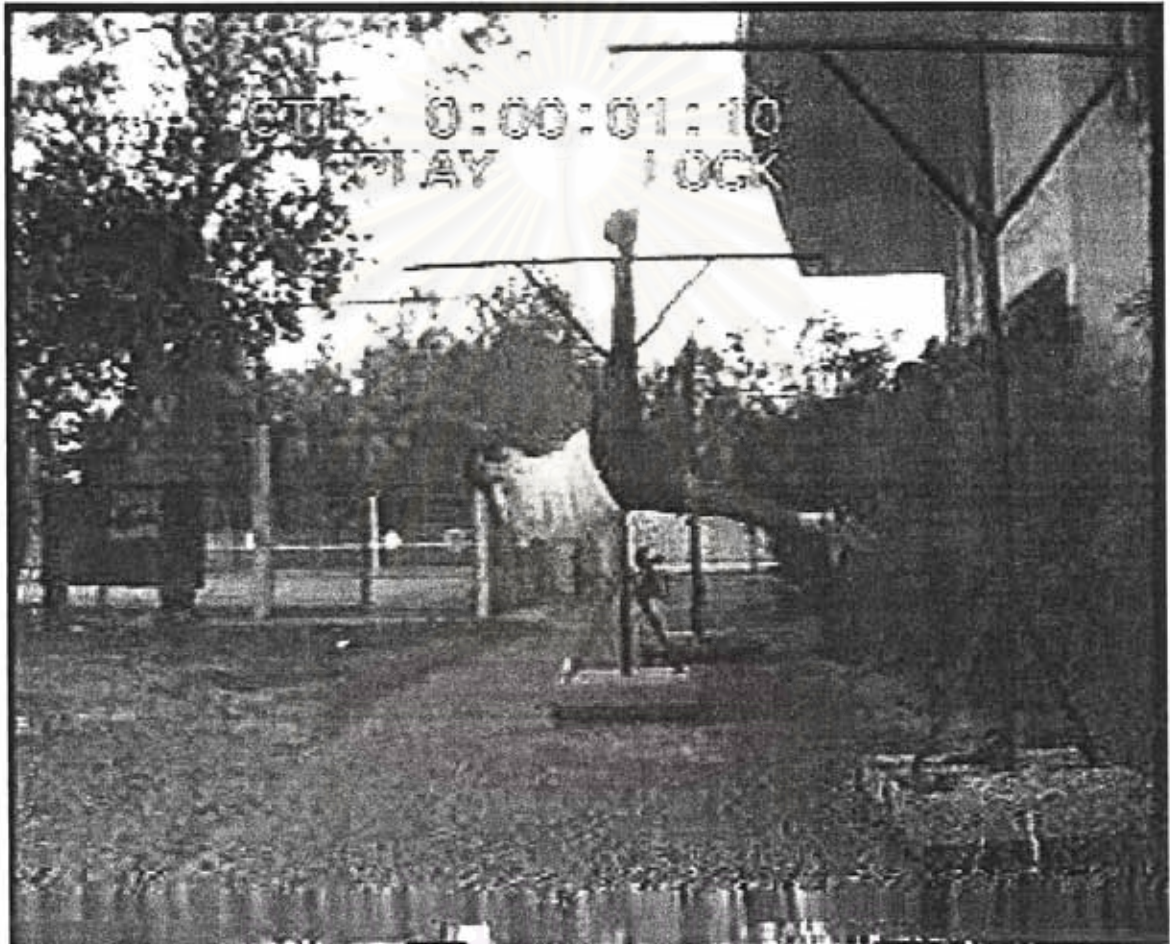
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพรฟาดแบบตีลังกาของ มัทธิงิพาคณที 2  
ัฒนัรณัระโดด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการพ่นหมอกป้องกันเชื้อแบคทีเรีย  
ชั้นกระทบลูก



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟัดแชมป์โลกของนักกีฬาคนที่ 2  
ชั้นลงสู่พื้น



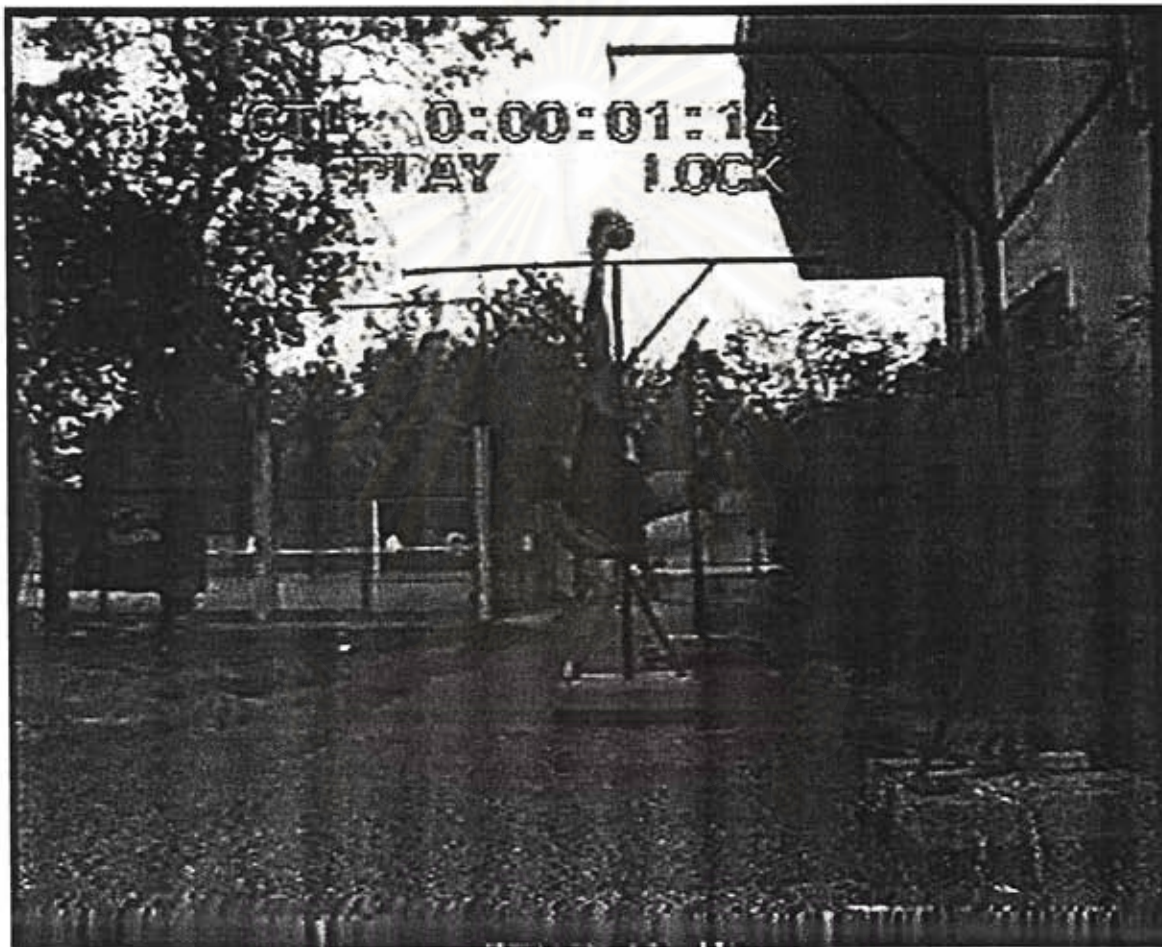
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟาดแนวตั้งจากของนักกีฬาคนที่ 3  
ชั้นเริ่มกระโดด



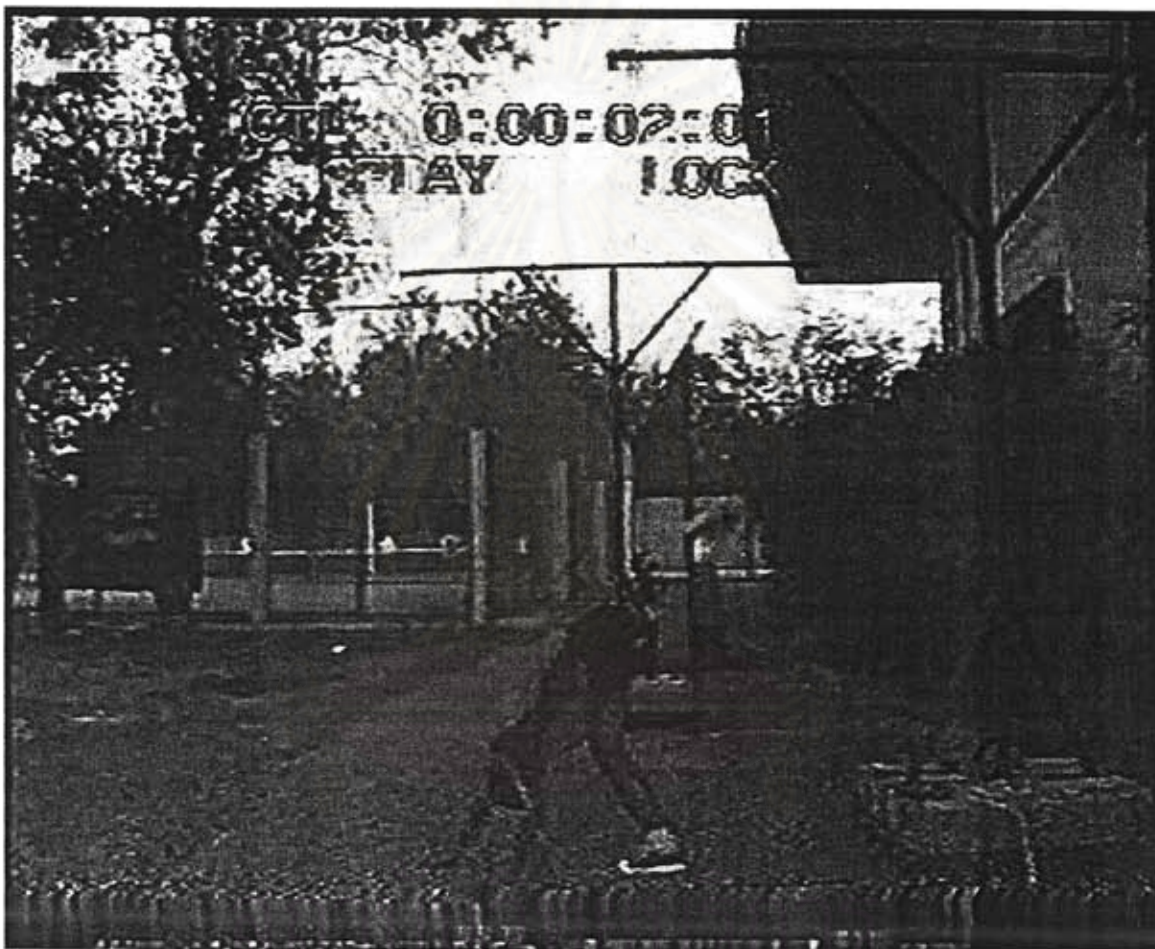
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟัดแบบตีลังกาของนักกีฬาคนที่ 3  
ชั้นกระต๊อบ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาคนที่ 3  
ชั้นลงสู่พื้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

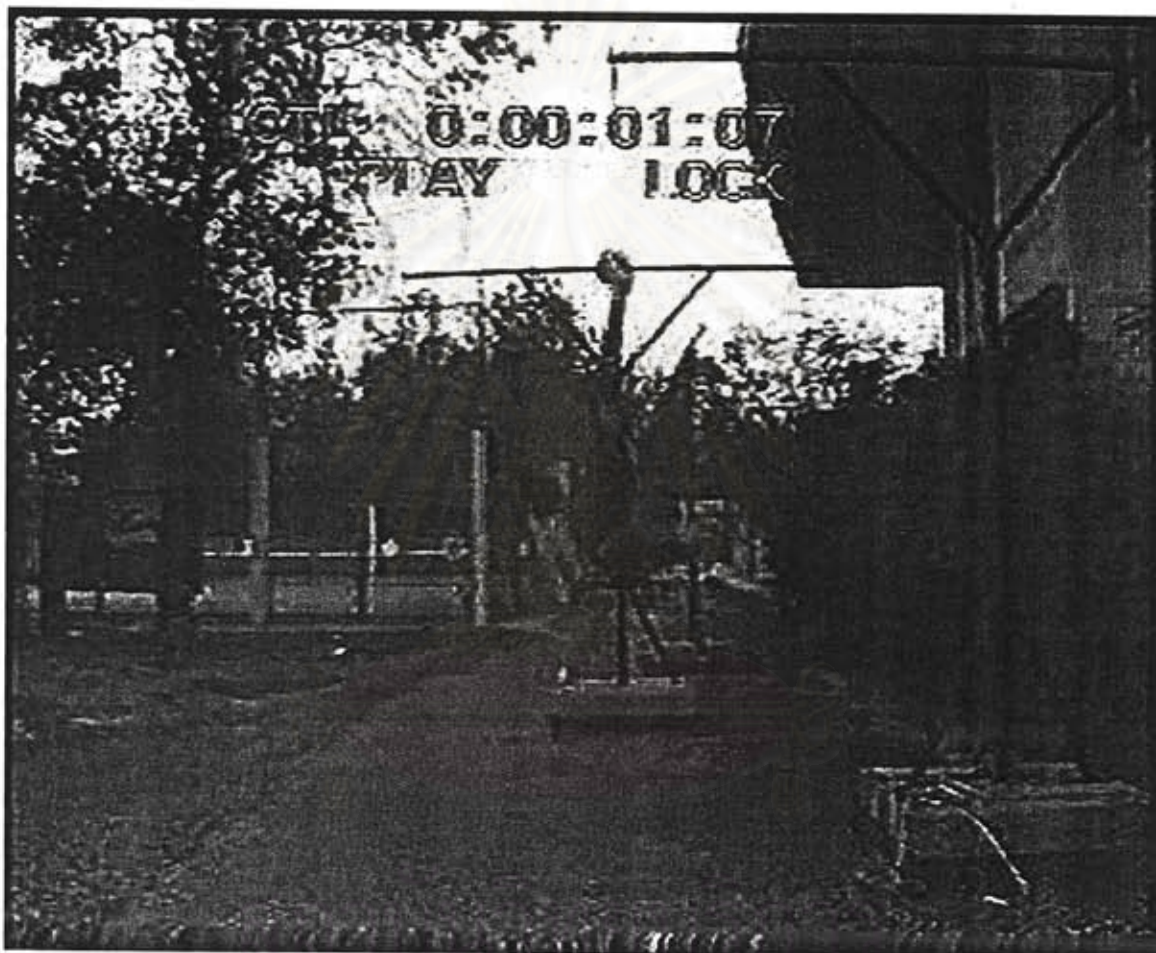


ภาพการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาคนที่ 4  
ชั้นเริ่มกระโดด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟัดแบบตีลังกาของนักกีฬาคนที่ 4  
ชั้นกระตบลูก



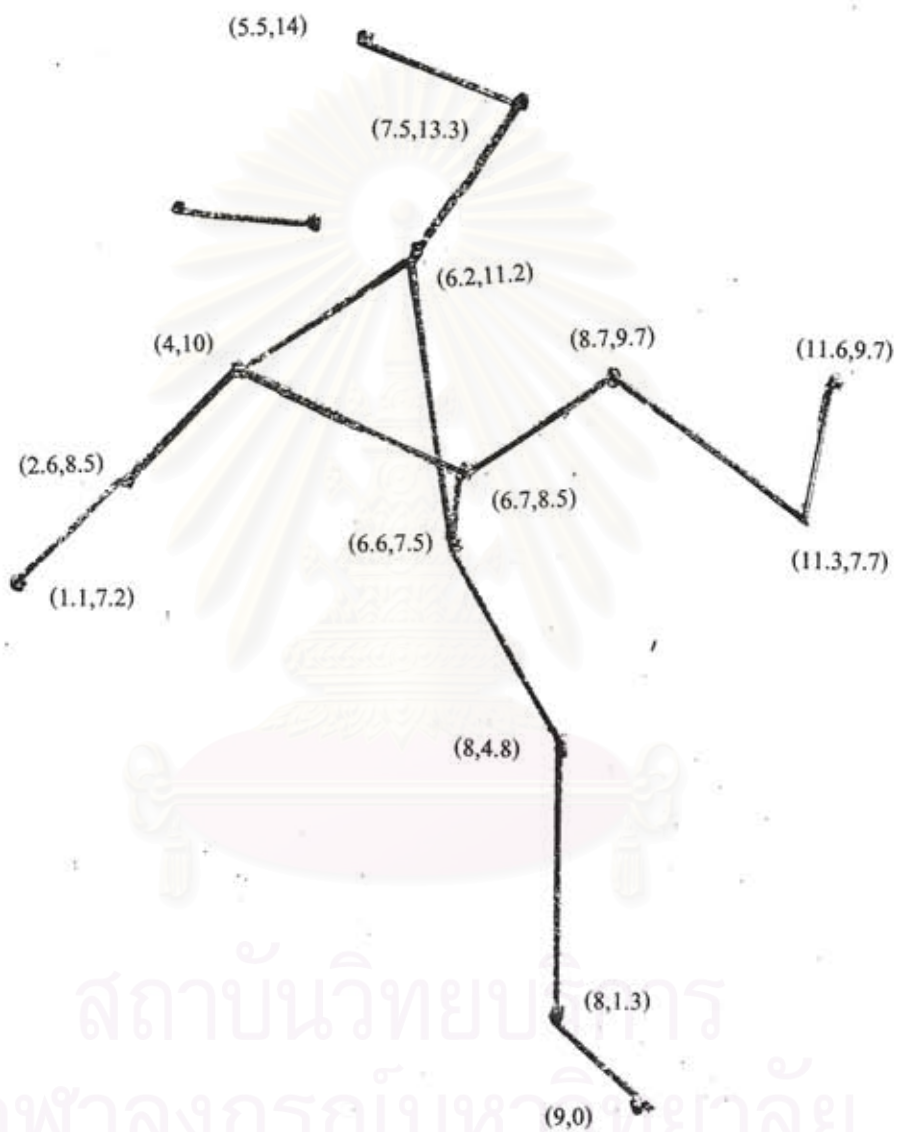
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพการฟัดแบบตีลังกาของนักกีฬาคนที่ 4  
ชั้นลงสู่พื้น



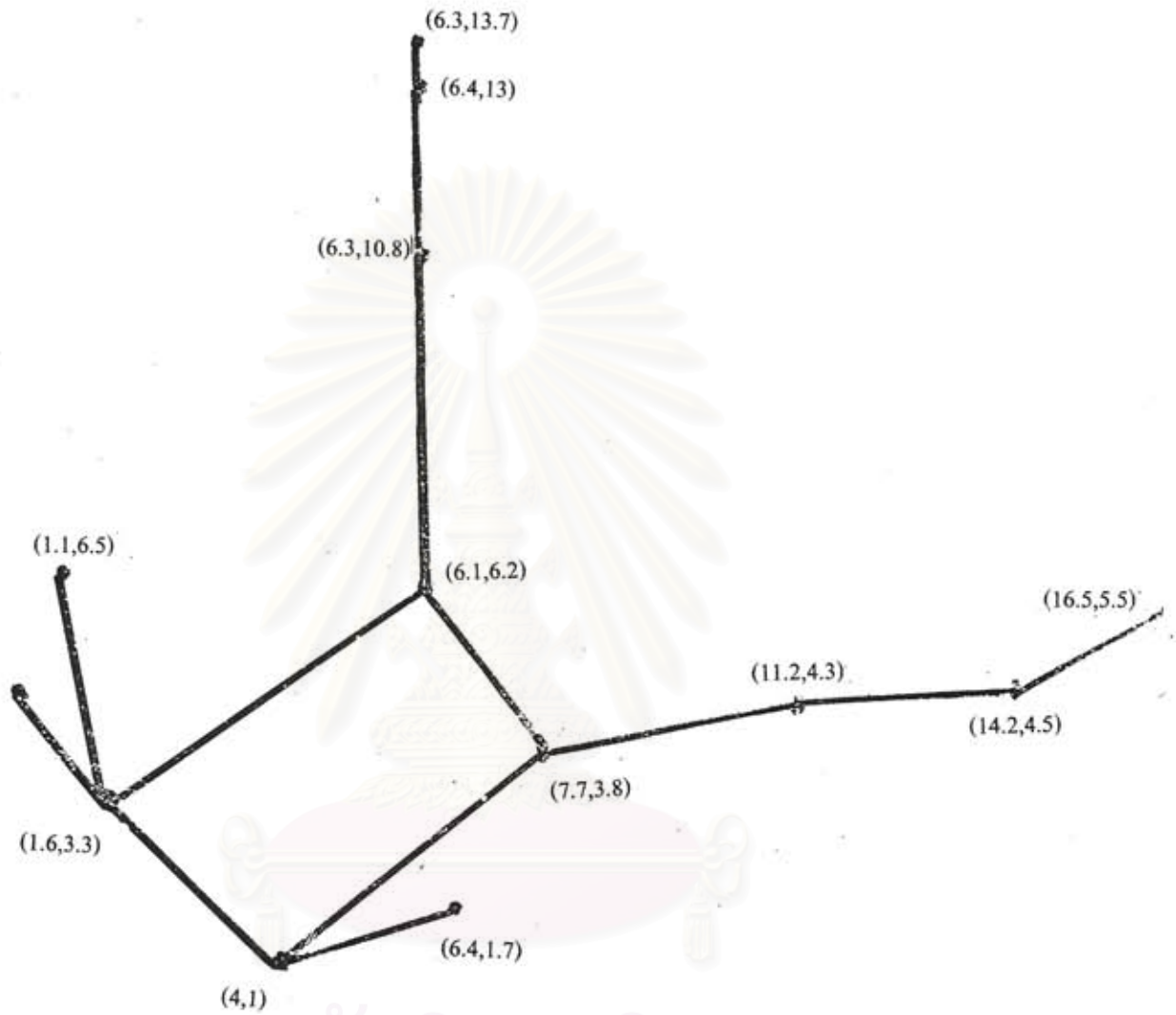
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่เกิดจากการนำแผ่นใสทาบบนจอโทรทัศน์และกำหนดจุดของข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย  
 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่ามุมสัมพัทธ์  
 ท่าขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1



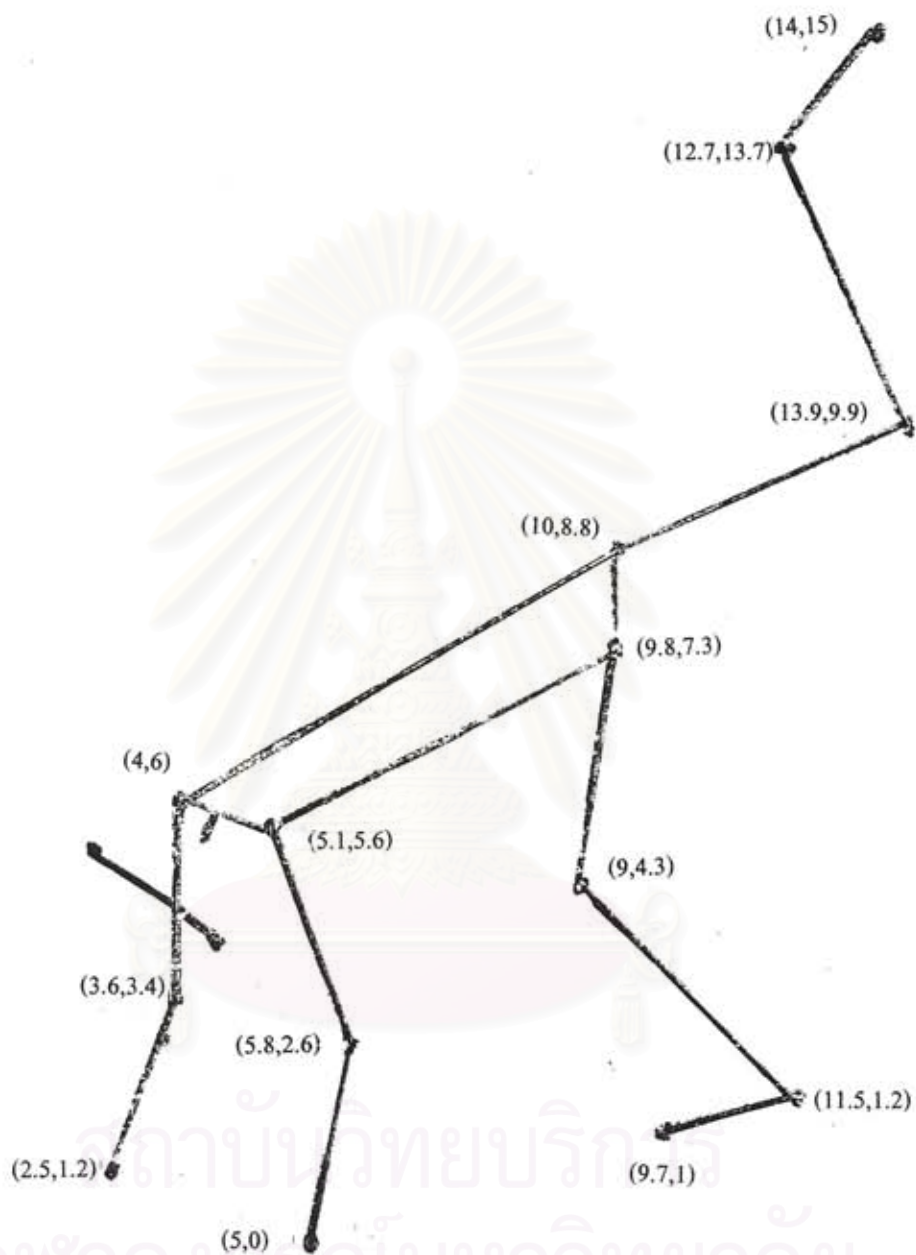
สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่าขณะเท้ากระทบบลูของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1

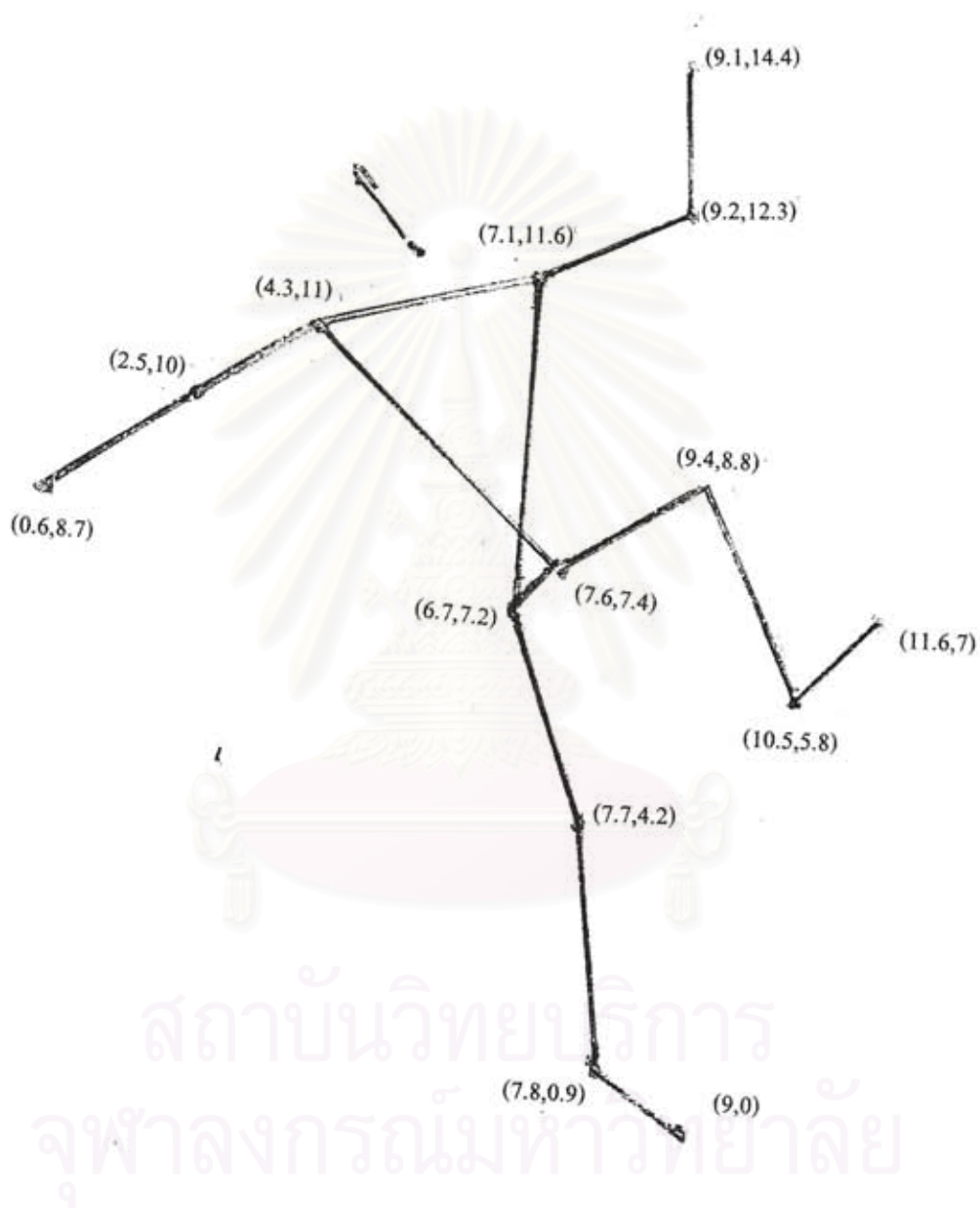


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

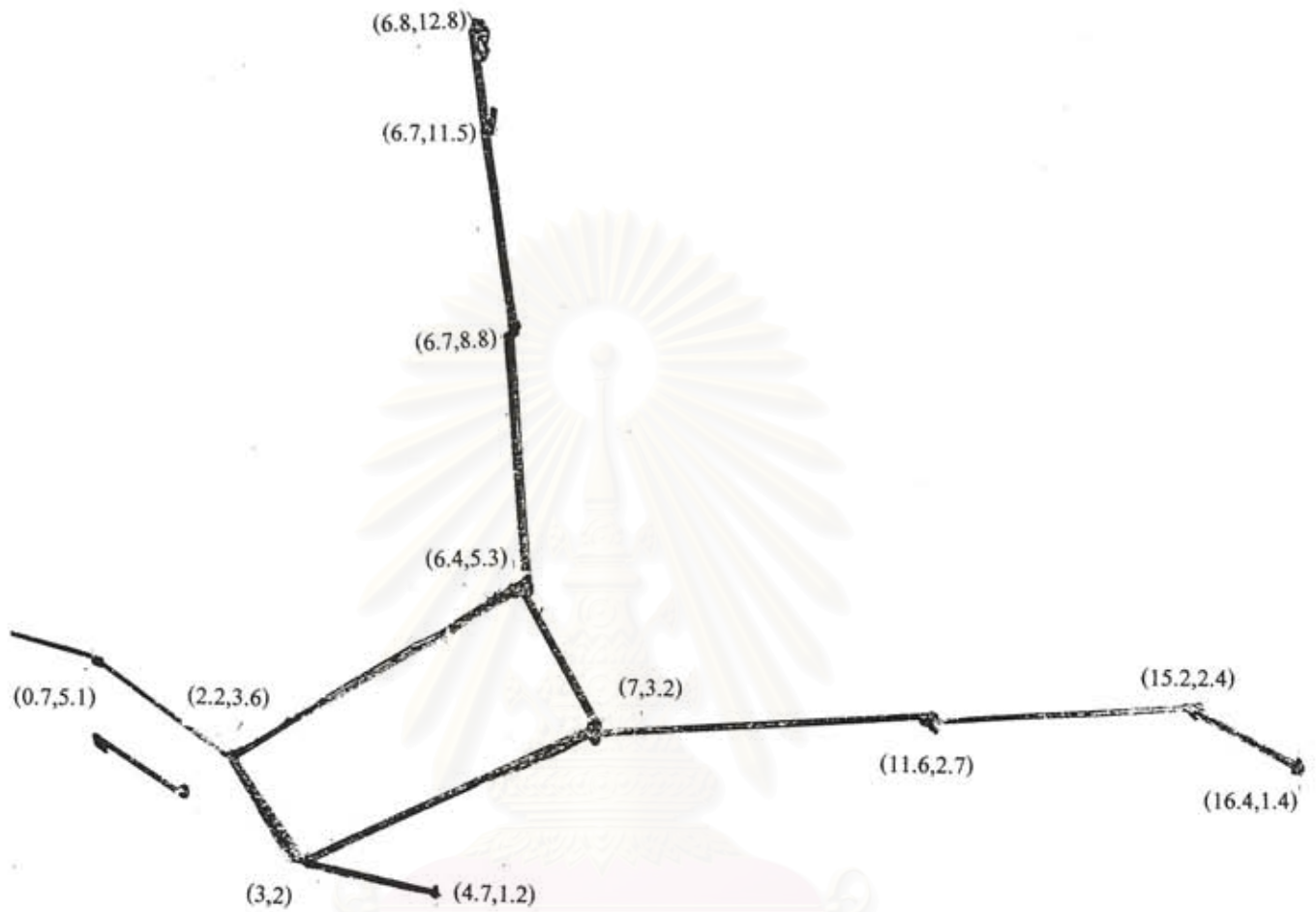
ท่าขณะลงสู่พื้นของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1



ท่าขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2



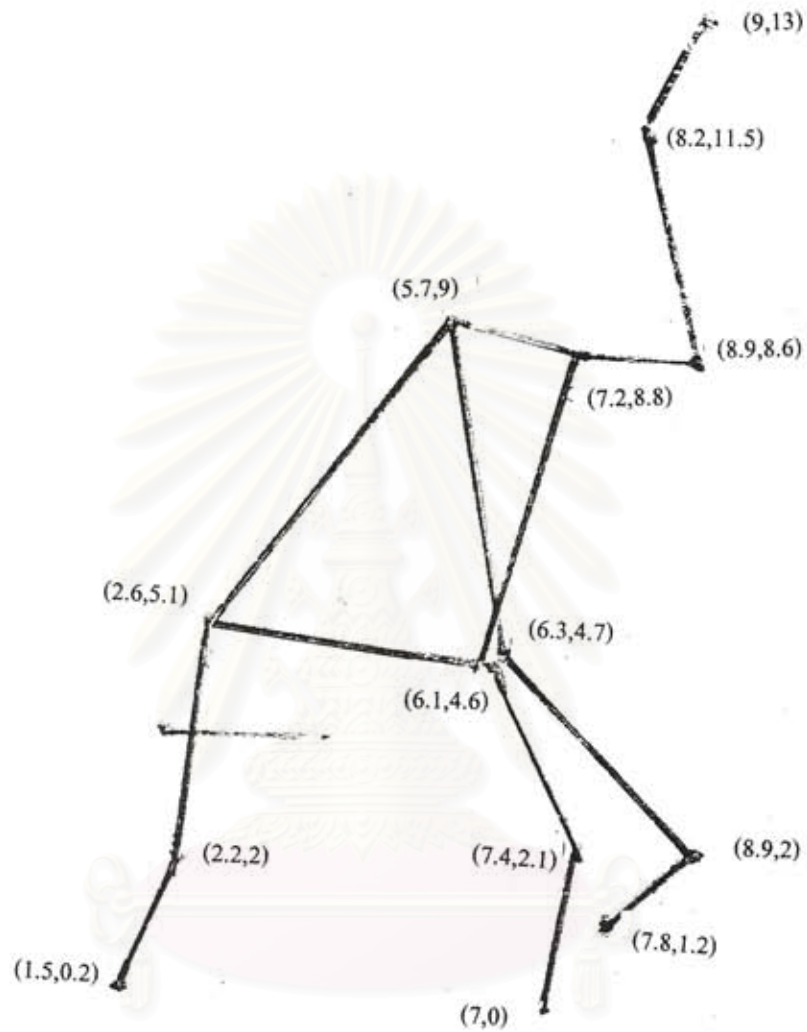
ทำขณะทำกระทบลูกของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

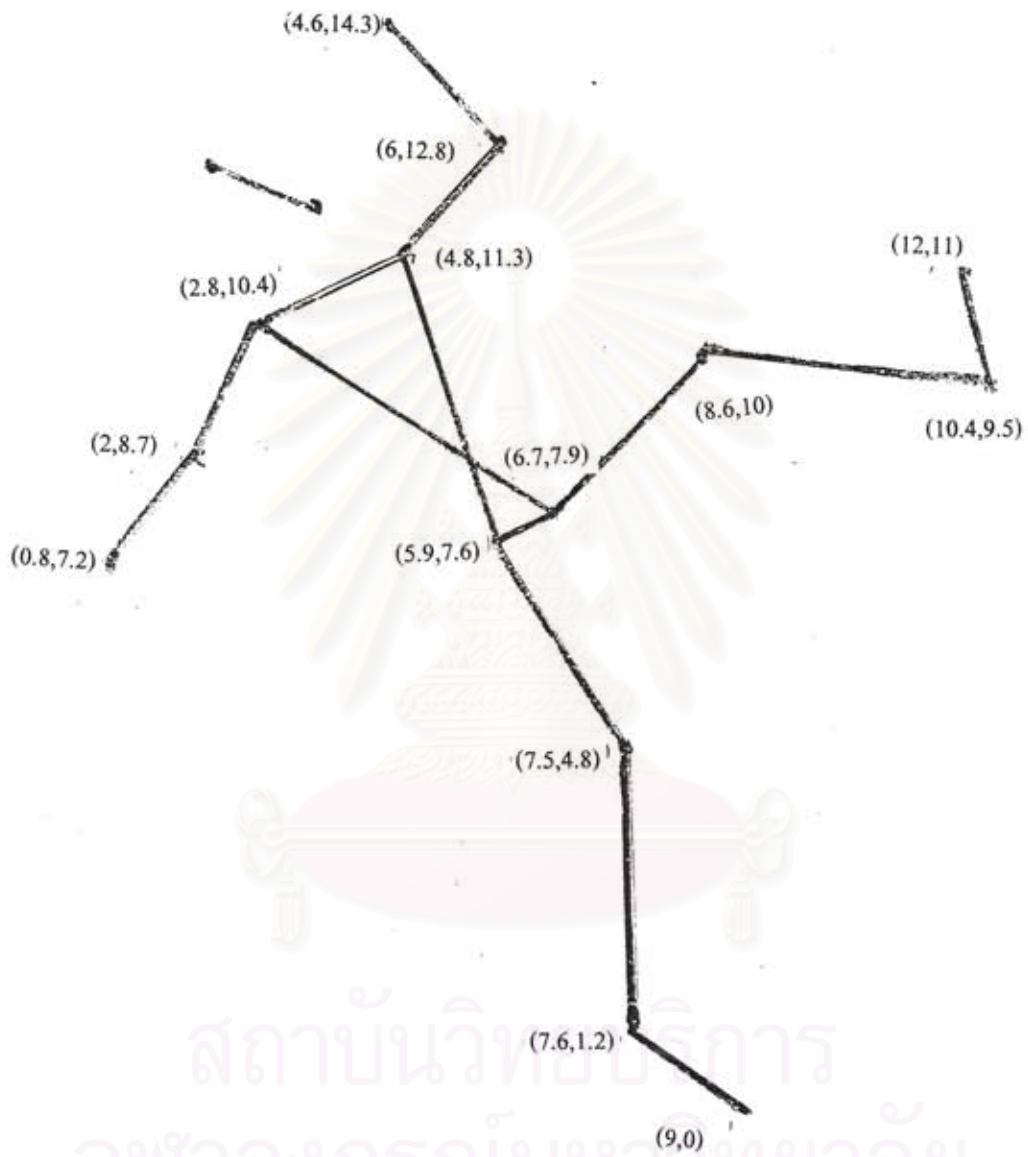


ท่าขณะลงสู่พื้นของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2

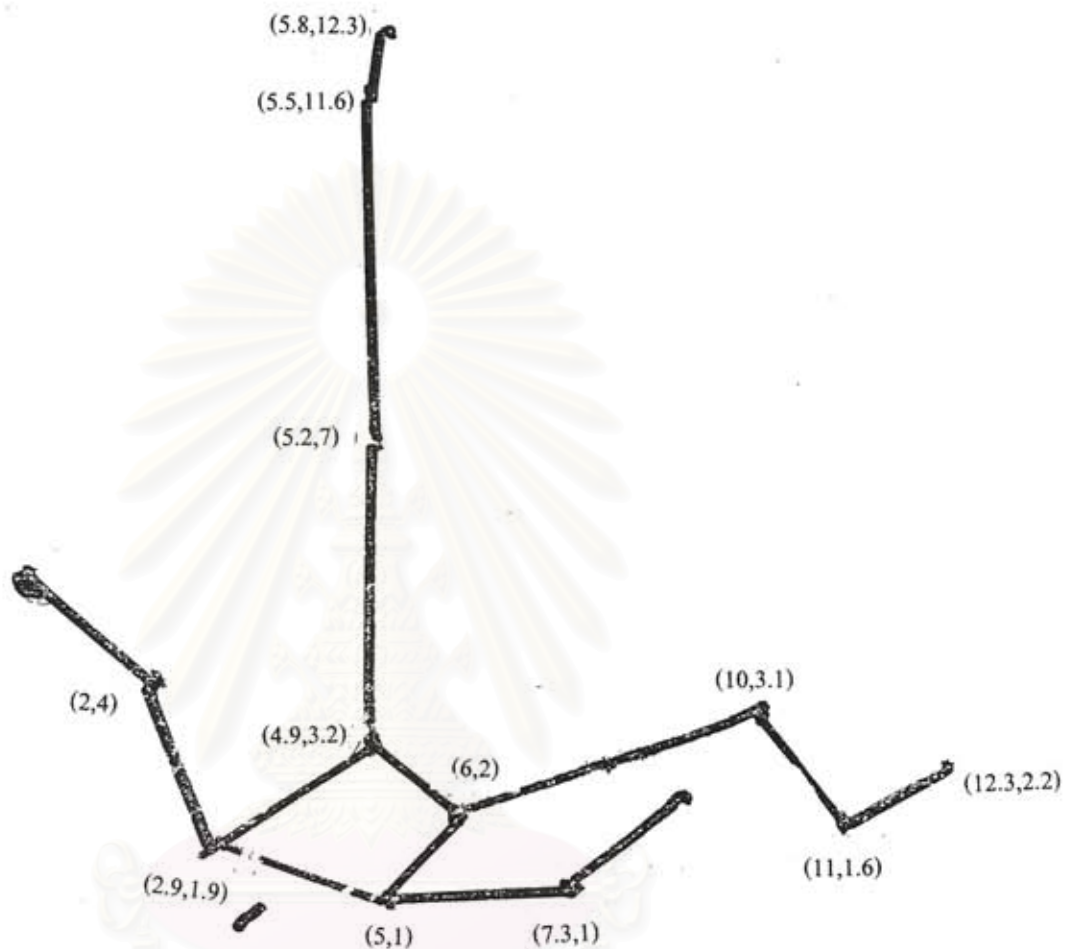


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3

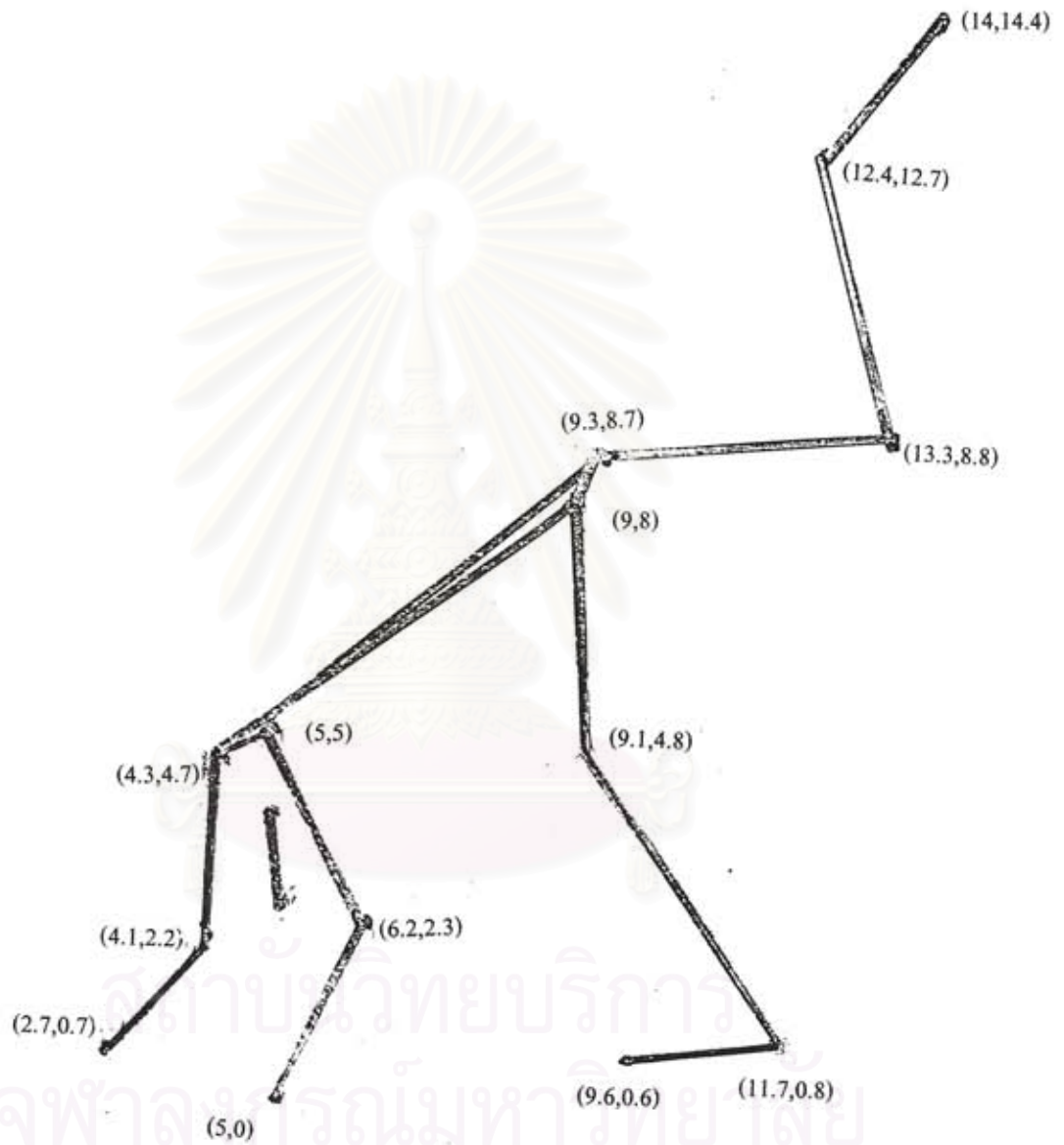


ท่าขณะเท้ากระทบลูกของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3

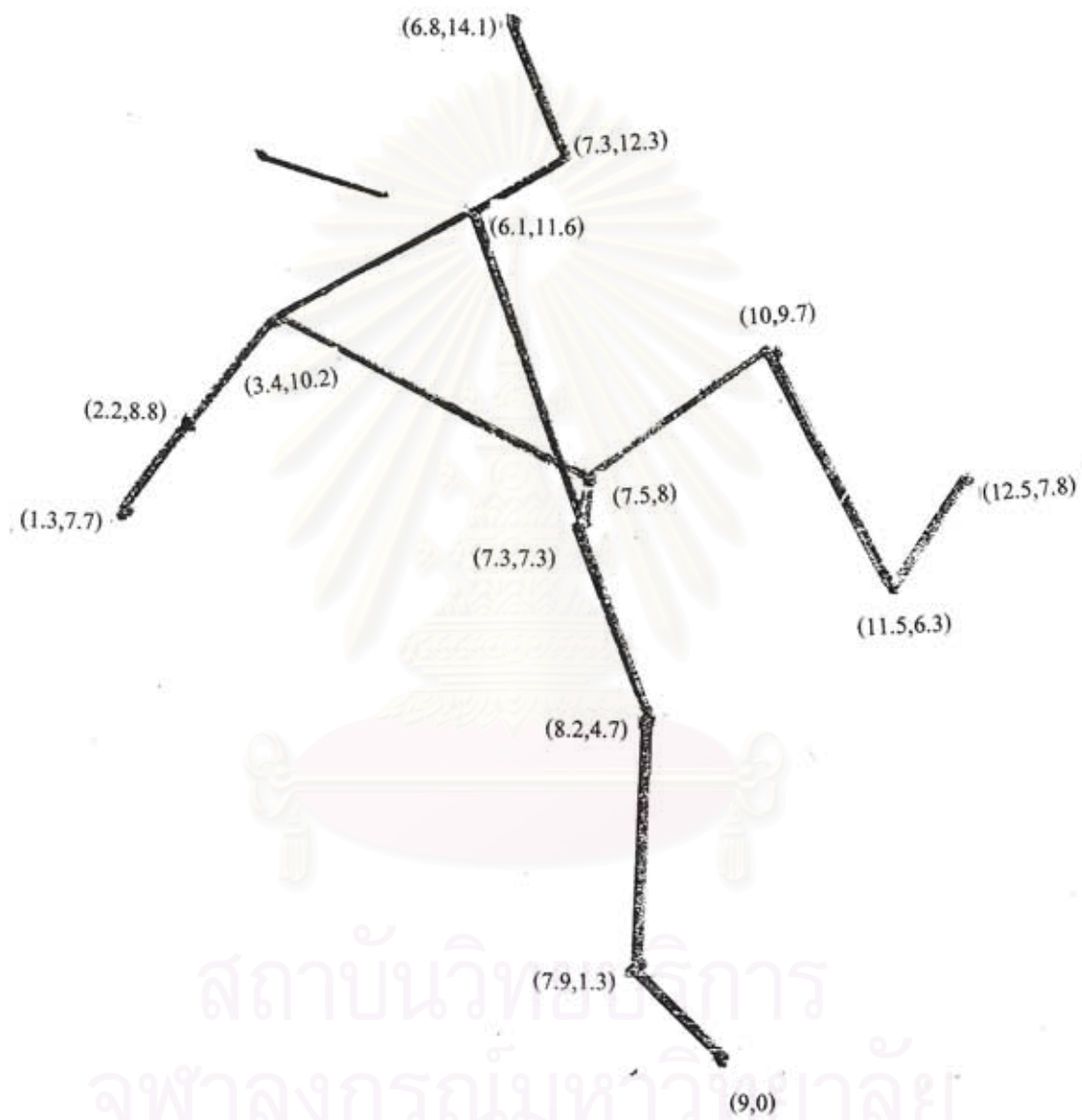


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

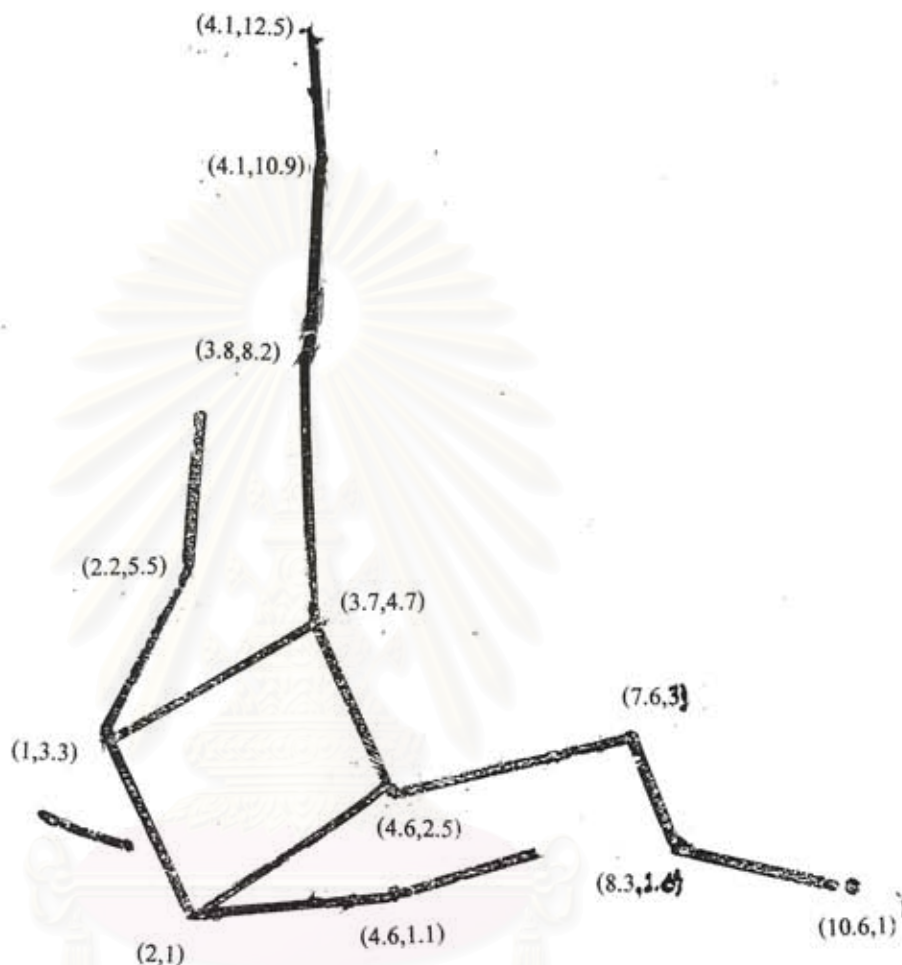
ท่าขณะลงสู่พื้นของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3



ทำขณะเริ่มกระโดดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4

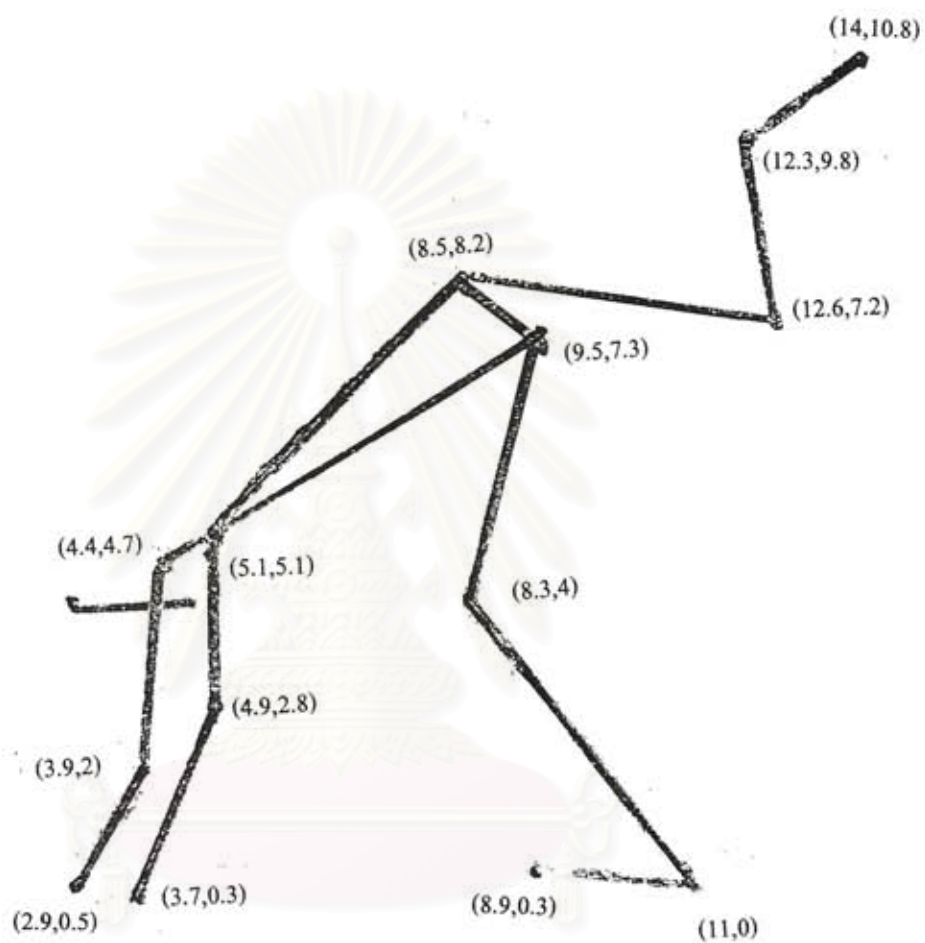


ท่าขณะเท้ากระทบลูกของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4




สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำขณะลงสู่พื้นของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลคิบนุ่มของร่างกายในขณะต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง  
ข้อมูลคิบนุ่มความเร็วเริ่มต้น ความเร็วขณะกระทบลูก และความเร็วสูงสุดของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา  
ข้อมูลคิบนุ่มความเร็วตั้งแต่เริ่มกระโดดฟาดจนกระทบลูกตะกร้อของเท้าในการฟาดแบบตีลังกา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ขั้นเริ่มกระโดด กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	8	8	0	1.3	4.8	4.9030603	1.640122	3.5
ข้อเท้าซ้าย	11.8	11.3	8.7	9.7	7.7	9.7	2.9	2.022375	3.280244
เข่าขวา	6.6	8	8	7.5	4.8	1.3	6.3560994	3.041381	3.5
เข่าซ้าย	6.7	8.7	11.3	8.5	9.7	7.7	4.669047	2.332381	3.280244
สะโพกขวา	8	6.6	6.2	4.8	7.5	11.2	6.6483081	3.041381	3.721559
สะโพกซ้าย	8.7	6.7	4	9.7	8.5	10	4.7095647	2.332381	3.088689
ไหล่ขวา	6.6	6.2	7.5	7.5	11.2	13.3	5.8694122	3.721559	2.469818
ไหล่ซ้าย	2.6	4	6.7	8.5	10	8.5	4.1	2.051828	3.088689

## ขั้นเริ่มกระโดด กลุ่มตัวอย่างคนที่ 2

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.8	7.7	0	0.9	4.2	4.3965896	1.5	3.301515
ข้อเท้าซ้าย	11.8	10.5	9.4	7	5.8	8.8	2.8425341	1.627882	3.195309
เข่าขวา	6.7	7.7	7.8	7.2	4.2	0.9	6.3953108	3.162278	3.301515
เข่าซ้าย	7.6	9.4	10.5	7.4	8.8	5.8	3.312099	2.280351	3.195309
สะโพกขวา	7.7	6.7	7.1	4.2	7.2	11.6	7.4242845	3.162278	4.418144
สะโพกซ้าย	9.4	7.6	4.3	8.8	7.4	11	5.5542776	2.280351	4.883646
ไหล่ขวา	6.7	7.1	9.2	7.2	11.6	12.3	5.6797887	4.418144	2.213594
ไหล่ซ้าย	7.6	4.3	2.5	7.4	11	10	5.7245087	4.883646	2.059126

## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ชั้นเริ่มกระโดด กลุ่มตัวอย่างคนที่ 3

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.6	7.5	0	1.2	4.8	5.0289164	1.843909	3.601389
ข้อเท้าซ้าย	12	10.4	8.6	11	9.5	10	3.544009	2.193171	1.868154
เข่าขวา	5.9	7.5	7.6	7.6	4.8	1.2	6.6219333	3.224903	3.601389
เข่าซ้าย	6.7	8.6	10.4	7.9	10	9.5	4.0311289	2.83196	1.868154
สะโพกขวา	7.5	5.9	4.8	4.8	7.6	11.3	7.0384657	3.224903	3.860052
สะโพกซ้าย	8.6	6.7	2.8	10	7.9	10.4	5.8137767	2.83196	4.632494
ไหล่ขวา	5.9	4.8	6	7.6	11.3	11.8	4.2011903	3.860052	1.3
ไหล่ซ้าย	6.7	2.8	2	7.9	10.4	8.7	4.767599	4.632494	1.878829

## ชั้นเริ่มกระโดด กลุ่มตัวอย่างคนที่ 4

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.9	8.2	0	1.3	4.7	4.767599	1.702939	3.41321
ข้อเท้าซ้าย	12.9	11.5	10	7.8	6.3	9.7	3.1400637	1.802776	3.716181
เข่าขวา	7.3	8.2	7.9	7.3	4.7	1.3	6.0299254	2.751363	3.41321
เข่าซ้าย	7.5	10	11.5	8	9.7	6.3	4.3462628	3.023243	3.716181
สะโพกขวา	6.1	7.3	8.2	11.6	7.3	4.7	7.2124892	4.464303	2.751363
สะโพกซ้าย	10	7.5	3.4	9.7	8	10.2	6.6189123	3.023243	4.652956
ไหล่ขวา	7.3	6.1	7.3	7.3	11.6	12.3	5	4.464303	1.389244
ไหล่ซ้าย	2.2	3.4	7.5	8.8	10.2	8	5.3600373	1.843909	4.652956

## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ชั้นกระแทก กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	6.3	6.4	6.3	10.8	13	13.7	2.9	2.202272	0.707107
ข้อเท้าซ้าย	10.5	14.2	11.2	5.5	4.5	4.3	5.4341513	2.507987	3.006659
เข่าขวา	6.1	6.3	6.4	6.2	10.8	13	6.8066144	4.604346	2.202272
เข่าซ้าย	7.7	11.2	14.2	3.8	4.3	4.5	6.5375837	3.535534	3.006659
สะโพกขวา	6.3	6.1	1.6	10.8	6.2	3.3	8.8509886	4.604346	5.353504
สะโพกซ้าย	4	7.7	11.2	1	3.8	4.3	7.9202273	4.640043	3.535534
ไหล่ขวา	6.1	1.6	1.1	6.2	3.3	6.5	5.0089919	5.353504	3.238827
ไหล่ซ้าย	6.4	4	7.7	1.7	1	3.8	2.4698178	2.5	4.640043

## ชั้นกระแทก กลุ่มตัวอย่างคนที่ 2

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	6.7	6.7	6.8	8.8	11.5	12.8	4.0012498	2.7	1.30384
ข้อเท้าซ้าย	11.0	15.2	16.4	2.7	2.4	1.4	4.9729267	3.612478	1.56205
เข่าขวา	6.7	6.7	6.4	11.5	8.8	5.3	6.2072538	2.7	3.512834
เข่าซ้าย	15.2	11.6	7	2.4	2.7	3.2	8.238932	3.612478	4.627094
สะโพกขวา	6.7	6.4	2.2	8.8	5.3	3.6	6.8767725	3.512834	4.531004
สะโพกซ้าย	3	7	11.6	2	3.2	2.7	8.6284413	4.176123	4.627094
ไหล่ขวา	6.4	2.2	0.7	5.31	3.6	5.1	5.7038671	4.534766	2.12132
ไหล่ซ้าย	4.7	3	7	1.2	2	3.2	3.0479501	1.878829	4.176123

## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ชั้นกระตบถูก กลุ่มตัวอย่างคนที่ 3

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	5.2	5.5	5.8	7	11.6	12.3	5.3338541	4.609772	0.761577
ข้อเท้าซ้าย	12.3	11	10	2.2	1.6	3.1	2.4698178	1.431782	1.802776
เข่าขวา	4.9	5.2	5.5	3.2	7	11.6	8.4214013	3.811824	4.609772
เข่าซ้าย	6	10	11	2	3.1	1.6	5.0159745	4.148494	1.802776
สะโพกขวา	5.2	4.9	2.9	7	3.2	1.9	5.5946403	3.811824	2.385372
สะโพกซ้าย	5	6	10	1	2	3.1	5.4230987	1.414214	4.148494
ไหล่ขวา	4.9	2.9	2	3.2	1.9	4	3.0083218	2.385372	2.284732
ไหล่ซ้าย	7.3	5	6	1	1	2	1.6401219	2.3	1.414214

## ชั้นกระตบถูก กลุ่มตัวอย่างคนที่ 4

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	4.1	4.1	3.8	12.5	10.9	8.2	4.3104524	1.6	2.716616
ข้อเท้าซ้าย	10.8	8.3	7.6	1	1.6	3	3.6055513	2.376973	1.565248
เข่าขวา	3.7	3.8	4.1	4.7	8.2	10.9	6.2128898	3.501428	2.716616
เข่าซ้าย	4.6	7.6	8.3	2.5	3	1.6	3.8078866	3.041381	1.565248
สะโพกขวา	3.8	3.7	1	8.2	4.7	3.3	5.6435804	3.501428	3.041381
สะโพกซ้าย	2	4.6	7.6	1	2.5	3	5.9464275	3.001666	3.041381
ไหล่ขวา	3.7	1	2.2	4.7	3.3	5.5	1.7	3.041381	2.505993
ไหล่ซ้าย	4.6	2	4.6	1.1	1	2.5	1.4	2.601922	3.001666

## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ชั้นลงสู่พื้น กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	8	8	0	1.3	4.8	4.9030603	1.640122	3.5
ข้อเท้าซ้าย	11.8	11.3	8.7	9.7	7.7	9.7	2.9	2.022375	3.280244
เข่าขวา	6.6	8	8	7.5	4.8	1.3	6.3560994	3.041381	3.5
เข่าซ้าย	6.7	8.7	11.3	8.5	9.7	7.7	4.669047	2.332381	3.280244
สะโพกขวา	8	6.6	6.2	4.8	7.5	11.2	6.6483081	3.041381	3.721559
สะโพกซ้าย	8.7	6.7	4	9.7	8.5	10	4.7095647	2.332381	3.088689
ไหล่ขวา	6.6	6.2	7.5	7.5	11.2	13.3	5.8694122	3.721559	2.469818
ไหล่ซ้าย	2.6	4	6.7	8.5	10	8.5	4.1	2.051828	3.088689

## ชั้นลงสู่พื้น กลุ่มตัวอย่างคนที่ 2

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.8	7.7	0	0.9	4.2	4.3965896	1.5	3.301515
ข้อเท้าซ้าย	11.8	10.5	9.4	7	5.8	8.8	2.8425341	1.627882	3.195309
เข่าขวา	6.7	7.7	7.8	7.2	4.2	0.9	6.3953108	3.162278	3.301515
เข่าซ้าย	7.6	9.4	10.5	7.4	8.8	5.8	3.312099	2.280351	3.195309
สะโพกขวา	7.7	6.7	7.1	4.2	7.2	11.6	7.4242845	3.162278	4.418144
สะโพกซ้าย	9.4	7.6	4.3	8.8	7.4	11	5.5542776	2.280351	4.883646
ไหล่ขวา	6.7	7.1	9.2	7.2	11.6	12.3	5.6797887	4.418144	2.213594
ไหล่ซ้าย	7.6	4.3	2.5	7.4	11	10	5.7245087	4.883646	2.059126

## ข้อมูลมุมสัมพัทธ์ของร่างกาย

## ชั้นลงสู่พื้น กลุ่มตัวอย่างคนที่ 3

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.6	7.5	0	1.2	4.8	5.0289164	1.843909	3.601389
ข้อเท้าซ้าย	12	10.4	8.6	11	9.5	10	3.544009	2.193171	1.868154
เข่าขวา	5.9	7.5	7.6	7.6	4.8	1.2	6.6219333	3.224903	3.601389
เข่าซ้าย	6.7	8.6	10.4	7.9	10	9.5	4.0311289	2.83196	1.868154
สะโพกขวา	7.5	5.9	4.8	4.8	7.6	11.3	7.0384657	3.224903	3.860052
สะโพกซ้าย	8.6	6.7	2.8	10	7.9	10.4	5.8137767	2.83196	4.632494
ไหล่ขวา	5.9	4.8	6	7.6	11.3	11.8	4.2011903	3.860052	1.3
ไหล่ซ้าย	6.7	2.8	2	7.9	10.4	8.7	4.767599	4.632494	1.878829

## ชั้นลงสู่พื้น กลุ่มตัวอย่างคนที่ 4

angle	XH	XK	XA	YH	YK	YA	a	b	c
ข้อเท้าขวา	9	7.9	8.2	0	1.3	4.7	4.767599	1.702939	3.41321
ข้อเท้าซ้าย	12.2	11.5	10	7.8	6.3	9.7	3.1400637	1.802776	3.716181
เข่าขวา	7.3	8.2	7.9	7.3	4.7	1.3	6.0299254	2.751363	3.41321
เข่าซ้าย	7.5	10	11.5	8	9.7	6.3	4.3462628	3.023243	3.716181
สะโพกขวา	6.1	7.3	8.2	11.6	7.3	4.7	7.2124892	4.464303	2.751363
สะโพกซ้าย	10	7.5	3.4	9.7	8	10.2	6.6189123	3.023243	4.652956
ไหล่ขวา	7.3	6.1	7.3	7.3	11.6	12.3	5	4.464303	1.389244
ไหล่ซ้าย	2.2	3.4	7.5	8.8	10.2	8	5.3600373	1.843909	4.652956

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1

123

S1T1	toe			ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
-1.49971	-0.16663	1.508936	-0.66675	1.166436	1.343551	-2.4995	1.666305	3.004007	
-1.45858	1.526902	2.111607	-0.0974	3.026948	3.028514	1.62349	2.512328	2.991239	
-1.22657	3.110456	3.343563	0.445795	4.61533	4.636809	4.243236	3.302373	5.376869	
-0.68934	4.501173	4.553651	0.931876	5.727461	5.802775	4.86056	3.987894	6.287157	
0.17318	5.666757	5.669403	1.322951	6.313169	6.450295	3.948138	4.530714	6.009589	
1.307553	6.637499	6.765064	1.576667	6.486448	6.67532	2.278856	4.901153	5.405043	
2.59915	7.489143	7.927348	1.65208	6.442379	6.650836	0.589734	5.075576	5.109722	
3.82411	8.293276	9.132483	1.516666	6.389874	6.567402	-0.66461	5.038106	5.081753	
4.574337	9.059333	10.1487	1.152994	6.533876	6.634827	-1.7324	4.785814	5.089718	
4.322877	9.685629	10.60654	0.563896	7.012102	7.034739	-3.10923	4.331182	5.331648	
2.711562	9.934967	10.29836	-0.22351	7.737954	7.741181	-4.51282	3.700926	5.836303	
-0.13396	9.493751	9.494696	-1.15386	8.300989	8.380799	-5.05316	2.93582	5.844098	
-3.57024	8.142966	8.891261	-2.14227	8.141412	8.418545	-4.2299	2.089307	4.717756	
-6.72445	5.920299	8.95925	-3.08173	6.9205	7.575642	-2.32226	1.217946	2.622269	
-8.8432	3.12499	9.379113	-3.86019	4.725224	6.10154	-0.30033	0.366837	0.474096	
-9.53122	0.185719	9.533026	-4.3823	1.964754	4.802582	0.611061	-0.43768	0.75164	
-8.86135	-2.49622	9.206233	-4.58981	-0.8492	4.667702	-0.01526	-1.18334	1.183433	
-7.26816	-4.6649	8.636404	-4.47355	-3.30685	5.563087	-1.31987	-1.86269	2.282907	
-5.25429	-6.24947	8.164767	-4.06877	-5.24118	6.635123	-2.15754	-2.46755	3.277766	
-3.17393	-7.30857	7.968	-3.43541	-6.68799	7.518728	-2.15077	-2.98813	3.681672	
-1.22256	-7.93534	8.028968	-2.63791	-7.70155	8.140788	-1.56131	-3.41548	3.755424	
0.487846	-8.20217	8.216661	-1.73698	-8.26091	8.441551	-0.7825	-3.74602	3.826877	
1.868875	-8.16522	8.376366	-0.79194	-8.36025	8.397673	-0.23161	-3.98525	3.991976	
2.835689	-7.8938	8.38768	0.136807	-8.11163	8.112786	-0.20211	-4.14673	4.151653	
3.355138	-7.47699	8.195259	0.991025	-7.70159	7.765092	-0.49301	-4.2458	4.274324	
3.512565	-6.99078	7.823625	1.720718	-7.26736	7.46829	-0.54092	-4.29206	4.326011	
3.479141	-6.46224	7.339273	2.287281	-6.83286	7.205528	-0.07434	-4.28485	4.28549	
3.391305	-5.86916	6.778496	2.661408	-6.33153	6.868144	0.673764	-4.21295	4.266483	
3.270169	-5.16893	6.116518	2.818937	-5.67159	6.333507	1.381243	-4.05786	4.286497	
3.035014	-4.33725	5.293679	2.739426	-4.80607	5.531975	1.914521	-3.79885	4.254014	
2.600529	-3.40391	4.283613	2.409561	-3.77578	4.479117	2.175423	-3.41915	4.05254	
2.017985	-2.45952	3.181434	1.829616	-2.69502	3.257391	2.009666	-2.91323	3.53916	

1.542953	-1.61421	2.233019	1.018706	-1.6833	1.967552	1.417828	-2.29157	2.694723
1.529279	-0.93607	1.793019	0.015804	-0.80002	0.800175	0.654932	-1.57847	1.708945
2.181225	-0.42003	2.221298	-1.12358	-0.03405	1.124097	-0.00213	-0.80446	0.804462
3.332663	-0.00003	3.332663	-2.33346	0.66653	2.426788	-0.49989	-0.00054	0.499893



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1

S1T2	toe			ครั้งที่ 2 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
-0.99981	-0.4999	1.117818	1.666338	0.499901	1.739708	-0.99982	1.666334	1.943273	
-1.62502	2.026466	2.597546	1.073583	2.767573	2.968508	0.76324	2.947056	3.044286	
-1.93062	3.958143	4.403884	0.718797	4.570776	4.62695	2.099543	3.944098	4.468108	
-1.71475	5.127682	5.406799	0.697263	5.690244	5.732805	2.766262	4.565379	5.33806	
-1.03217	5.724823	5.817127	0.951563	6.24958	6.321608	2.766928	4.932501	5.655569	
-0.1433	5.962218	5.96394	1.353045	6.450651	6.591026	2.262035	5.241728	5.708985	
0.797639	5.90132	5.954981	1.763184	6.278007	6.520904	1.414971	5.595819	5.771944	
1.899328	5.559443	5.874935	2.070106	5.669945	6.036026	0.324112	5.920951	5.929815	
3.246448	5.236061	6.160825	2.210386	4.888392	5.364903	-0.90155	6.016422	6.083595	
4.495344	5.684937	7.247525	2.133738	4.516941	4.995558	-2.05061	5.698033	6.05579	
4.823539	7.561265	8.968794	1.746576	5.055212	5.348429	-2.86462	4.919126	5.692435	
3.424825	10.37132	10.92217	0.929919	6.457566	6.524179	-3.21085	3.783833	4.962552	
0.229416	12.34084	12.34298	-0.36812	8.003085	8.011547	-3.15725	2.480095	4.014856	
-3.90191	11.88928	12.51318	-2.06345	8.742665	8.982874	-2.85697	1.199469	3.09855	
-7.69304	8.92894	11.78596	-3.94035	8.114833	9.020912	-2.41719	0.080495	2.418525	
-10.031	4.367309	10.94051	-5.68523	6.038805	8.293913	-1.90755	-0.80397	2.070052	
-10.3554	-0.69404	10.37862	-6.93724	2.791286	7.477734	-1.43638	-1.46113	2.048919	
-8.98519	-4.79402	10.18412	-7.40416	-0.83685	7.451298	-1.1483	-2.00529	2.310795	
-6.91639	-6.70613	9.633729	-7.01294	-3.77106	7.962546	-1.12123	-2.5655	2.799812	
-4.97624	-6.86875	8.4819	-5.95634	-5.488	8.099144	-1.27718	-3.11847	3.369869	
-3.32291	-6.88303	7.643161	-4.56267	-6.31099	7.787591	-1.41737	-3.49953	3.775669	
-1.75466	-7.46576	7.669187	-3.09888	-6.80238	7.474985	-1.36144	-3.58562	3.83539	
-0.14103	-8.06663	8.067862	-1.68522	-7.26371	7.456635	-1.06956	-3.4193	3.582672	
1.443417	-8.20201	8.328047	-0.35837	-7.78093	7.789178	-0.64837	-3.18373	3.249081	
2.746583	-8.0768	8.53103	0.843093	-8.30324	8.345932	-0.2509	-3.0857	3.095887	
3.557054	-8.01735	8.771008	1.874136	-8.63034	8.831491	0.026888	-3.241	3.241111	
3.954102	-7.98969	8.914601	2.715576	-8.5526	8.973367	0.17598	-3.64545	3.64969	
4.145042	-7.72871	8.770082	3.364859	-8.03477	8.710904	0.24842	-4.2234	4.2307	
4.13138	-7.07193	8.190268	3.80576	-7.22808	8.168782	0.31948	-4.86924	4.879705	
3.787841	-6.05852	7.145165	4.003723	-6.28766	7.454159	0.450284	-5.4359	5.454518	
3.136376	-4.70892	5.657804	3.910082	-5.1749	6.486011	0.653709	-5.71158	5.748867	
2.335051	-2.99072	3.794323	3.457209	-3.76312	5.110124	0.874074	-5.47512	5.544452	

1.500741	-1.2087	1.926962	2.571663	-2.19069	3.37825	0.996481	-4.65229	4.757807
0.639728	-0.07299	0.643878	1.223287	-0.90177	1.519745	0.900173	-3.4113	3.528065
-0.30226	-0.0882	0.314868	-0.52304	-0.21606	0.565908	0.540394	-2.03052	2.1012
-1.33307	-0.9998	1.666334	-2.49949	0	2.499485	0.000007	-0.66653	0.66653



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 1

127

S1T3	toe			ครั้งที่ 3 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
-3.66593	2.832769	4.632885	-1.99961	5.33227	5.694868	2.499503	2.166235	3.307581	
-2.81684	3.748818	4.689157	-0.84678	5.484049	5.549038	3.004606	3.100041	4.317164	
-1.89607	4.79531	5.156556	0.187773	5.757504	5.760565	3.133465	3.826369	4.945675	
-0.87188	5.812966	5.877989	1.068877	6.041372	6.1352	2.869571	4.3277	5.192632	
0.24765	6.478352	6.483083	1.796097	6.123839	6.3818	2.466844	4.743943	5.346991	
1.440169	6.524179	6.681242	2.314408	5.956104	6.389966	1.993227	5.184571	5.554523	
2.642819	5.94187	6.5031	2.564309	5.67795	6.230153	1.178815	5.638	5.759918	
3.68048	5.144771	6.32571	2.586824	5.459334	6.041191	-0.18413	6.015187	6.018004	
4.251097	4.908429	6.49342	2.482238	5.399263	5.942521	-1.85429	6.176665	6.448998	
4.014496	6.111916	7.312434	2.295855	5.541064	5.997861	-3.25281	5.920667	6.755374	
2.740583	9.014373	9.421768	1.954168	5.903905	6.218912	-3.90487	5.026397	6.364956	
0.459765	12.25676	12.26538	1.186023	6.447274	6.555455	-3.72598	3.438735	5.070291	
-2.44643	13.34173	13.56417	-0.43756	6.977199	6.990905	-2.97462	1.511059	3.336417	
-5.33134	10.92695	12.15819	-3.03135	7.071474	7.693817	-2.02081	-0.07733	2.022287	
-7.534	5.951019	9.600818	-5.88174	6.19462	8.542139	-1.17315	-0.85635	1.452447	
-8.59667	0.44785	8.608328	-7.81312	4.087517	8.817746	-0.71805	-0.97073	1.20744	
-8.39121	-3.73403	9.184516	-8.20529	1.086229	8.276874	-0.85355	-0.97856	1.298507	
-7.15373	-5.81438	9.218618	-7.36108	-2.06096	7.644149	-1.38945	-1.33377	1.926006	
-5.32907	-6.58892	8.474245	-5.95274	-4.70141	7.585404	-1.81104	-2.0866	2.762926	
-3.33713	-7.26895	7.998382	-4.44725	-6.55698	7.922879	-1.77091	-2.98016	3.466619	
-1.47487	-8.06496	8.198705	-2.98988	-7.62881	8.193782	-1.3304	-3.72402	3.954527	
0.08011	-8.56549	8.565868	-1.55588	-8.04549	8.19455	-0.77129	-4.16465	4.235464	
1.268991	-8.61979	8.712694	-0.11836	-8.01547	8.016338	-0.3332	-4.30866	4.321528	
2.129077	-8.40246	8.668004	1.26864	-7.76096	7.863967	-0.11144	-4.28694	4.28839	
2.724823	-8.09579	8.542043	2.4032	-7.42944	7.808456	-0.08284	-4.28805	4.288854	
3.097523	-7.66798	8.269977	2.982495	-7.08585	7.687952	-0.13086	-4.46416	4.466077	
3.275884	-7.07631	7.797791	2.942094	-6.75843	7.37104	-0.04912	-4.84893	4.849175	
3.29935	-6.55502	7.338526	2.658598	-6.45109	6.977443	0.372282	-5.33619	5.349164	
3.194439	-6.21936	6.991773	2.604083	-6.10696	6.638989	1.139315	-5.72783	5.84004	
2.928355	-5.58726	6.308147	2.925169	-5.59531	6.313803	1.94219	-5.81257	6.128461	
2.442873	-4.11662	4.786877	3.372201	-4.78381	5.852914	2.355409	-5.43926	5.927348	
1.780376	-2.11641	2.765668	3.446581	-3.65391	5.022948	2.174328	-4.58342	5.07301	

1.128526	-0.55058	1.255671	2.76518	-2.37067	3.642291	1.551999	-3.40392	3.741037
0.685051	0.107292	0.693403	1.500101	-1.22883	1.939156	0.84346	-2.19369	2.350254
0.507074	0.289355	0.583824	0.2555	-0.4552	0.522	0.321708	-1.17323	1.216541
0.49991	0.4999	0.706972	-0.66652	0.000002	0.666523	0	-0.33326	0.333264



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2

129

S2T1	toe			ครั้งที่ 1 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
3.999197	-0.4999	4.03032	1.666337	-0.83317	1.863022	-0.33327	-0.4999	0.600806	
0.653007	0.824995	1.052157	0.891207	1.769803	1.981528	1.683306	1.339053	2.150949	
-1.52829	2.296704	2.758717	0.275344	3.947958	3.957548	3.452891	2.919184	4.521514	
-2.15652	3.933522	4.485885	0.055042	5.632193	5.632462	4.583444	4.013962	6.092607	
-1.54934	5.56776	5.779307	0.41711	6.970034	6.982503	4.735415	4.646716	6.634465	
-0.18307	6.89234	6.894771	1.278526	7.942593	8.044838	3.884534	5.155489	6.455128	
1.490126	7.634383	7.77845	2.290926	8.231092	8.543959	2.319795	5.863142	6.305386	
3.078921	7.828218	8.411941	3.126083	7.520833	8.14465	0.487082	6.684433	6.702157	
4.441463	7.938418	9.096433	3.711181	6.141047	7.175327	-1.18601	7.15027	7.247964	
5.459085	8.56794	10.15929	4.092408	5.276615	6.677609	-2.4672	6.85393	7.284463	
5.556147	9.89467	11.34792	4.039757	6.022774	7.252134	-3.31716	5.775365	6.660208	
3.907413	11.2991	11.95565	2.954073	8.110174	8.631424	-3.66736	4.174749	5.556806	
0.2634	11.61582	11.6188	0.43384	9.869959	9.879489	-3.35729	2.390115	4.121172	
-4.4742	9.977735	10.93498	-3.06222	9.673946	10.14704	-2.38462	0.778252	2.508404	
-8.50643	6.495946	10.70311	-6.35841	7.242467	9.637568	-1.06968	-0.36435	1.130031	
-10.2659	2.11808	10.48216	-8.33127	3.466062	9.023506	0.095315	-0.95454	0.959283	
-9.50023	-2.00891	9.710312	-8.42785	-0.41526	8.438072	0.683718	-1.19922	1.380435	
-7.21109	-5.04647	8.801512	-6.83102	-3.3402	7.603928	0.4835	-1.48414	1.56091	
-4.69099	-6.74718	8.217655	-4.4584	-4.96136	6.67026	-0.38168	-2.09094	2.125493	
-2.64632	-7.45583	7.91154	-2.47893	-5.74364	6.255754	-1.38514	-2.94322	3.252865	
-1.06271	-7.65752	7.730914	-1.47144	-6.25152	6.422355	-1.84326	-3.66025	4.09817	
0.263987	-7.53772	7.542346	-1.0839	-6.65578	6.743462	-1.45041	-3.91263	4.172812	
1.312825	-7.13184	7.251665	-0.5762	-6.91754	6.941491	-0.49428	-3.71911	3.751815	
1.958706	-6.66839	6.950109	0.349797	-7.03372	7.042417	0.531102	-3.40824	3.449368	
2.256476	-6.49362	6.874503	1.324911	-7.05778	7.181061	1.344455	-3.32045	3.58231	
2.507014	-6.74562	7.196421	1.899572	-7.02379	7.276123	1.872781	-3.5324	3.998139	
3.079919	-7.19008	7.821966	2.11334	-6.90685	7.222931	2.064721	-3.84628	4.365422	
4.103344	-7.34782	8.415933	2.350709	-6.67317	7.075101	1.851602	-4.02626	4.431609	
5.202111	-6.84987	8.601316	2.852456	-6.3178	6.931887	1.255229	-4.01615	4.207735	
5.661569	-5.72296	8.050195	3.525124	-5.81722	6.80195	0.48884	-3.92724	3.957549	
5.091694	-4.32606	6.681331	4.110305	-5.13452	6.577071	-0.09462	-3.87157	3.872724	
3.797698	-3.04854	4.869917	4.343902	-4.27716	6.096196	-0.22575	-3.86835	3.874935	

2.343576	-2.05765	3.118694	3.98649	-3.23985	5.136999	0.107338	-3.86488	3.866367
1.075132	-1.27797	1.670067	2.987627	-2.01627	3.604337	0.71567	-3.72628	3.794387
0.161832	-0.59304	0.614722	1.704662	-0.80085	1.883411	1.365387	-3.18283	3.463331
-0.31307	-0.01241	0.313318	0.714365	0.04881	0.71603	1.875876	-1.89237	2.664576
-0.41815	0.397537	0.576959	0.31376	0.367798	0.483446	2.177683	0.311636	2.199869
-0.33326	0.66653	0.745199	0.333256	0.333267	0.471303	2.332866	3.166032	3.932687



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

S2T2	toe			ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0.499893	1.16643	1.269036	-0.66654	2.166235	2.266461	5.498898	3.166035	6.345208	
0.504405	3.278212	3.316791	-0.20289	3.85375	3.859087	4.811931	3.851223	6.163327	
0.647928	5.219626	5.259687	0.511281	5.442847	5.466808	3.940103	4.550657	6.019376	
0.997335	6.69024	6.76417	1.408598	6.77237	6.917308	2.946653	5.258116	6.027483	
1.526066	7.429303	7.58442	2.15225	7.595582	7.894622	2.087505	5.930067	6.286762	
2.128725	7.495337	7.791762	2.55244	7.722453	8.133341	1.468887	6.474824	6.639351	
2.633795	7.347341	7.805146	2.844351	7.288725	7.824056	0.843278	6.754128	6.806567	
2.822411	7.654453	8.158226	3.378848	6.813904	7.605649	-0.17949	6.625367	6.627798	
2.480236	8.867393	9.207726	4.020139	6.855746	7.947501	-1.71798	6.026787	6.266866	
1.477835	10.69933	10.80091	4.01252	7.556856	8.556073	-3.35999	5.03118	6.049985	
-0.14847	11.97176	11.97268	2.539336	8.466196	8.838818	-4.3194	3.812568	5.761326	
-2.15863	11.3578	11.56112	-0.54911	8.785784	8.802926	-4.00936	2.563873	4.759032	
-4.16045	8.539549	9.499116	-4.375	7.92692	9.054097	-2.55285	1.423611	2.922962	
-5.74592	4.378801	7.224227	-7.4139	5.861728	9.451232	-0.71884	0.443261	0.84452	
-6.64004	0.079077	6.640508	-8.56497	2.976112	9.067297	0.598794	-0.39689	0.718384	
-6.77611	-3.38603	7.575013	-7.8801	-0.15288	7.881581	0.920558	-1.1473	1.470958	
-6.26098	-5.45145	8.301695	-6.22033	-2.86843	6.849845	0.415531	-1.85197	1.89801	
-5.27338	-6.20769	8.145181	-4.49003	-4.73136	6.522741	-0.36937	-2.52325	2.550146	
-3.98468	-6.33172	7.481195	-3.17844	-5.8093	6.62197	-1.00653	-3.13626	3.293818	
-2.54336	-6.52544	7.003575	-2.30405	-6.50166	6.897837	-1.37668	-3.64944	3.90047	
-1.08575	-7.03206	7.11539	-1.66487	-7.07918	7.272314	-1.52886	-4.03417	4.314157	
0.26626	-7.6159	7.62055	-1.08469	-7.49316	7.571261	-1.49421	-4.2868	4.539747	
1.418256	-7.90493	8.031149	-0.41133	-7.59644	7.607563	-1.19113	-4.42114	4.578788	
2.322263	-7.77171	8.111251	0.504045	-7.39	7.407171	-0.51109	-4.45653	4.485737	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.925295	-0.6602	2.035343	2.55603	-1.69974	3.069596	1.883387	-2.57943	3.193835
1.099556	-0.02281	1.099792	1.362789	-0.74133	1.551374	1.529297	-2.02068	2.534145
0.35409	0.133678	0.378484	0.359489	-0.22333	0.423213	0.737561	-1.36891	1.554964
-0.33327	0	0.333274	-0.33326	0	0.333256	-0.33326	-0.66654	0.745206



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 2

133

S2T3	toe			ครั้งที่ 3 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0.999802	-1.33307	1.666335	0.499904	1.16643	1.26904	-0.83318	-1.4997	1.715601	
-0.26535	1.023327	1.05717	0.598538	2.953748	3.013781	1.254448	0.88769	1.536761	
-1.08079	3.159781	3.339508	0.665618	4.609204	4.657017	3.001513	2.985454	4.233439	
-1.17647	4.956759	5.094461	0.874216	5.982237	6.045777	4.289496	4.637854	6.317394	
-0.49813	6.393242	6.412619	1.383012	6.933173	7.069767	5.057685	5.848587	7.73215	
0.837853	7.45935	7.506257	1.997141	7.412945	7.67726	4.921053	6.702918	8.3154	
2.560759	8.144764	8.537837	2.443246	7.510437	7.897855	3.307247	7.25982	7.977649	
4.263041	8.561902	9.564502	2.84123	7.419162	7.944593	0.385549	7.472258	7.482198	
5.443387	9.015629	10.53148	3.406991	7.368832	8.118329	-2.54952	7.197694	7.635892	
5.523756	9.825596	11.27183	3.931293	7.535817	8.499623	-4.27225	6.329761	7.636623	
3.983337	10.92125	11.62501	3.794466	7.907505	8.770782	-4.68564	4.949963	6.81596	
0.770005	11.54778	11.57342	2.259911	8.177923	8.484434	-4.1947	3.346626	5.366135	
-3.36776	10.62919	11.14996	-0.92485	7.8477	7.902009	-2.86842	1.867037	3.422525	
-7.11371	7.699379	10.48262	-4.88709	6.540325	8.164525	-0.86406	0.721658	1.125783	
-9.27152	3.380889	9.868714	-7.97724	4.268921	9.04765	0.986171	-0.0959	0.990823	
-9.39529	-1.0844	9.457665	-8.94534	1.434251	9.059593	1.735263	-0.73204	1.883352	
-7.93197	-4.55635	9.14749	-7.72126	-1.39	7.845381	1.193557	-1.34314	1.796829	
-5.7908	-6.43017	8.653346	-5.34154	-3.72141	6.510063	-0.10838	-2.01456	2.01747	
-3.72035	-6.86578	7.808963	-3.2113	-5.34146	6.232464	-1.49952	-2.74284	3.125977	
-2.00055	-6.65773	6.951806	-2.12721	-6.29481	6.644516	-2.47817	-3.44608	4.244616	
-0.57636	-6.58481	6.60999	-1.87597	-6.75906	7.014564	-2.72233	-3.99482	4.834213	
0.618047	-6.81886	6.846811	-1.66903	-6.90645	7.105257	-2.14046	-4.28236	4.787499	
1.475814	-7.06029	7.212882	-0.83486	-6.84781	6.898518	-0.9723	-4.30191	4.410421	
1.879813	-7.10805	7.35242	0.649092	-6.66807	6.699592	0.305608	-4.15696	4.168174	
1.996118	-7.05985	7.336622	2.132414	-6.47994	6.821788	1.238946	-3.99065	4.178548	
2.204405	-7.05157	7.388098	2.979048	-6.40001	7.05938	1.621915	-3.90049	4.224267	
2.728406	-7.05503	7.564235	3.160349	-6.44785	7.180705	1.584064	-3.90431	4.213419	
3.519285	-6.91174	7.75613	3.053028	-6.4946	7.176403	1.427467	-3.96354	4.212755	
4.397197	-6.43788	7.796255	3.001252	-6.34223	7.016507	1.34419	-4.02225	4.240912	
5.063992	-5.52603	7.495396	3.189954	-5.84897	6.662299	1.331038	-4.02533	4.239688	
5.103294	-4.22371	6.624452	3.605981	-4.99734	6.162504	1.294468	-3.91851	4.126782	
4.267889	-2.75355	5.079064	3.926293	-3.8927	5.528915	1.167815	-3.65252	3.834672	

2.791285	-1.4442	3.142768	3.631287	-2.71369	4.53325	1.007282	-3.20429	3.358878
1.26046	-0.54367	1.372713	2.517983	-1.64765	3.009148	0.980997	-2.60893	2.787267
0.166163	-0.01572	0.166906	1.0682	-0.83649	1.356749	1.172266	-1.96953	2.292
-0.35905	0.463862	0.586586	0.056706	-0.33411	0.338886	1.447641	-1.40847	2.019763
-0.45261	1.237361	1.317541	-0.16161	-0.09416	0.187038	1.620748	-0.98653	1.897385
-0.33326	2.332866	2.356549	0.166631	0	0.166631	1.666331	-0.66653	1.794693



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการผ่าของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3

S3T1	toe			ครั้งที่ 1 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0.666535	-2.66614	2.748197	-6E-06	0.666532	0.666532	6.33207	2.999254	7.006471	
0.709201	0.249526	0.751817	0.356663	3.367067	3.385905	4.987363	3.573443	6.135412	
1.057935	2.963868	3.147021	0.750319	5.17595	5.230051	3.616202	4.099063	5.46619	
1.824717	5.34966	5.652297	1.283836	5.884118	6.022547	2.255239	4.529022	5.059461	
2.851354	7.372068	7.904278	2.084792	5.911106	6.267976	0.923621	4.818818	4.906535	
3.780308	9.051834	9.809507	3.148242	5.833626	6.628923	-0.39701	4.928088	4.944054	
4.175718	10.39801	11.20514	4.178009	6.196523	7.473463	-1.60345	4.826422	5.085802	
3.628315	11.33656	11.90304	4.620184	7.498145	8.807285	-2.44806	4.503736	5.126074	
1.907518	11.68544	11.84011	3.954051	9.74681	10.51831	-2.78415	3.976727	4.854465	
-0.84114	11.22151	11.25299	2.010466	11.84188	12.01133	-2.68821	3.285372	4.245015	
-4.0483	9.823201	10.62469	-0.91933	12.10194	12.13681	-2.29998	2.483755	3.385108	
-6.92694	7.592496	10.27757	-4.16554	9.926382	10.76498	-1.70692	1.630512	2.360537	
-8.77188	4.843665	10.02033	-6.90064	6.281567	9.331503	-1.02944	0.778777	1.290827	
-9.21514	1.967341	9.422808	-8.46947	2.427536	8.810493	-0.50654	-0.03321	0.507631	
-8.3704	-0.70534	8.400068	-8.64298	-0.88716	8.688389	-0.39484	-0.78576	0.879385	
-6.72393	-2.96594	7.349015	-7.62467	-3.21924	8.27642	-0.73229	-1.47314	1.64511	
-4.8161	-4.73765	6.755752	-5.85057	-4.49192	7.376079	-1.22466	-2.09477	2.426488	
-3.00905	-6.05052	6.757452	-3.77164	-5.17345	6.40233	-1.47988	-2.6489	3.034259	
-1.4572	-6.99255	7.142767	-1.78636	-5.87611	6.141641	-1.38304	-3.13246	3.424193	
-0.14927	-7.65929	7.660745	-0.23362	-6.80951	6.813519	-1.12472	-3.54422	3.718399	
1.034406	-8.11999	8.185611	0.728209	-7.72902	7.763246	-0.9047	-3.88616	3.990076	
2.201301	-8.40317	8.686712	1.217931	-8.30489	8.393717	-0.75385	-4.16149	4.229218	
3.305286	-8.50014	9.120158	1.522843	-8.41853	8.555153	-0.57489	-4.37157	4.409206	
4.137848	-8.38424	9.349716	1.906333	-8.17062	8.39006	-0.23736	-4.51314	4.519375	
4.511664	-8.03591	9.215798	2.485684	-7.74369	8.13286	0.325974	-4.57688	4.588473	
4.442445	-7.45424	8.677618	3.182799	-7.23998	7.9087	1.045411	-4.54916	4.667729	
4.109588	-6.64848	7.816069	3.767193	-6.64239	7.636301	1.739082	-4.41767	4.747651	
3.66177	-5.63113	6.717004	4.021588	-5.94056	7.173798	2.229163	-4.17792	4.735416	
3.109398	-4.43808	5.418936	3.903687	-5.12834	6.445048	2.421685	-3.83713	4.537417	
2.401842	-3.16677	3.974575	3.520737	-4.0548	5.370007	2.285106	-3.41579	4.109659	
1.559154	-1.98105	2.521015	2.96064	-2.57157	3.921525	1.812734	-2.94715	3.460012	
0.706553	-1.05014	1.265709	2.223836	-0.94449	2.416095	1.062493	-2.47283	2.691425	

0.010635	-0.47094	0.47106	1.335307	0.194173	1.349351	0.244484	-2.0328	2.047448
-0.4081	-0.2471	0.47708	0.436714	0.500189	0.664009	-0.31224	-1.65334	1.682561
-0.53335	-0.32971	0.627036	-0.28659	0.247251	0.378505	-0.40128	-1.34047	1.399245
-0.44315	-0.66361	0.797974	-0.73575	-0.09114	0.741369	-0.12016	-1.08375	1.090391
-0.24121	-1.19216	1.216319	-0.93749	-0.27859	0.978009	0.281639	-0.86542	0.910093
0	-1.83301	1.833014	-0.9998	-0.33327	1.053879	0.666535	-0.66638	0.94251



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3

S3T2	toe			ครั้งที่ 2 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0.666535	0.4999	0.833168	-0.16663	-1.33307	1.343439	0.333267	3.166039	3.183531	
-0.11819	1.666908	1.671093	0.013624	1.444318	1.444382	1.277728	3.636829	3.854753	
-0.53436	2.841978	2.891779	0.154427	3.651839	3.655102	2.081981	4.117354	4.613811	
-0.31949	4.007517	4.020232	0.316096	5.090953	5.100757	2.57682	4.628994	5.297884	
0.587228	5.120349	5.153913	0.654393	5.96116	5.996971	2.603844	5.179018	5.796743	
1.992965	6.145463	6.460544	1.285206	6.529443	6.654726	2.102861	5.710089	6.084993	
3.473465	7.158906	7.957066	2.148759	6.866171	7.194544	1.152404	6.092582	6.200612	
4.475515	8.41339	9.52971	3.043957	6.991394	7.625304	-0.04783	6.184233	6.184418	
4.492159	10.10994	11.06302	3.75054	7.163191	8.085657	-1.22484	5.898456	6.024285	
3.25557	11.97315	12.40786	3.993885	7.831728	8.791306	-2.13018	5.231839	5.648875	
0.853845	13.17254	13.20019	3.334046	9.148963	9.737525	-2.63071	4.256829	5.004121	
-2.26626	12.82212	13.02085	1.381789	10.42236	10.51356	-2.71125	3.100726	4.118902	
-5.41171	10.6043	11.90537	-1.69097	10.39347	10.53013	-2.43031	1.91538	3.094365	
-7.85709	6.972171	10.50453	-5.03458	8.415615	9.806609	-1.90282	0.832258	2.076869	
-9.08414	2.862849	9.524573	-7.60821	5.034795	9.123267	-1.31363	-0.08097	1.31612	
-8.96183	-0.77972	8.995682	-8.68899	1.362122	8.795109	-0.90075	-0.82983	1.224727	
-7.76901	-3.39954	8.48024	-8.19037	-1.66224	8.35734	-0.84114	-1.46252	1.68715	
-6.00064	-4.99795	7.809426	-6.70767	-3.60725	7.616106	-1.10194	-2.02445	2.304921	
-4.11286	-5.98929	7.265475	-4.98	-4.65811	6.818977	-1.45734	-2.52989	2.919619	
-2.39925	-6.82207	7.231672	-3.28535	-5.33896	6.268818	-1.69184	-2.96924	3.417415	
-0.97297	-7.65504	7.716622	-1.53991	-5.99175	6.186466	-1.72781	-3.33689	3.757683	
0.213055	-8.31194	8.31467	0.1842	-6.55983	6.562419	-1.56774	-3.64651	3.969239	
1.287626	-8.48655	8.583673	1.511846	-6.85903	7.02367	-1.21322	-3.92509	4.108316	
2.353901	-8.06141	8.398046	2.175579	-6.92411	7.257856	-0.64915	-4.19926	4.249143	
3.420095	-7.3524	8.108931	2.362866	-7.01511	7.402358	0.129476	-4.48165	4.483514	
4.372623	-6.9515	8.212377	2.510719	-7.35987	7.776331	1.055012	-4.75886	4.874398	
5.007143	-7.15014	8.729029	2.879344	-7.93885	8.444876	1.938976	-4.98853	5.352112	
5.14187	-7.57857	9.158246	3.399264	-8.46261	9.119802	2.523268	-5.11103	5.699958	
4.72626	-7.48717	8.85411	3.837219	-8.48944	9.316373	2.6265	-5.06896	5.709016	
3.850997	-6.3256	7.405628	4.017618	-7.59098	8.588608	2.274136	-4.82413	5.333287	
2.701739	-4.17734	4.974894	3.878506	-5.63315	6.839236	1.700064	-4.36894	4.688056	
1.51391	-1.7811	2.337573	3.415909	-3.10614	4.616984	1.195031	-3.73013	3.916878	

0.509186	-0.02548	0.509823	2.679137	-0.96263	2.846828	0.903379	-2.96081	3.095557
-0.17828	0.661834	0.685426	1.771311	0.153416	1.777942	0.733198	-2.12454	2.247496
-0.52906	0.459984	0.701064	0.732727	0.344891	0.809838	0.43523	-1.28046	1.352405
-0.60741	-0.15425	0.626692	-0.55038	0.054585	0.553077	-0.23663	-0.47208	0.528064
-0.51082	-0.79066	0.94132	-2.20859	-0.43068	2.250187	-1.3737	0.283115	1.402573
-0.33326	-1.33307	1.374093	-4.16583	-0.9998	4.28413	-2.83277	0.999796	3.004027



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 3

S3T3	toe			ครั้งที่ 3 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0.833166	-0.9998	1.301447		0	-1.9996	1.999601	-0.83317	-0.66654	1.066974
-0.47533	0.773186	0.907611	-0.07032	0.354809	0.36171	1.10581	1.351701	1.746399	
-1.3237	2.458293	2.792022	-0.05238	2.430598	2.431162	2.719563	2.976681	4.031953	
-1.45424	3.969421	4.227424	0.153939	4.107825	4.110708	3.645764	4.087935	5.477482	
-0.82118	5.219215	5.283421	0.62982	5.422398	5.458852	3.614499	4.853689	6.051685	
0.496109	6.179217	6.199101	1.35877	6.433817	6.575733	2.615054	5.502267	6.092081	
2.293325	6.989572	7.356185	2.18936	7.161418	7.488605	0.901291	6.094019	6.160308	
4.171793	7.944657	8.973373	2.916672	7.660622	8.19708	-1.10433	6.479206	6.572644	
5.523593	9.267819	10.789	3.376973	8.071057	8.749052	-2.84956	6.420438	7.024387	
5.62333	10.83252	12.20514	3.414837	8.52453	9.183067	-3.8182	5.760633	6.911119	
3.85739	12.07516	12.67632	2.790114	8.998282	9.420925	-3.90695	4.54149	5.990777	
0.170261	12.24735	12.24853	1.224569	9.236026	9.316853	-3.43531	3.01684	4.571944	
-4.53758	10.8932	11.80048	-1.31838	8.840295	8.938062	-2.65783	1.537933	3.07072	
-8.67191	8.162606	11.90925	-4.34575	7.532808	8.696477	-1.57751	0.378096	1.622186	
-10.8554	4.700035	11.8292	-6.95515	5.373216	8.788947	-0.29448	-0.37107	0.473721	
-10.6994	1.270586	10.77454	-8.35637	2.745797	8.795926	0.724103	-0.79429	1.074812	
-8.82461	-1.57307	8.963723	-8.29267	0.150288	8.294036	0.854691	-1.0872	1.38293	
-6.27007	-3.64017	7.250144	-7.07281	-2.04476	7.362451	-0.11928	-1.44359	1.448505	
-3.93209	-5.05844	6.40696	-5.29425	-3.73189	6.477349	-1.64457	-1.94013	2.543365	
-2.30694	-6.09303	6.515133	-3.45405	-5.00546	6.081537	-2.76284	-2.5293	3.745752	
-1.3207	-6.95044	7.074806	-1.76931	-5.99715	6.252698	-2.91784	-3.13496	4.282729	
-0.43963	-7.68895	7.701512	-0.32929	-6.76758	6.775585	-2.29184	-3.7216	4.37068	
0.733291	-8.25841	8.290906	0.751469	-7.32609	7.364532	-1.38278	-4.28622	4.503752	
2.055968	-8.60108	8.843395	1.419064	-7.7063	7.83587	-0.49633	-4.81987	4.845354	
3.140675	-8.72088	9.269171	1.801938	-7.9802	8.181114	0.341381	-5.27708	5.288114	
3.797567	-8.67047	9.465652	2.153031	-8.1928	8.470977	1.197854	-5.56857	5.695949	
4.117544	-8.47674	9.423865	2.675815	-8.29765	8.718424	2.029448	-5.59458	5.951303	
4.311568	-8.07086	9.150319	3.375892	-8.15837	8.829249	2.627835	-5.31727	5.931179	
4.493637	-7.30087	8.572948	4.035233	-7.61493	8.618021	2.777719	-4.80306	5.548435	
4.50278	-6.05211	7.543412	4.3359	-6.5728	7.87412	2.44292	-4.16894	4.831967	
3.978471	-4.39888	5.931132	4.057813	-5.08606	6.506445	1.79079	-3.49475	3.926853	
2.78143	-2.64682	3.839529	3.242309	-3.40184	4.699475	1.0893	-2.80513	3.009209	

1.274955	-1.18222	1.738722	2.17666	-1.88565	2.879845	0.569155	-2.10507	2.180655
0.007453	-0.23699	0.23711	1.165515	-0.82899	1.430263	0.312226	-1.40527	1.439537
-0.75257	0.203138	0.779508	0.359765	-0.30871	0.474061	0.251689	-0.738	0.779735
-1.06009	0.292403	1.099676	-0.19705	-0.21743	0.293437	0.274836	-0.15825	0.317138
-1.08937	0.187465	1.105378	-0.51086	-0.38557	0.640027	0.308673	0.299099	0.429813
-0.99979	0	0.99979	-0.66654	-0.66654	0.942624	0.333256	0.666526	0.745195



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4

141

S4T1	toe			ครั้งที่ 1 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
1.499696	-1.4997	2.120895	-0.16665	1.499701	1.508931	-1.83296	2.666139	3.235436	
1.526292	1.832621	2.384966	0.426561	3.429091	3.45552	2.211587	4.111824	4.668855	
1.714559	4.527658	4.841426	1.193401	5.107561	5.24513	4.07281	5.300951	6.684898	
2.112414	6.281064	6.626768	2.174295	6.367409	6.728407	3.573423	6.130549	7.095984	
2.607941	7.290354	7.742778	3.211802	7.194827	7.879163	1.906504	6.612629	6.881979	
2.962798	8.170803	8.691386	4.005827	7.742062	8.717005	-0.04178	6.719283	6.719413	
2.888589	9.576204	10.00238	4.244086	8.236987	9.266079	-1.90583	6.344603	6.624665	
2.147767	11.62883	11.82551	3.690714	8.80956	9.551425	-3.21888	5.431623	6.31377	
0.673508	13.54318	13.55992	2.228875	9.330498	9.593022	-3.50306	4.089929	5.385065	
-1.3531	13.9259	13.99148	-0.04338	9.398974	9.399075	-2.77602	2.583672	3.792314	
-3.53863	11.76604	12.28664	-2.7174	8.572027	8.992435	-1.52782	1.215511	1.952356	
-5.4151	7.301453	9.090353	-5.17107	6.705679	8.467942	-0.31919	0.183215	0.368033	
-6.61447	1.90077	6.88216	-6.87071	4.082736	7.992203	0.280979	-0.49872	0.572422	
-6.98963	-2.83234	7.541687	-7.6201	1.214003	7.716196	-0.23794	-0.96011	0.989157	
-6.60341	-5.8625	8.830283	-7.53545	-1.45191	7.674052	-1.6583	-1.36661	2.148854	
-5.62042	-7.0302	9.000712	-6.83361	-3.69048	7.766456	-2.88385	-1.83195	3.416519	
-4.21709	-6.96078	8.138567	-5.67339	-5.50641	7.906194	-3.08572	-2.38801	3.901827	
-2.55154	-6.6584	7.130541	-4.13338	-7.01513	8.142284	-2.45863	-3.00439	3.882166	
-0.75824	-6.90479	6.946302	-2.26032	-8.27576	8.578881	-1.61512	-3.63219	3.975096	
1.044652	-7.80912	7.878687	-0.14296	-9.20082	9.201931	-0.82781	-4.20608	4.28677	
2.728244	-8.81315	9.225772	2.016037	-9.60737	9.816621	0.033656	-4.61864	4.618763	
4.13111	-9.15776	10.04642	3.900801	-9.37143	10.15086	1.016614	-4.78402	4.890848	
5.085005	-8.51483	9.917641	5.20018	-8.56411	10.01927	1.820748	-4.72797	5.066439	
5.482785	-7.2496	9.089423	5.773045	-7.42483	9.405108	2.267383	-4.54031	5.074982	
5.321297	-6.01622	8.031879	5.721013	-6.19593	8.433241	2.571788	-4.27698	4.99066	
4.687165	-5.10761	6.932332	5.294148	-5.00415	7.284882	2.931225	-3.94971	4.918569	
3.726392	-4.28751	5.680555	4.707381	-3.87131	6.09479	3.266231	-3.55277	4.826015	
2.623003	-3.25043	4.176774	4.027221	-2.78958	4.899004	3.287891	-3.07333	4.500617	
1.567051	-2.05263	2.582432	3.217466	-1.78533	3.679605	2.634413	-2.50915	3.638128	
0.706468	-0.97952	1.207707	2.279225	-0.93299	2.462789	1.264118	-1.9034	2.28493	
0.113912	-0.19827	0.228667	1.328528	-0.31655	1.36572	-0.24412	-1.35022	1.37211	
-0.20933	0.298638	0.364697	0.539107	0.023422	0.539616	-1.1231	-0.93782	1.463168	

-0.30942	0.554994	0.635418	0.033247	0.107567	0.112588	-1.15106	-0.69184	1.342973
-0.25903	0.580982	0.636113	-0.18377	0.002019	0.183786	-0.71775	-0.58155	0.923772
-0.14264	0.371565	0.398002	-0.2231	-0.19478	0.296164	-0.26636	-0.5581	0.618403
-0.03882	-0.05701	0.06897	-0.24112	-0.37494	0.445781	0.046159	-0.57994	0.58177
0.006192	-0.65151	0.651537	-0.33531	-0.47259	0.579459	0.230778	-0.62045	0.66198
-2E-06	-1.33307	1.333065	-0.49991	-0.4999	0.706971	0.333279	-0.66653	0.745206



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4

S4T2	toe			ครั้งที่ 2 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
1.503581	0.666798	1.644802	-0.4999	-2.16935	2.2262	-0.16464	0.33315	0.371613	
1.115162	1.792421	2.111009	0.12894	0.293442	0.320521	0.932934	2.002245	2.208925	
0.953256	2.997472	3.145399	0.504128	2.542462	2.591961	1.803901	3.496317	3.934246	
1.153924	4.290731	4.443187	0.714221	4.422682	4.479981	2.259872	4.684158	5.200804	
1.713466	5.602736	5.858891	1.143594	5.863485	5.973965	2.220969	5.547225	5.975316	
2.481273	6.871489	7.305756	2.113333	6.87913	7.196431	1.744253	6.150253	6.392811	
3.188499	8.136966	8.739379	3.501418	7.556182	8.328013	0.971843	6.492269	6.564605	
3.51205	9.505228	10.13331	4.737516	8.013818	9.309422	0.076827	6.439602	6.440061	
3.168292	10.94923	11.39841	5.232829	8.334627	9.841164	-0.75156	5.850523	5.898599	
2.019293	12.10147	12.26879	4.677097	8.500223	9.702012	-1.34132	4.747654	4.933493	
0.15507	12.31215	12.31312	2.984332	8.378728	8.894342	-1.60417	3.353361	3.717309	
-2.09712	11.04819	11.24546	0.24166	7.789444	7.793192	-1.56699	1.964758	2.513113	
-4.26599	8.299239	9.331455	-3.14084	6.614985	7.322764	-1.34315	0.800331	1.563519	
-5.9052	4.615521	7.494957	-6.25365	4.880578	7.932731	-1.08561	-0.06395	1.087492	
-6.74629	0.792619	6.792697	-8.03178	2.746171	8.488283	-0.94112	-0.67436	1.157785	
-6.7449	-2.50928	7.196538	-8.11525	0.43155	8.126716	-0.99273	-1.15177	1.520555	
-6.02519	-4.9828	7.818643	-7.0844	-1.86591	7.326007	-1.20948	-1.63457	2.033384	
-4.7937	-6.67285	8.216231	-5.60674	-4.00575	6.890688	-1.45653	-2.20506	2.642676	
-3.26247	-7.81728	8.470751	-3.84477	-5.88271	7.027696	-1.57412	-2.83621	3.243757	
-1.60153	-8.64393	8.791039	-1.96699	-7.39806	7.655085	-1.46006	-3.42897	3.726875	
0.056777	-9.24183	9.242003	-0.51656	-8.46645	8.482192	-1.09456	-3.92699	4.076676	
1.583884	-9.55646	9.68683	0.215722	-9.04519	9.047758	-0.51406	-4.3708	4.400923	
2.851682	-9.48642	9.905766	0.714811	-9.14868	9.176561	0.217615	-4.80192	4.806844	
3.771583	-9.00456	9.762525	1.7607	-8.83246	9.006238	1.007195	-5.1345	5.232353	
4.315547	-8.18532	9.253295	3.544869	-8.16389	8.900293	1.723905	-5.18757	5.466508	
4.489342	-7.11514	8.413047	5.392835	-7.20809	9.002182	2.23249	-4.8754	5.362233	
4.307685	-5.82789	7.247097	6.397079	-6.03666	8.795672	2.449276	-4.31479	4.961484	
3.809325	-4.35971	5.789474	6.234602	-4.74152	7.832768	2.365758	-3.70211	4.393456	
3.085205	-2.83778	4.191833	5.188938	-3.43826	6.224685	2.034172	-3.13781	3.739478	
2.272723	-1.48009	2.712182	3.579479	-2.25617	4.231193	1.543207	-2.60453	3.027382	
1.506548	-0.48761	1.583492	1.681406	-1.31202	2.132726	0.996478	-2.05806	2.286611	
0.870868	0.063469	0.873178	0.058327	-0.67065	0.673179	0.488588	-1.4952	1.573001	

0.393665	0.229636	0.455746	-0.69863	-0.31635	0.76692	0.083808	-0.95483	0.958496
0.069486	0.144427	0.160273	-0.57251	-0.16399	0.595534	-0.183	-0.48557	0.518908
-0.12085	-0.02406	0.123223	-0.08245	-0.1076	0.135558	-0.29209	-0.11588	0.314242
-0.20314	-0.10204	0.227326	0.282967	-0.06728	0.290857	-0.23956	0.155584	0.285647
-0.2073	0.040588	0.211237	0.399828	-0.004	0.399848	-0.04972	0.344448	0.348018
-0.16232	0.434353	0.463691	0.383874	0.08979	0.394236	0.224921	0.459096	0.511232
-0.09086	1.009892	1.01397	0.350545	0.205758	0.40647	0.527334	0.503355	0.729005
-0.00831	1.666163	1.666183	0.333279	0.332465	0.470752	0.827832	0.499768	0.966992



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลความเร็วของการฟาดของผู้เข้ารับการทดลองคนที่ 4

145

S4T3	toe			ครั้งที่ 3 ankle			knee		
	X	Y	R	X	Y	R	X	Y	R
0	-0.16663	0.166629	0.000007	0.333259	0.333259	-0.83317	0.666532	1.066972	
0.214413	1.40777	1.424004	0.550537	2.028068	2.101464	1.203285	2.518525	2.791212	
0.538776	3.011974	3.059782	1.125557	3.638001	3.80814	2.895467	4.040457	4.970817	
1.053627	4.641603	4.759686	1.72223	5.082188	5.36607	3.875492	5.114484	6.41696	
1.761481	6.25491	6.498208	2.293975	6.289393	6.694684	3.84698	5.84687	6.998939	
2.539019	7.793274	8.196447	2.755892	7.217535	7.725785	2.764793	6.392498	6.964776	
3.137609	9.193166	9.71385	3.006153	7.877226	8.431349	0.966574	6.758015	6.826788	
3.252809	10.36448	10.86293	2.943232	8.324874	8.829844	-0.93237	6.732502	6.796757	
2.640755	11.14955	11.45801	2.474548	8.612418	8.960867	-2.36376	6.038449	6.484614	
1.233192	11.32591	11.39284	1.534756	8.720448	8.854472	-3.01819	4.608807	5.509136	
-0.8068	10.68837	10.71877	0.127323	8.524521	8.525472	-2.84241	2.708897	3.926501	
-3.11577	9.15821	9.673719	-1.62683	7.845187	8.012088	-2.02852	0.825797	2.19017	
-5.23285	6.844321	8.615535	-3.4755	6.571083	7.43359	-0.98412	-0.54358	1.124259	
-6.7447	4.022281	7.853003	-5.08799	4.748807	6.9598	-0.16999	-1.1378	1.150424	
-7.41796	1.046965	7.491476	-6.16451	2.558401	6.674326	0.082919	-1.08679	1.089946	
-7.24462	-1.75124	7.453274	-6.54573	0.22506	6.549601	-0.3288	-0.82088	0.884283	
-6.38122	-4.14628	7.609972	-6.2495	-2.04829	6.576602	-1.2307	-0.77966	1.456883	
-5.04522	-6.04927	7.877049	-5.41488	-4.11306	6.799866	-2.21685	-1.15003	2.497399	
-3.43494	-7.47915	8.230216	-4.21415	-5.88527	7.238473	-2.88502	-1.84724	3.425728	
-1.69829	-8.49086	8.659039	-2.79918	-7.32743	7.843896	-3.08472	-2.7153	4.109538	
0.049972	-9.11582	9.115957	-1.29051	-8.40574	8.504224	-2.86097	-3.67094	4.654126	
1.687717	-9.35501	9.506025	0.214393	-9.06228	9.064818	-2.20758	-4.63124	5.130477	
3.070718	-9.21007	9.70849	1.630683	-9.23707	9.379902	-1.09443	-5.40626	5.515928	
4.072861	-8.71009	9.615289	2.880424	-8.92141	9.374876	0.300727	-5.7599	5.767748	
4.641989	-7.91561	9.176323	3.891374	-8.18612	9.063958	1.637723	-5.58392	5.81913	
4.807156	-6.90403	8.41275	4.594504	-7.15802	8.505687	2.674991	-4.99335	5.664723	
4.636006	-5.74693	7.383753	4.925229	-5.97431	7.742753	3.360161	-4.234	5.405314	
4.194311	-4.50502	6.155281	4.846655	-4.74825	6.784978	3.721255	-3.49815	5.10733	
3.541205	-3.25333	4.808775	4.385092	-3.55892	5.647557	3.738772	-2.83822	4.694029	
2.751884	-2.10071	3.462055	3.63675	-2.46808	4.395151	3.32808	-2.21923	4.000138	
1.932405	-1.16082	2.254258	2.738643	-1.53998	3.141929	2.477914	-1.60392	2.951715	
1.192765	-0.49496	1.291386	1.834879	-0.83027	2.013982	1.391678	-1.01033	1.71975	

0.594699	-0.08493	0.600734	1.052258	-0.35886	1.111769	0.401963	-0.52698	0.662787
0.133145	0.14637	0.197868	0.482636	-0.11286	0.495656	-0.26358	-0.24567	0.360315
-0.23009	0.294454	0.373687	0.176221	-0.07591	0.191877	-0.57131	-0.1625	0.593969
-0.5269	0.438416	0.685443	0.141186	-0.23721	0.276051	-0.58126	-0.16467	0.604139
-0.7767	0.619087	0.993245	0.336585	-0.56803	0.660265	-0.36026	-0.12196	0.380343
-0.9998	0.833145	1.301434	0.666527	-0.99982	1.201625	0.000012	0	0.000012



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้วิจัย

นายแวน วัฒนะพันธุ์ เกิดวันที่ 12 สิงหาคม 2516 ที่จังหวัดอุทัยธานี สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรี วิชาเอกพลศึกษาจากสถาบันราชภัฏนครสวรรค์ เมื่อปีการศึกษา 2537 เข้าศึกษาต่อ หลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 ปัจจุบัน รับราชการ ตำแหน่งอาจารย์ 1 โรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี กรมพลศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย