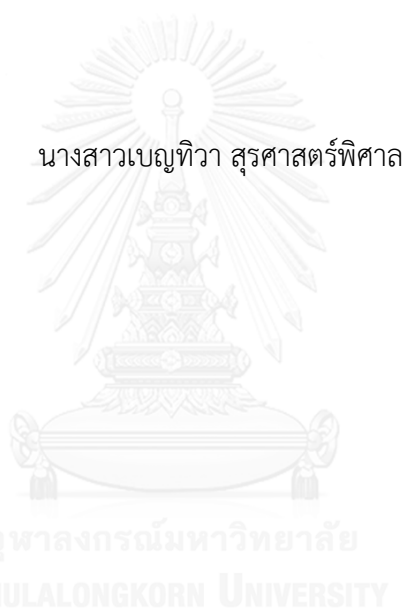


ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห้วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วยธูลาฮูป



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF BIOMECHANICS AND HOOP MECHANICS ON HULA HOOP EXERCISE

Miss Benthiva Surasartpisarn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

เบญทิวา สุรศาสตร์พิศาล : ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห่วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป (EFFECTS OF BIOMECHANICS AND HOOP MECHANICS ON HULA HOOP EXERCISE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, 97 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่ออธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปและอธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวขณะเล่นฮูลาฮูป งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical study) โดยทำการวิเคราะห์กลศาสตร์พื้นฐานของการเล่นฮูลาฮูปก่อนที่จะออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์ ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็น นิสิตระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18-24 ปี จำนวน 20 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยกลุ่มตัวอย่าง จะต้องทำการเล่นฮูลาฮูป จำนวน 9 ห่วง ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลที่กำหนดให้ ภายในระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยทำการเก็บค่าตัวแปร จำนวนคนที่เล่นฮูลาฮูปได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การทดสอบ Goodness of Fit Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 สำหรับค่าตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมฮูลาฮูป อัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ และอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Two way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ในการศึกษาทางชีวกลศาสตร์นั้น กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางคินเนติกส์ ในขณะที่เล่นฮูลาฮูปในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในระนาบข้าง และระนาบหน้าหลัง นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ระหว่างกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้และกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัย พบว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร ได้ มีจำนวนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 72 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีมวลขนาด 1.5, 1 และ 0.5 กิโลกรัมมีจำนวนเท่ากัน เส้นผ่านศูนย์กลางมีอิทธิพลต่อค่าอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปและอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปมีขนาดลดลง อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป และอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่มวลไม่มีอิทธิพลต่อค่าอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปและอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าเฉลี่ยมุมการเคลื่อนไหวของลำตัว ในระนาบหน้าหลัง และระนาบข้าง ของกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้มีค่ามากกว่า กลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อความยากง่ายในการเล่นฮูลาฮูป คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป ในขณะที่ปัจจัยด้านผู้เล่นที่มีผลต่อการสามารถเล่นฮูลาฮูปได้ คือ รูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัว

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5678316239 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: MECHANICAL ANALYSIS OF HULA HOOP / HULA HOOPING /PHYSICAL CHARACTERS OF HULA HOOP/TRUNK MOVEMENT

BENTHIWA SURASARTPISARN: EFFECTS OF BIOMECHANICS AND HOOP MECHANICS ON HULA HOOP EXERCISE. ADVISOR: ASST. PROF.CHAIPAT LAWSIRIRAT, Ph.D., 97 pp.

The purposes of this study were to theoretically explain how physical characters of hula hoop affects hula hooping and to explain trunk movement patterns during hula hooping. This research employed empirical study after a mechanical analysis of hula hooping. An empirical study was designed and carried out to support the assumptions based on the mechanical analysis. Circular motion, friction, and Newton's Law of Motion were utilized and found that hula hooping was affected by radius of the movement of hula hoop, and not by its mass. To perform an experiment to test the hypothesis, 20 undergraduate female Chulalongkorn University students between 18-24 years old were purposively selected to participate in the study. The participants were asked to hoop 9 different sizes of hula hoops. The number of participants who could hoop the hula hoops was collected and later analyzed using a Goodness of Fit Test with the significant level of 0.10. An angular velocity of the hoop and angular velocity of the pelvic and shoulder were analyzed using Two way ANOVA with the significance level of 0.05. In term of Biomechanics, 20 participants were divided into two groups who could hoop or who couldn't hoop ones. Then three dimension movements of trunk were analyzed. The kinematics data has been statistically tested using "T" (Independent t-test) with the significance level of 0.05.

The results were as follow:

The number of participants who could hoop the 98-cm diameter of hula hoop was greater than those who could hoop the 85-cm and 72-cm diameter hula hoop, respectively. The number of participants who could hoop 1.5-kg, 1-kg, and 0.5-kg hula hoop was equaled. Hoop diameter affect, the angular velocity of hula hoop and of pelvic. The greater the hoop diameter, the faster angular velocity of hula hoop and of pelvic. Moreover, the study found that range of motion of the trunk in 2-plane of participants who could hoop was greater than those who could not.

Conclusions: Diameter and mass hula hoop that affect hula hooping skill. However, the movement of trunk that affect hula hooping skill too.

Field of Study: Sports Science

Academic Year: 2014

Student's Signature

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยวัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ที่คอยดูแล และแนะนำ ตักเตือน เมตตา และคอยชี้ทางสว่างในยามที่ผู้วิจัยมีติดมน ตลอดจน ผศ.ดร.วันชัย บุญรอด ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ที่คอยอธิบายและไขข้อสงสัยในบางประเด็นได้อย่างกระจ่างและชัดเจน ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อิษฎิ กุฎอินทร์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการทำ วิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ทุกๆท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณห้องวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกกีฬาเยาวชน (โรงเรียนกีฬา กรุงเทพมหานคร) ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่เก็บข้อมูลในครั้งนี้ และขอขอบคุณ กลุ่มตัวอย่าง นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ “พี่ชานน พี่สิทธาวิชญ์” ที่คอยให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และแนะนำในการใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

ขอขอบคุณ เพื่อนๆในแขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อนๆในระดับบัณฑิตศึกษา และน้องๆนิสิตระดับปริญญาตรี ที่เสียสละเวลา หยาดเหงื่อ และแรงกาย มาเป็นผู้ช่วยในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ “น้องเต้ ภาณุวัฒน์ ” ผู้ช่วยวิจัยเอ็กซ์คลูซีฟจากทางไกล ที่พร้อมให้ความช่วยเหลือตลอด 24 ชั่วโมง

สุดท้ายขอขอบพระคุณ “คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ชาย ” สำหรับกำลังใจและความรักที่มอบให้ โดยไม่มีเงื่อนไข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 กลศาสตร์เบื้องต้นของการเล่นฮูลาฮูป	3
1.4 ขอบเขตในงานวิจัย.....	5
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
1.6 สมมติฐานของการวิจัย.....	5
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฮูลาฮูป.....	7
2.2 ตอนที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายกลศาสตร์ของการเล่นฮูลาฮูป.....	11
2.3 ตอนที่ 3 การเคลื่อนไหวของร่างกาย	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	24
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	24
3.2 เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria).....	24
3.3 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria).....	24

3.4 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง.....	25
3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	25
3.6 สถานที่ในการเก็บข้อมูล	34
3.8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	36
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	39
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
4.1 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป.....	43
4.2 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตามมวล ของฮูลาฮูป	44
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปในกลุ่ม ตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป.....	46
4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก ใน กลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป.....	49
4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่ ในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป.....	52
4.6 ค่าเฉลี่ย (M) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง..	54
4.7 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวของโค้งแบบปกติ หรือไม่.....	55
4.8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test).....	58
4.9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle	59

4.10 ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเชิงพรรณาในการเล่นฮูลาฮูปของกลุ่มตัวอย่าง ด้วย รูปภาพและกราฟของข้อมูล.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	71
5.2 อภิปรายผล.....	72
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	79
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....	80
รายการอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน.....	84
ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย	85
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย	90
ภาคผนวก ง แสดงใบเก็บข้อมูล	91
ภาคผนวก จ วิธีการนำข้อมูลจากการทดลองออกมาจากซอฟต์แวร์ BTS SMART DX	93
ภาคผนวก ฉ ฮูลาฮูปที่ใช้สำหรับการวิจัย	96
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	97

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	จำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูป	43
ตารางที่ 2	จำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามมวลของฮูลาฮูป	44
ตารางที่ 3	แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป.....	46
ตารางที่ 4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป	47
ตารางที่ 5	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุม ของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยวิธีการของ Scheffe.....	47
ตารางที่ 6	แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของสะโพก	49
ตารางที่ 7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนว สะโพกในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป	50
ตารางที่ 8	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุม แนวสะโพกของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยวิธีการของ Scheffe	50
ตารางที่ 9	แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่.....	52
ตารางที่ 10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุม ของแนวไหล่ในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป	53
ตารางที่ 11	แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (N= 20)	54
ตารางที่ 12	การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวแบบ โค้งปกติหรือไม่ ข้อมูลประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่ม ตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	55
ตารางที่ 13	การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวแบบ โค้งปกติหรือไม่ ข้อมูลประกอบด้วย ค่าของมุม ขณะที่กำลังทำท่ามุกกับระนาบของ Pelvic Girdle ใน sagittal plane และ Frontal plane ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	56

ตารางที่ 14	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลลักษณะทั่วไปของ กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	58
ตารางที่ 15	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับ ระนาบของ Pelvic Girdle ใน sagittal plane และ Frontal plane ของกลุ่มตัวอย่างที่ สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	59
ตารางที่ 16	แสดง Motions accompanying pelvic	77



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1	แสดงแผนภาพวัตถุอิสระของการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปขณะเอวสัมผัสกับฮูลาฮูป	3		
รูปที่ 2	แสดงห่วงฮูลาฮูปที่ทำจากท่อพลาสติกใช้เทปพัน	8		
รูปที่ 3	แสดงห่วงฮูลาฮูปแบบใส่น้ำ	9		
รูปที่ 4	แสดงห่วงฮูลาฮูปแบบมีปุ่มนวด	9		
รูปที่ 5	แสดงห่วงฮูลาฮูปแบบโฟม	9		
รูปที่ 6	แสดงฮูลาฮูปแบบผิวด้านในเรียบ	รูปที่ 7	แสดงฮูลาฮูปแบบ ผิวด้านในไม่เรียบ.....	9
รูปที่ 8	ภาพแสดงแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง	14		
รูปที่ 9	ภาพแสดงการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform Circular Motion)	14		
รูปที่ 10	ภาพแสดงรัศมี(r) ของการเคลื่อนที่.....	15		
รูปที่ 11	ภาพแสดงความสัมพันธ์ของแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (F_c) และ อัตราเร็วเชิงเส้น (v).....	16		
รูปที่ 12	ภาพแสดงความสัมพันธ์ของแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (F_c) และ ความเร็วเชิงเส้น (v)และความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (ac).....	16		
รูปที่ 13	แสดง แรงเข้าสู่ศูนย์กลางซึ่งมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของวงกลมเสมอ	20		
รูปที่ 14	แสดงภาพของคนและห่วง	รูปที่ 15	แสดงแบบจำลองของคนและห่วง	21
รูปที่ 16	แสดงแผนภาพวัตถุอิสระของการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปขณะเอวสัมผัสกับฮูลาฮูป	21		
รูปที่ 17	แสดงการเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูป	23		
รูปที่ 18	แสดงเครื่องบันทึกการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ	25		
รูปที่ 19	แสดงกล้องถ่ายวิดีโอที่ใช้สำหรับบันทึกภาพ	26		
รูปที่ 20	แสดงอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง	26		
รูปที่ 21	แสดงชุดทำการ Calibration ด้วยระบบ Thor2	27		
รูปที่ 22	แสดงคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก.....	27		

รูปที่ 23	แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก	28
รูปที่ 24	แสดงเครื่องวัดส่วนสูง.....	28
รูปที่ 25	แสดงสายวัด.....	29
รูปที่ 26	แสดงตลับเมตร.....	29
รูปที่ 27	แสดงเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์.....	30
รูปที่ 28	แสดง ท่อ HDPE อุปกรณ์ที่ใช้ทำห่วงฮูลาฮูป	30
รูปที่ 29	แสดงเสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit).....	31
รูปที่ 30	แสดงตำแหน่งมาร์คเกอร์บนห่วงจากมุมมองบน (top view)	32
รูปที่ 31	แสดงตำแหน่งมาร์คเกอร์บนร่างกาย.....	32
รูปที่ 32	แสดง Lateral view และ Posterior view ของ kinematic model.....	33
รูปที่ 33	แสดงสถานที่ในการเก็บข้อมูล	34
รูปที่ 34	(ก) แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด.....	37
รูปที่ 35	แผนภาพแสดงลำดับการทดสอบขนาดและน้ำหนักของฮูลาฮูป	38
รูปที่ 36	แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูป... ..	43
รูปที่ 37	แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามมวลของฮูลาฮูป	45
รูปที่ 38	แสดงกราฟของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาด.....	48
รูปที่ 39	แสดงกราฟของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก จำแนกตามขนาด.....	51
รูปที่ 40	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว ในกลุ่ม ตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	60
รูปที่ 41	แสดงผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle ใน ทิศทางหน้า หลัง ซ้าย ขวา ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	61
รูปที่ 42	แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่	62
รูปที่ 43	แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงที่ฮูลาฮูปเข้าสู่สภาวะคงที่.....	63

รูปที่ 44	แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่.....	64
รูปที่ 45	แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงฮูลาฮูปเริ่มหมุน.....	65
รูปที่ 46	แสดงภาพการเคลื่อนไหวของผู้เล่นกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้.....	66
รูปที่ 47	แสดง Angle Computations ใน Sagittal plane Trunk Flexion (θ_1).....	67
รูปที่ 48	กราฟแสดงค่ามุม (องศา) ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle.....	68
รูปที่ 49	แสดงรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวเมื่อฮูลาฮูปเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ.....	69
รูปที่ 50	แสดง Reaction force ที่เกิดขึ้น.....	75
รูปที่ 51	แสดง system calibration	93
รูปที่ 52	แสดง การเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง.....	93
รูปที่ 53	แสดงตำแหน่งของมาร์คเกอร์	94
รูปที่ 54	แสดงโมเดลที่สร้างขึ้นมา	94
รูปที่ 55	แสดงการสร้าง Protocol.....	95
รูปที่ 56	แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์	95
รูปที่ 57	แสดงฮูลาฮูปที่ใช้ในการวิจัย	96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเล่น “ฮูลาฮูป” เป็นการออกกำลังกายที่กำลังอยู่ในกระแสความสนใจของประชาชน เพราะฮูลาฮูปเป็นอุปกรณ์ออกกำลังกายที่เล่นง่าย เล่นได้กับทุกเพศ ทุกวัย ใช้พื้นที่ไม่มาก และสามารถเล่นที่ไหนก็ได้ (กมล, 2551) การเล่นฮูลาฮูปมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยฮูลาฮูปมีวิวัฒนาการมาจากเถาอู๋นแห้งและมีการบันทึกหลักฐานรูปภาพการเล่นฮูลาฮูปอยู่บนแจกันตั้งแต่ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 5 ในสมัยปัจจุบันฮูลาฮูปเริ่มได้รับความนิยมตั้งแต่ปี 1950 และได้วิวัฒนาการจากของเล่นมาเป็นอุปกรณ์สำหรับใช้ออกกำลังกาย โดยมีการปรับเปลี่ยนลักษณะ ขนาดให้เหมาะสม เพิ่มน้ำหนัก และสะดวกต่อการพกพา(กัลยา, 2546) ซึ่งจากการศึกษาของ Farrow และคณะพบว่า การเต้นฮูลาฮูประดับปานกลาง เป็นเวลา 30 นาที สามารถเผาผลาญพลังงานได้สูงถึง 210 กิโลแคลอรี เฉลี่ย 7 แคลอรีต่อนาที ถือได้ว่าการเต้นฮูลาฮูปเป็นรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อลดน้ำหนักที่ดีอีก รูปแบบหนึ่ง มีการใช้พลังงานสูงกว่าการออกกำลังกายประเภทแอควานซ์ฟิลาทิส โยคะพาวเวอร์ และสตีปแอโรบิก ดังนั้น การออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูปจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการมีสุขภาพดี (Farrow, 1992)

ฮูลาฮูปเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับทุกเพศ ทุกวัย แต่การออกกำลังกายชนิดนี้ มีกลไกของทักษะที่ซับซ้อน ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์และผู้เล่น จึงไม่ใช่ทุกคนที่จะสามารถหมุนฮูลาฮูปให้เคลื่อนที่ไปรอบๆเอวได้โดยไม่หล่น และจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าการศึกษาทางกลศาสตร์และชีวกลศาสตร์ที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูปมีอยู่จำนวนน้อยมาก ในปี พ.ศ. 2547 Balasubramaniam and Turvey ได้ศึกษาขนาดของฮูลาฮูปที่มีผลต่อข้อต่อแต่ละจุดในร่างกายช่วงล่าง (สะโพก เข่า ข้อเท้า) โดยทำการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ซึ่งเป็นเพศชาย 4 คน และเพศหญิง 3 คน โดยทุกคนจะได้เล่นฮูลาฮูป ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็กมี เส้นผ่าศูนย์กลาง 70.4 เซนติเมตร ขนาดกลาง 75 เซนติเมตร และขนาดใหญ่ 80.4 เซนติเมตร พบว่า ขนาดของฮูลาฮูปมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ทั้ง 3 แตกต่างกันอย่างฮูลาฮูปมีขนาดเล็ก รัศมีการเคลื่อนที่ของทั้ง 3 ข้อต่อนั้นจะมากขึ้นทำให้ข้อต่อบริเวณเข่าจะมีค่าแตกต่างในรัศมีนี้น้อยสุด(Balasubramaniam & Turvey, 2004) และในปี 2551 มีงานวิจัยพบว่า

ในการหมุนของฮูลาฮูปนั้น เหวของนักกีฬาจะสร้างการเคลื่อนที่แบบคาบ(periodic motion) ในระนาบแนวนอนส่งผลให้วัตถุเกิดการหมุนที่มั่นคง ในการเคลื่อนที่แบบคาบของเหวนักกีฬานั้นจะเสมือนมีจุดหมุนที่ 1 อยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์กลางของเหว และการเคลื่อนที่แบบคาบของฮูลาฮูปนั้นจุดศูนย์กลางมวลของฮูลาฮูปจะเสมือนเป็นจุดหมุนที่ 2 ที่เราจำเป็นต้องศึกษา(Belyakov & Seyranian, 2010)

การเล่นฮูลาฮูป ต้องอาศัยความสัมพันธ์ของผู้เล่นและอุปกรณ์ พื้นฐานทางกายภาพของทักษะนี้ คือ การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม การออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูปเป็นการทำให้วัตถุที่ไม่เสถียร (ฮูลาฮูป) สามารถแกว่งอย่างสมดุลและขนานกับพื้นได้โดยมีความสัมพันธ์กับการแกว่งของร่างกาย วิธีการรักษาโมเมนตัมเชิงมุมในการควบคุมฮูลาฮูปนั้นผู้เล่นจะต้องใส่แรงกระตุ้นในปริมาณที่เหมาะสม (แรงดล) (แรงดล = แรง \times เวลา) โดยต้องทำให้ร่างกายกระทบกับพื้นผิวของฮูลาฮูปในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ผลจากแรงดลนี้จะไปสร้างการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมเชิงมุมของฮูลาฮูป (Balasubramaniam & Turvey, 2004)

โดยทั่วไปแล้วทักษะของการเล่นฮูลาฮูป ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ ขนาดของฮูลาฮูป ความถี่ของฮูลาฮูปที่หมุน ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการหมุน (คอ, แขน, สะโพก) โดยรูปแบบที่พบมากที่สุดของทักษะการแกว่งฮูลาฮูปเกิดขึ้นที่บริเวณเหวและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับข้อเข่า ข้อสะโพกและข้อเท้า (Balasubramaniam & Turvey, 2004)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ผู้วิจัยเห็นว่าในการเล่นฮูลาฮูปประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างทั้งปัจจัยของห้วงและปัจจัยของผู้เล่น นอกจากนี้ยังพบว่าในผู้ที่เล่นฮูลาฮูปได้ ผู้ที่เล่นฮูลาฮูปได้บางคนไม่สามารถเล่น ฮูลาฮูปได้ทุกขนาด จนเกิดคำถามที่ว่า “ทำไมห้วงใหญ่เล่นง่าย ห้วงเล็กเล่นยาก” ทั้งๆที่ขนาดฮูลาฮูปที่ใหญ่หมายถึงน้ำหนักฮูลาฮูปที่มาก ซึ่งฮูลาฮูปที่มีน้ำหนักมากน่าจะเล่นยากกว่า เนื่องจากน้ำหนักของฮูลาฮูปที่มากจะฉุดให้ฮูลาฮูปตกพื้นได้ง่ายกว่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยทางกายภาพของฮูลาฮูป (ได้แก่น้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง) ที่ส่งผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้ และสนใจศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวที่เกิดขึ้นด้วย โดยเริ่มต้นจากการพิสูจน์ทฤษฎีบทของการเคลื่อนที่วงกลมและทำการศึกษาทดลองแบบเชิงประจักษ์ (Empirical Study) ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

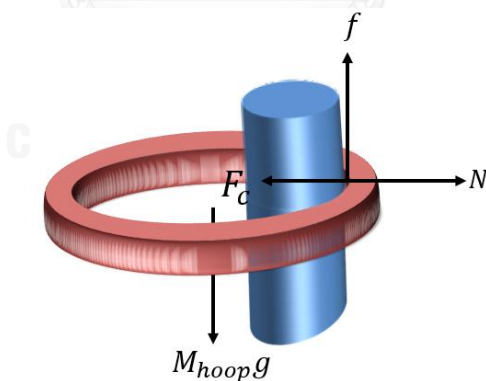
1. เพื่ออธิบายปัจจัยทางกายภาพของฮูลาฮูปที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูป
2. เพื่ออธิบายปัจจัยทางการเคลื่อนไหวของคน ได้แก่ รูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวขณะเล่นฮูลาฮูป

1.3 กลศาสตร์เบื้องต้นของการเล่นฮูลาฮูป

การเล่นฮูลาฮูปอาศัยการใช้เอวของผู้เล่นบังคับให้ฮูลาฮูปหมุนรอบตัวของผู้เล่นและเลี้ยงฮูลาฮูปไม่ให้หล่นลงพื้น ผู้ที่เล่นฮูลาฮูปไม่ได้จะไม่สามารถเลี้ยงให้ฮูลาฮูปหมุนรอบเอวได้ทำให้ฮูลาฮูปเคลื่อนตกลงพื้น ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นแผนภาพวัตถุอิสระได้ดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปที่ 1 แรงทั้ง 4 แรงได้แก่

1. แรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) มีทิศทางพุ่งเข้าหาตัว
2. น้ำหนักของฮูลาฮูป ($M_{hoop}g$) มีทิศทางพุ่งลงพื้น
3. แรงปฏิกิริยาเนื่องจากแรงสู่ศูนย์กลาง มีทิศทางพุ่งออกจากตัว
4. แรงเสียดทาน มีทิศทางพุ่งขึ้นฟ้า

จากแรงทั้ง 4 แรง แรงที่ทำให้ฮูลาฮูปไม่ตกลงพื้นคือแรงเสียดทานระหว่างเอวของผู้เล่นขณะที่กระทบกับฮูลาฮูป



รูปที่ 1 แสดงแผนภาพวัตถุอิสระของการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปขณะเอวสัมผัสกับฮูลาฮูป จากสมการการเคลื่อนที่วงกลม

$$F_c = m\omega^2 r$$

สมการที่ 1

และจากสมการการหาแรงเสียดทาน

$$f = \mu N \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ F_c คือแรงสู่ศูนย์กลางที่ทำให้ฮูลาฮูปเคลื่อนที่เป็นวงกลม m คือมวลของฮูลาฮูป ω คืออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป r คือรัศมีของส่วนโค้ง f คือแรงเสียดทาน μ คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างฮูลาฮูปกับพื้นผิวที่สัมผัสกับฮูลาฮูป (ซึ่งอาจจะเป็นเสื้อผ้าของผู้เล่น) และ N คือแรงปฏิกิริยาตั้งฉากของวัตถุ

จากรูปที่ 1 และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ฮูลาฮูปจะรักษาระดับในแนวตั้งและไม่ตกลงพื้น ถ้าแรงเสียดทาน (f) มากกว่าน้ำหนักของฮูลาฮูป (mg) ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ดังสมการที่ 3

$$f \geq mg \quad \text{สมการที่ 3}$$

แทนค่าสมการที่ 2 ลงในสมการที่ 3 จะได้

$$\mu N \geq mg \quad \text{สมการที่ 4}$$

จากสมการที่ 2 แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก (N) จะมีค่าเท่ากับแรงสู่ศูนย์กลาง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ดังนั้นแทนค่าสมการที่ 1 ลงในสมการที่ 4 จะได้

$$\mu m \omega^2 r \geq mg \quad \text{สมการที่ 5}$$

เนื่องจาก m ในสมการที่ 5 ปรากฏอยู่ที่ทั้ง 2 ด้านของสมการ ดังนั้นจากสมการที่ 5 สามารถลดรูปได้เป็นสมการที่ 6

$$\mu \omega^2 r \geq g \quad \text{สมการที่ 6}$$

จากสมการที่ 6 พบว่าปัจจัยที่สำคัญในรักษาฮูลาฮูปไม่ให้ตกพื้นได้แก่ 1. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างฮูลาฮูปและผิวสัมผัส 2. อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป และ 3. รัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป จากความสัมพันธ์ในสมการที่ 6 พบว่า ยิ่งค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างฮูลาฮูปและผิวสัมผัส และ/หรืออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป และ/หรือรัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป มีค่ามากเท่าไรก็จะทำให้ผู้เล่นสามารถรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูปได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถหาอัตราเชิงมุมขั้นต่ำสำหรับการรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูปดังแสดงในสมการที่ 7

$$\omega \geq \sqrt{\frac{g}{\mu r}} \quad \text{สมการที่ 7}$$

จากสมการที่ 7 แสดงว่าอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปแปรผกผันกับรัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป แสดงว่าฮูลาฮูปที่มีขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย) ต้องการอัตราเร็วเชิงมุมในการหมุนมากกว่าฮูลาฮูปที่มีขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางมาก)

1.4 ขอบเขตในงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้สนใจศึกษาปัจจัยกายภาพของฮูลาฮูปซึ่งได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้สำหรับงานวิจัย ได้แก่ 98 85 และ 72 เซนติเมตร มวลที่ใช้สำหรับการวิจัย ได้แก่ 1.5 1 และ 0.5 กิโลกรัม สำหรับปัจจัยด้านผู้เล่น ศึกษา มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในระนาบซ้ายขวาและระนาบหน้าหลัง

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การเล่นฮูลาฮูปได้ หมายถึง ผู้เล่นฮูลาฮูปสามารถหมุนฮูลาฮูปด้วยแรงแรงและรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูปไม่ให้ตกพื้นได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด

1.6 สมมติฐานของการวิจัย

จากสมการที่ 5 และ 6 สามารถตั้งสมมติฐานของการวิจัยว่า

1. มวลของฮูลาฮูปไม่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้ของผู้เล่น โดยฮูลาฮูปที่มีมวล (น้ำหนัก) ต่างกันจะมีจำนวนคนเล่นฮูลาฮูปได้ไม่ต่างกัน

จากสมการที่ 6 สามารถตั้งสมมติฐานของการวิจัยว่า

2. เส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปมีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้ของผู้เล่น โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่า จะมีจำนวนผู้เล่นฮูลาฮูปได้มากกว่าฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่า

จากสมการที่ 7 สามารถตั้งสมมติฐานของการวิจัยว่า

3. อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปแปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป โดยอัตราเร็วของฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่า จะมีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วของฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่า

4. มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีค่าแตกต่างกัน

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1) รู้ลักษณะการเคลื่อนที่ของการเล่นฮูลาฮูป
- 2) แบบจำลองอย่างง่ายสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปได้
- 3) ทราบปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อความยากง่ายในการเล่นฮูลาฮูป
- 4) สามารถเลือกห่วงฮูลาฮูปให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของผู้เล่นแต่ละคน
- 5) ทราบการเคลื่อนไหวของแนวไหล่กับแนวสะโพกที่สัมพันธ์กับปัจจัยทางกลศาสตร์
- 6) ทราบถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมซึ่งมีประสิทธิภาพในการเล่นฮูลาฮูปและสามารถนำไปปรับใช้ได้
- 7) ทราบสาเหตุความแตกต่างของการเคลื่อนไหวลำตัวของคนที่สามารถเล่นได้และไม่
สามารถเล่นได้
- 8) นำไปใช้ในการออกแบบและกำหนดขนาดฮูลาฮูปที่เหมาะสมกับรูปร่างคน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่อง ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห้วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วย ฮูลาฮูปผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นองค์ความรู้ในการทำการวิจัย ประกอบด้วย

เอกสารที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฮูลาฮูป
- 1.1 ประวัติความเป็นมาของฮูลาฮูป
 - 1.2 ชนิดของฮูลาฮูป
 - 1.3 การเลือกใช้ฮูลาฮูป
 - 1.4 ข้อแนะนำสำหรับการเล่นฮูลาฮูป
 - 1.5 วิธีการเล่นฮูลาฮูป
- ตอนที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายกลศาสตร์ของการออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูป
- 2.1 การเคลื่อนที่
 - 2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม
- ตอนที่ 3 การเคลื่อนไหวของร่างกาย
- 3.1 ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหวของร่างกาย

2.1 ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฮูลาฮูป

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของฮูลาฮูป

ฮูลาฮูปเป็นหนึ่งในการออกกำลังกายที่มีชื่อเสียง เกิดขึ้นครั้งแรกในยุคสมัยกรีกโบราณ โดยชาวกรีกใช้ไม้ไผ่ กล้วย มาทำเป็นฮูลาฮูป จนกระทั่งทศวรรษที่ 14 ชาวอังกฤษดัดแปลงฮูลาฮูปเพื่อใช้เป็นของเล่นสำหรับเด็ก และพัฒนาเป็นเครื่องมือในการใช้ออกกำลังกายสำหรับทหารในช่วงทศวรรษที่ 19 สำหรับอีกหนึ่งข้อมูลระดับต้นกำเนิดต่างกันว่า ในปี 1950 ฮูลาฮูปเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ

ฝึกซ้อมร่างกาย มีความเชื่อว่าห่วงฮูลาฮูปเป็นของเล่นโบราณที่มีวิวัฒนาการมาจากเถาถองุ่นแห้งในยุคอียิปต์โบราณซึ่งมีน้ำหนักที่เบา แต่ก็แปลงจากของเล่นมาเป็นอุปกรณ์ออกกำลังกายเช่นเดียวกัน (Arriola, Chaikumnerd, Simmons, McDonough, & Volynsky, 1998)

คริสเตเบล ซาเมอร์ ผู้ก่อตั้งและประธานเจ้าหน้าที่บริหารฮูลาฮูปเกอร์ล กล่าวว่า การเล่นฮูลาฮูปได้วิวัฒนาการไปสู่ฮูลาฮูปแดนซ์ เป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกาย การบำบัด และทำสมาธิสำหรับผู้ใหญ่ทุกวัยและทุกระดับ จากประโยชน์ที่มากมายของฮูลาฮูปทำให้พัฒนาการของฮูลาฮูปจากการเป็นเพียงแค่ของเล่นสำหรับเด็ก กลายมาเป็นอุปกรณ์ออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลก เพียงแค่การทำให้ห่วงฮูลาฮูปหมุนอยู่ได้รอบเอวเท่านั้น โดยในปี 1958 ที่บริษัทแวม-โอ เปิดตัวฮูลาฮูป ผลปรากฏว่าห่วงพลาสติกน้ำหนักเบา ขายหมดไปทั้งสิ้น 20 ล้านชิ้น ในช่วงหกเดือนแรกของการผลิต และต่อมาถูกใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการแข่งขันยิมนาสติกลีลา ในกีฬาโอลิมปิก ครั้งที่ 23 ที่ลอสแอนเจลิส ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ.2527 (Arriola et al., 1998)

2.1.2 ชนิดของฮูลาฮูป (Rungudom, 2012)

ในปัจจุบันมีฮูลาฮูปถูกผลิตออกมาขายมากมาย หลายรูปแบบ หลายขนาด หลายน้ำหนัก ซึ่งฮูลาฮูปในประเทศไทยที่นิยมนำมาใช้ออกกำลังกายนั้น ทำมาจาก ท่อพลาสติกหนา 0.5 – 1 เซนติเมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 37 – 45 นิ้ว และมีการพันเทปรอบห่วง ฮูลาฮูปให้มีสีสันสวยงาม โดยฮูลาฮูปจะมีขายตามร้านค้าทั่วไป ร้านขายอุปกรณ์กีฬา



รูปที่ 2 แสดงห่วงฮูลาฮูปที่ทำจากท่อพลาสติกใช้เทปพัน

(<http://www.kidzworld.com/article/27339-how-to-make-a-hula-hoop>)

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีฮูลาฮูปที่ดัดแปลงมาจากท่อน้ำ ระดับมาตรฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว โดยสามารถทำขึ้นเองได้ตามความต้องการของผู้ออกกำลังกาย และยังมีลักษณะของฮูลาฮูปแบบอื่นๆ (Lee, 1999) ได้แก่

1. ฮูลาฮoopแบบใส่น้ำ (Water Filled Hoop)



รูปที่ 3 แสดงห่วงฮูลาฮoopแบบใส่น้ำ

(<http://www.thaimarketpress.com/index.php?topic=1699.0>)

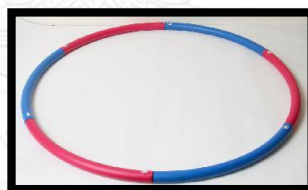
2. ฮูลาฮoopแบบมีปุ่มนวด (Magnetics Weight Hula Hoop)



รูปที่ 4 แสดงห่วงฮูลาฮoopแบบมีปุ่มนวด

(<http://market.onlineoops.com/759817>)

3. ฮูลาฮoopแบบโฟม (Foam Hula hoop)



รูปที่ 5 แสดงห่วงฮูลาฮoopแบบโฟม

(http://www.taiwantrade.com.tw/EP/evafoam/products-detail/en_US/370886/Foam_Hula_Hoop/)

4. ฮูลาฮoopแบบพลาสติกน้ำหนัเบา (Plastic Hula hoop)



รูปที่ 6 แสดงฮูลาฮoopแบบผิวด้านในเรียบ



รูปที่ 7 แสดงฮูลาฮoopแบบ ผิวด้านในไม่เรียบ

2.1.3 การเลือกใช้ฮูลาสูบ

มีหลักการดังนี้ (Huang, 2000)

1. ขนาดห่วงฮูลาสูบต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 37 ถึง 45 นิ้ว
2. มวลของห่วงฮูลาสูบ ระหว่าง 1-4 ปอนด์ (0.5-1.8 กิโลกรัม)
3. เลือกน้ำหนักห่วงตามความสูงของผู้เล่นดังตาราง

ความสูงของผู้เล่น (ซม.)	น้ำหนักห่วง (กก.)
ต่ำกว่า 150 ซม.	0.5 - 1.0
150 - 175 ซม.	1.0 1.5
สูงกว่า 175 ซม.	1.5 - 2.0

(Lu, Wang, Sung, & Chao, 2011)

2.1.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการเล่นฮูลาสูบ (มุขพงษ์, 2554)

1. เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้นบริเวณหัวเข่าและที่เอว จึงไม่ควรโยกหรือหมุนเข่าโดยรอบ และไม่ควรหมุนเอวเป็นวงกว้าง ควรหมุนฮูลาสูบด้วยกล้ามเนื้อรอบเอว ให้รู้สึกว่าการเอวในการควบคุมการหมุนของห่วงฮูลาสูบ
2. ผู้ที่มีอาการบาดเจ็บหรือเคยได้รับบาดเจ็บที่บริเวณเข่าหรือเอว ผู้สูงอายุที่มีสภาพร่างกายเสื่อมถอย และผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ ควรปรึกษาแพทย์ก่อนที่จะออกกำลังกาย
3. ควรมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย

2.1.5 วิธีการออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาสูบ (จักรินทร์, 2554)

1. อบอุ่นร่างกายประมาณ 5 – 10 นาที
2. นำห่วงมาคล้องลำตัวให้อยู่ในระดับเอว สำหรับคนที่ถนัดขวาให้ขอบห่วงอยู่ชิดเอวด้านซ้าย แล้วมือขวาประคองไว้ อีกด้านหนึ่งของห่วง สำหรับคนที่ถนัดซ้าย ให้ขอบห่วงอยู่ชิดเอวด้านขวา มือซ้ายประคองไว้ อีกด้านหนึ่งเช่นกัน
3. ยืนแยกเท้าประมาณช่วงหัวไหล่
4. คนที่ถนัดขวา ใช้มือด้านขวาผลักห่วงให้หมุนไปด้านซ้ายโดยที่เอวยังไม่ขยับ แล้วเหวี่ยงให้ห่วงหมุนไปด้านขวา แล้วปล่อยมือออก หมุนเอวตามจังหวะที่ห่วงเคลื่อนที่

2.2 ตอนที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ใช้อธิบายกลศาสตร์ของการเล่นฮูลาฮูป

ในการศึกษาปัญหาทางฟิสิกส์ควรระลึกอยู่เสมอว่า ควรใช้ระบบอย่างง่ายอธิบายระบบทางธรรมชาติซึ่งมีความสลับซับซ้อนกว่า เช่นเดียวกับเมื่อพิจารณาระบบการเคลื่อนที่ของการออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูปพบว่ามี โครงสร้างที่ซับซ้อน จึงขออธิบายด้วยแบบจำลองทางกลศาสตร์ ของการเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular motion) ซึ่งสามารถใช้อธิบายกลไกการควบคุมวัตถุที่ไม่เสถียร (ห่วงฮูลาฮูป)ได้ในระดับที่น่าพอใจ

การเคลื่อนที่

ชัยพัฒน์ (2553) การเคลื่อนที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

1. การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง เป็นการเคลื่อนที่ในแนวราบ
 2. การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ เป็นการเคลื่อนที่ในแนวราบและแนวตั้ง
 3. การเคลื่อนที่แบบเชิงมุม เป็นการเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งของการเคลื่อนที่เป็นลักษณะวงกลม
- การเคลื่อนที่ทั้ง 3 ชนิด เป็นการเคลื่อนที่ที่พบอยู่โดยทั่วไป ทั้งในลักษณะการเคลื่อนที่ไหวในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกาย รวมไปถึงการแข่งขัน

วัตถุประสงค์หลักในการศึกษาการเคลื่อนที่ ก็เพื่อที่จะได้เข้าใจในหลักเกณฑ์การเคลื่อนที่และสามารถนำไปประยุกต์ ออกแบบ และวางแผนการแข่งขันได้

การศึกษากการเคลื่อนที่สามารถทำได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ในการศึกษาเชิงคุณภาพ ผู้ทำการศึกษาจะสนใจเกี่ยวกับลักษณะท่าทางในการเล่นหรือออกกำลังกาย เช่น ในการเตะฟุตบอล ผู้ศึกษาอาจจะสนใจเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ เช่น การงอของข้อสะโพก (Flexion) รวมทั้ง การยืดออกของหัวเข่า (extension) แต่ถ้าจะให้ละเอียดขึ้นไปอีก ผู้ศึกษาอาจวิเคราะห์ถึงลำดับการเคลื่อนไหว รวมไปถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว โดยใช้กล้องถ่ายภาพความเร็วสูง (High Speed Camera) ในการวิเคราะห์หาข้อผิดพลาด หรือเพื่อปรับปรุงเทคนิคให้ดียิ่งขึ้น สำหรับการศึกษาเชิงปริมาณ เป็นการศึกษาโดยมีตัวเลขมารองรับ เช่น ช่วงของการเคลื่อนที่ (Range of Motion) หรือผลการแข่งขัน เช่นระยะวิ่ง ระยะทางที่ข้าง เป็นต้น ซึ่งผลการแข่งขันหรือสถิติของนักกีฬาที่เป็นการศึกษาเชิงปริมาณย่อมสะท้อนถึงเทคนิคต่างๆที่นักกีฬาได้พัฒนาขึ้นจากการฝึกซ้อมที่ได้มาจากการศึกษาเชิงคุณภาพ ดังนั้น โค้ชกีฬาจำเป็นต้องใช้การศึกษาทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ในการวิเคราะห์การฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา และให้ได้ผลการแข่งขันที่ดียิ่งขึ้น

ตัวแปรที่สำคัญในการเคลื่อนที่

1. เวลา
2. ระยะทางกระจัด
3. ความเร็ว
4. ความเร่ง
5. ความเร่ง

ในตัวแปรทั้งหมด จะต้องจำไว้ว่าทุกตัวเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น การกำหนดทิศทางของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณและการเคลื่อนที่เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง

1.1 ระยะทาง (Distance) และระยะทางกระจัด (Displacement)

ในขณะที่ระยะทางการกระจัด เป็นปริมาณเวกเตอร์ ระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ ระยะทางเป็นการวัดถึงระยะทางทั้งหมดที่เราเคลื่อนที่ไป ในขณะที่ระยะทางการกระจัดวัดตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายที่เราเคลื่อนที่ เช่น ถ้าเราแข่งว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตร จะได้ระยะทาง 50 เมตร ในขณะเดียวกัน จะได้การกระจัดเป็น 50 เมตร ถ้าเราว่ายน้ำในสระ 50 เมตร แต่เราจะได้การกระจัดเป็น 0 ถ้าว่ายน้ำในสระขนาด 25 เมตร (เนื่องจาก เราว่ายน้ำไป-กลับ) จุดสุดท้ายและจุดเริ่มต้น เป็นจุดเดียวกัน ดังนั้น การกระจัดจะเป็น 0)

1.2 อัตราเร็ว (Speed) และความเร็ว (Velocity)

ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ในขณะที่อัตราเร็วเป็นปริมาณสเกลาร์

ถ้าพูดถึงความเร็ว หรือ อัตราเร็ว ต้องการหาว่า สิ่งที่เราพูดถึงนั้นเคลื่อนที่ได้เร็วขนาดไหน การที่จะสามารถรู้ได้ว่าสิ่งที่เราพูดถึงนั้นเคลื่อนที่ได้เร็วขนาดไหน ก็ต้องมีจุดอ้างอิง อย่างน้อย 2 จุด เพื่อที่จะหาว่าจุดทั้ง 2 นั้นอยู่ห่างกันเท่าไร และสิ่งๆนั้นใช้ระยะเวลาเท่าใดในการเคลื่อนที่ สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\text{อัตราเร็ว (v)} = \frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$\text{ความเร็ว } (\vec{v}) = \frac{\text{ระยะทางการกระจัดที่เคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

1.3 อัตราเร่ง และความเร่ง

อัตราเร่งและความเร่งบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

$$\text{อัตราเร่ง } (a) = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วการเคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

$$\text{ความเร่ง } (\vec{a}) = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (4)$$

ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ จะบอกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่จะมีความเร็วที่เพิ่มขึ้น ถ้าความเร่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศทางเดียวกัน เช่น การปล่อยวัตถุตกลงมาจากที่สูง แต่วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลง ถ้าความเร่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศทางตรงกันข้าม เช่น การขว้างวัตถุขึ้นข้างบน เป็นต้น

2.2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ในที่นี้จะกล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยในการศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลม ต้องทราบปริมาณพื้นฐานทางฟิสิกส์อื่นๆ เช่น

T คาบ

f ความถี่

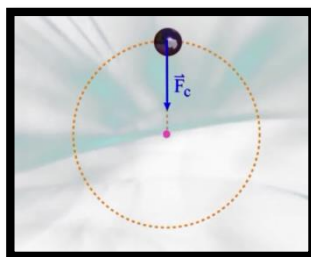
ω อัตราเร็วเชิงมุม

v อัตราเร็วเชิงเส้น

F_c แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

a_c ความเร่งสู่ศูนย์กลาง

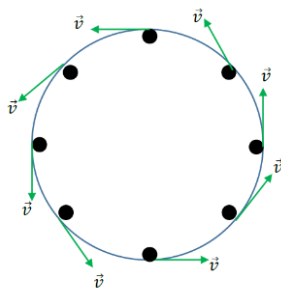
นอกจากนี้เรายังประยุกต์ไปใช้กับการเคลื่อนที่บนทางโค้ง เช่น การเลี้ยวโค้งบนถนนราบของรถยนต์ รถจักรยานยนต์ หรือจักรยาน การเลี้ยวโค้งบนถนนเอียง การเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น



รูปที่ 8 ภาพแสดงแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง

ขณะที่แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลม หรือบางส่วนของวงกลมในกรณีที่เราพิจารณา การเคลื่อนที่มีอัตราเร็วคงตัว เราจะเรียก การเคลื่อนที่แบบนี้ว่า การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform Circular Motion) คือ ขนาดของความเร็วเท่าเดิมสม่ำเสมอ แต่ทิศทางเปลี่ยนไปทีละน้อย



รูปที่ 9 ภาพแสดงการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ (Uniform Circular Motion)

ในขณะที่แรงสู่ศูนย์กลางที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ไปรอบวงกลมนั้น และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลมนั้น

\vec{F}_c แรงสู่ศูนย์กลาง (Centripetal force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม และมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของแนววงกลม

ซึ่งการเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่งที่มีแนวทางการเคลื่อนที่เป็นรูปวงกลม

คาบ คือ ช่วงเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ โดยใช้สัญลักษณ์ แทนคาบด้วย T มีหน่วยเป็น วินาที/รอบ

ความถี่ คือ จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 หน่วยเวลา มีสัญลักษณ์แทนด้วย f และมีหน่วยเป็น รอบ/วินาที หรือ เฮิรตซ์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และคาบ เราสามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

สำหรับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวราบ ด้วยอัตราเร็ว v และรัศมีของแนววงกลม คือ r การเคลื่อนที่ 1 รอบก็คือ ความยาวของเส้นรอบวง และเวลาที่ใช้ก็คือ คาบของช่วงเวลา ดังนั้น เราจะได้อัตราเร็ว

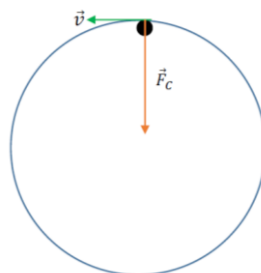
$$V = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$



รูปที่ 10 ภาพแสดงรัศมี(r) ของการเคลื่อนที่

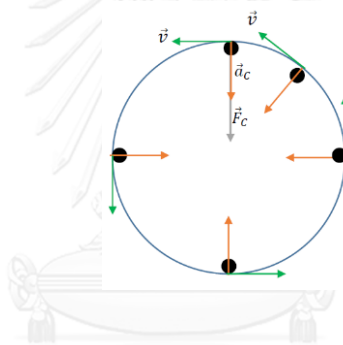
ส่วนการเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลาง อัตราเร็วเชิงเส้น และรัศมีของการเคลื่อนที่ เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$F_c \propto \frac{v^2}{r} \quad (3)$$



รูปที่ 11 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (F_c) และ อัตราเร็วเชิงเส้น (v)

จากการที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ จะเกิดแรงที่มีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางตลอดเวลา และจะมีความเร่งสู่ศูนย์กลางเกิดขึ้นอีกด้วย เมื่อพิจารณาวัตถุที่เคลื่อนที่ไปตามแนวโค้งของวงกลม รัศมี r ด้วยอัตราเร็วคงตัว v ความเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆบนแนวโค้ง จะมีทิศทางตามแนวเส้นสัมผัสกับส่วนโค้ง ดังนั้น หากพิจารณาแล้ว จะเห็นว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในแง่ของทิศทาง



รูปที่ 12 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (\vec{F}_c) และ ความเร็วเชิงเส้น (\vec{v}) และความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (\vec{a}_c)

จากความหมาย ความเร่ง หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป เทียบกับ 1 หน่วยเวลา จะได้ ความเร่งสู่ศูนย์กลาง จากการเคลื่อนที่แบบวงกลม คือ

$$\vec{a}_c = \frac{v^2}{r} \quad (4)$$

$$\text{จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน } \Sigma \vec{F} = m\vec{a} \quad (5)$$

จะได้ว่า

$$\Sigma \vec{F}_c = m\vec{a}_c \quad (6)$$

$$\text{ดังนั้น } \vec{F}_c = m \frac{v^2}{r} \quad (7)$$

2.3 ตอนที่ 3 การเคลื่อนไหวของร่างกาย

ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Planes and axes of body movement)

ระนาบและแกนการเคลื่อนไหวของร่างกาย จะช่วยให้นักชีวกลศาสตร์มีความเข้าใจที่ตรงกันในการสื่อสารที่กล่าวถึงการเคลื่อนไหวแบบต่างๆกับบุคคลทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสัมพันธ์ของระนาบและแกนการเคลื่อนไหว จะมีอยู่ 3 แบบ ซึ่งก็คือภาพ 3 มิติ ที่มีทั้ง ความกว้าง ความยาว และความสูง

- ระนาบแบ่งหน้า-หลัง (Frontal หรือ coronal plane) เทียบได้กับการมองจากด้านหน้าไปด้านหลัง (front view) จะมีแกนหน้า-หลัง (Sagittal axis) เป็นแกนตั้งฉาก บางครั้ง เรียกว่า ระนาบข้าง
- ระนาบแบ่งซ้าย-ขวา (Sagittal หรือ median plane) เทียบได้กับการมองภาพจากด้านข้าง (side view) จะมีแกนข้าง (Frontal axis) ตั้งฉาก บางครั้งเรียกว่า ระนาบหน้า-หลัง
- ระนาบแบ่งบน-ล่าง (Transverse หรือ horizontal plane) เทียบได้กับการมองภาพด้านบนไปด้านล่าง (top view) จะมีแกนแนวดิ่ง (vertical หรือ longitudinal axis) ตั้งฉาก บางครั้ง เรียกว่า ระนาบขอบฟ้า

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูป

กมล (2551) กล่าวว่า การเล่นฮูลาฮูปนั้นเป็นการออกกำลังกายใกล้เคียงกับการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก (Isometric Exercise or Static Exercise) ซึ่งหมายถึง เป็นการออกกำลังกาย

แบบมีการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อคงที่ แต่มีการเกร็งตัว หรือดึงตัว (Tension) ของกล้ามเนื้อเพื่อต้านกับแรงต้าน ดังนั้น เมื่อมีการออกกำลังกายอวัยวะต่างๆจึงไม่มีการเคลื่อนที่แต่มีการเกร็งของกล้ามเนื้อในลักษณะออกแรงเต็มที่ในระยะสั้นๆ

วัลลภ (2551) กล่าวว่า การออกกำลังกายด้วยธูลาฮูอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น แต่มีผลน้อยมากในการเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจหรือระบบไหลเวียนโลหิต การออกกำลังกายแบบนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ค่อยมีเวลาและมีสถานที่จำกัด เพราะเป็นการออกกำลังกายที่ใช้เวลาน้อยและสามารถเล่นได้เกือบทุกสถานที่ นอกจากนี้ยังเหมาะกับนักกีฬาที่พึ่งหายจากการอาการบาดเจ็บที่ต้องการการฟื้นฟู

Farrow (1992) ศึกษา ผลของการออกกำลังกายด้วยธูลาฮู ในผู้หญิงที่มีสุขภาพดีอายุระหว่าง 16 – 59 ปี จำนวน 16 คน โดยก่อนทำการฝึกนั้นจะให้หมุนห่วงธูลาฮูขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 – 45 นิ้ว มวล 1-4 ปอนด์ จำนวน 2 ครั้งก่อน แล้วจึงทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรม โดยกลุ่มทดลอง ทำการหมุนห่วงธูลาฮู 35 นาที ร่วมกับเต้นประกอบเพลง ผลการวิจัยพบว่า มีอัตราการเผาผลาญพลังงานเฉลี่ย 210 แคลอรีในทุกๆ 5 นาที และเผาผลาญ 420 แคลอรีในเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งสามารถเทียบได้กับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 151 ครั้งต่อนาที

จากการศึกษาของมหาวิทยาลัยวิสคอนซินสหรัฐอเมริกาที่มีการนำเสนอผลการศึกษาในการประชุมวิชาการราชวิทยาลัยอายุรแพทย์แห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2554 ว่าการเต้นธูลาฮูระดับปานกลาง เป็นเวลา 30 นาที สามารถเผาผลาญพลังงานได้สูงถึง 210 กิโลแคลอรี (เฉลี่ย 7 แคลอรีต่อนาที) การเต้นธูลาฮูเป็นรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อลดน้ำหนักที่ดีอีกรูปแบบหนึ่ง มีการใช้พลังงานสูงกว่าการออกกำลังกายประเภทแอควานซ์ฟิตเนส ซึ่งใช้พลังงานเพียง 165 กิโลแคลอรี โยคะพาวเวอร์(177 กิโลแคลอรี)และสตีป แอโรบิก(177 กิโลแคลอรี)ในเวลาเท่ากัน (30นาที)

Rungudom (2012) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายโดยใช้ธูลาฮูที่มีต่อสมรรถนะ การลดเฉพาะส่วน และระดับไขมันในเลือดหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรแพทย์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 34 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ออกกำลังกายโดยใช้ธูลาฮูที่ไม่ใส่น้ำ กลุ่มที่ 2 ออกกำลังกายโดยใช้ธูลาฮูที่ใส่น้ำ 500 มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 3 ออกกำลังกายโดยใช้ธูลาฮูที่ใส่น้ำ 750 มิลลิลิตร ให้ทุกกลุ่มออกกำลังกายโดยใช้ธูลาฮู

ลาซูปครั้งละ 50 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์แล้วทำการวัดตัวแปรพื้นฐานทางสรีรวิทยาทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ใช้ฮูลาฮูปใส่น้ำ 750 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง และความอ่อนตัว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Crowther, Morken, and Pohlmann (2015) ได้เปรียบเทียบผลทางชีวกลศาสตร์ของร่างกายส่วนล่าง และการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (erector spinae, external oblique, rectus abdominis) ในการเคลื่อนไหวของการเล่นฮูลาฮูปขณะเล่นเกม Wii และการออกกำลังกายโดยใช้ฮูลาฮูปแบบดั้งเดิม ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่า ในการเคลื่อนไหวของการเล่นฮูลาฮูปรูปแบบ เกม Wii พบว่า range of motion ในการเคลื่อนไหวของเชิงกราน และสะโพก ที่มากกว่าการเล่นฮูลาฮูปแบบดั้งเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่การเล่นฮูลาฮูปแบบดั้งเดิมพบว่าการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางมากกว่าการเล่นฮูลาฮูปแบบดั้งเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กลไกการควบคุมวัตถุที่ไม่เสถียร (ห่วงฮูลาฮูป)

Nishizaki, Nakaura, and Sampei (2009) ในการหมุนของฮูลาฮูปนั้น เอวของนักกีฬาจะสร้างการเคลื่อนที่แบบมีคาบ (periodic motion) ในระนาบแนวนอนส่งผลให้วัตถุเกิดการหมุนที่มีมั่นคงในการเคลื่อนที่แบบมีคาบของเอวนักกีฬานั้นจะเสมือนมีจุดหมุนที่ 1 อยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์กลางของเอว และการเคลื่อนที่แบบมีคาบของห่วงฮูลาฮูปนั้นจุดศูนย์กลางมวลของฮูลาฮูปจะเสมือนเป็นจุดหมุนที่ 2 ที่เราจำเป็นต้องศึกษา

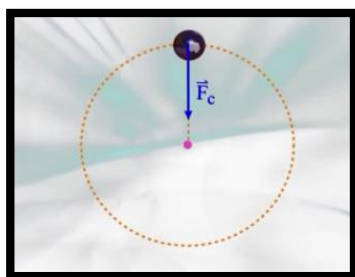
Balasubramaniam and Turvey (2004) ศึกษาขนาดของฮูลาฮูปที่มีผลต่อข้อต่อแต่ละจุดในร่างกายช่วงล่าง (สะโพก เข่า ข้อเท้า) โดยทำการทดสอบในเพศชาย 4 คน และเพศหญิง 3 คน โดยทุกคนจะได้เล่น ฮูลาฮูป ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็กมี เส้นผ่าศูนย์กลาง 70.4 เซนติเมตร ขนาดกลาง 75 เซนติเมตร และขนาดใหญ่ 80.4 เซนติเมตร พบว่า ขนาดของฮูลาฮูปมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ทั้ง 3 แตกต่างกันไปคือ ยิ่งฮูลาฮูปมีขนาดเล็ก รัศมีการเคลื่อนที่ของข้อต่อทั้ง 3 ข้อต่อนั้นจะมากขึ้นตามลำดับ และในข้อต่อบริเวณเข่าจะมีค่าแตกต่างในรัศมีนั้นน้อยสุด

Cluff, Robertson, and Balasubramaniam (2008) ทำการศึกษาฮูลาฮูปในทางชีวกลศาสตร์ พบว่าฮูลาฮูปเป็นการออกกำลังกายแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic Exercise) ซึ่งเป็นการออกกำลังกาย ชนิดที่การทำงานของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ตลอดช่วงเวลาของการเคลื่อนไหว งานวิจัยนี้ได้ทำการ ทดลองกับอาสาสมัคร 3 คนอายุเฉลี่ย 19.3 ปี โดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหว ของฮูลาฮูปแบบสามมิติ (3D) ตามแต่ละส่วนของ ร่างกาย ได้แก่ สะโพก เข่า และข้อเท้า พบว่า ขณะที่ร่างกายหมุนระหว่างการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป ช่วงขณะ กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวในลักษณะกางออก (Abductor) แรงที่ส่งผ่านทั้ง 3 ข้อต่อจะมีลักษณะเหมือนกัน ส่วนขณะกล้ามเนื้อเคลื่อนไหวในลักษณะงอและเหยียด (Flexer/Extensor) แรงที่ส่งจากทั้ง 3 ข้อต่อนั้นไม่เท่ากัน

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

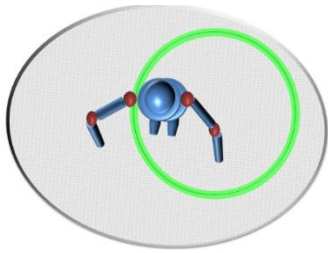
แนวคิด กลศาสตร์เบื้องต้นของการเล่นฮูลาฮูป

ในการศึกษาปัญหาทางฟิสิกส์นั้น จะใช้ระบบอย่างง่ายอธิบายระบบทางธรรมชาติที่มีความซับซ้อน เช่นเดียวกับเมื่อพิจารณา การเคลื่อนที่ของการเล่นฮูลาฮูปที่มีโครงสร้างซับซ้อน จึงต้องมีการอธิบายเป็นระบบอย่างง่ายด้วยการเคลื่อนที่แบบวงกลม 2 อัน โดยการเคลื่อนที่แบบวงกลมนี้ ก็คือ วัตถุจะมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนหนึ่งของวงกลม โดยปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้แก่ แรงเข้าสู่ศูนย์กลาง (F_c) ซึ่งเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลมและมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของวงกลมเสมอ

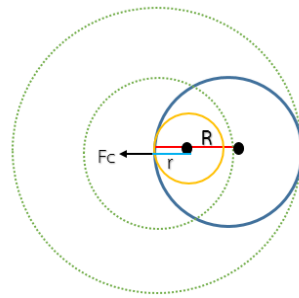


รูปที่ 13 แสดง แรงเข้าสู่ศูนย์กลางซึ่งมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของวงกลมเสมอ

เมื่อพิจารณาอย่างง่าย การเคลื่อนที่ในมุมมองบน (top view) จะเห็นได้ว่าห่วงฮูลาฮูปมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และเอวของคนก็มีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเช่นเดียวกัน



รูปที่ 14 แสดงภาพของคนและห่วง
(top view)

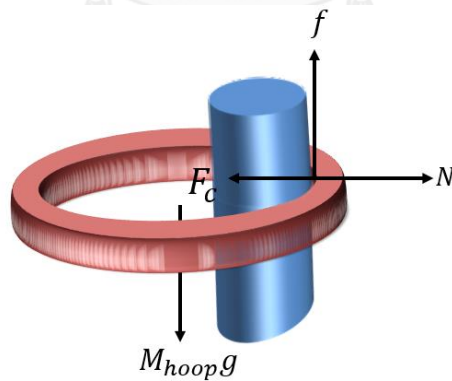


รูปที่ 15 แสดงแบบจำลองของคนและห่วง
(top view)

การเล่นฮูลาฮูปอาศัยการใช้เอาจอกของผู้เล่นบังคับให้ฮูลาฮูปหมุนรอบตัวของผู้เล่นและเลี้ยงฮูลาฮูปไม่ให้หล่นลงพื้น ผู้ที่เล่นฮูลาฮูปไม่ได้จะไม่สามารถเลี้ยงให้ฮูลาฮูปหมุนรอบตัวได้ ทำให้ฮูลาฮูปเคลื่อนตกลงพื้น ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นแผนภาพวัตถุอิสระได้ดังแสดงในรูปที่ 16 จากรูปที่ 16 แรงทั้ง 4 แรงได้แก่

1. แรงสู่ศูนย์กลาง (F_c) มีทิศทางพุ่งเข้าหาตัว
2. น้ำหนักของฮูลาฮูป ($M_{hoop}g$) มีทิศทางพุ่งลงพื้น
3. แรงปฏิกิริยาเนื่องจากแรงสู่ศูนย์กลาง มีทิศทางพุ่งออกจากตัว
4. แรงเสียดทาน มีทิศทางพุ่งขึ้นฟ้า

จากแรงทั้ง 4 แรง แรงที่ทำให้ฮูลาฮูปไม่ตกลงพื้นคือแรงเสียดทานระหว่างเอาจอกของผู้เล่นขณะที่กระทบกับ ฮูลาฮูป



รูปที่ 16 แสดงแผนภาพวัตถุอิสระของการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปขณะเอาจอกสัมผัสกับฮูลาฮูป

แนวคิด รูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวในการเล่นฮูลาฮูป

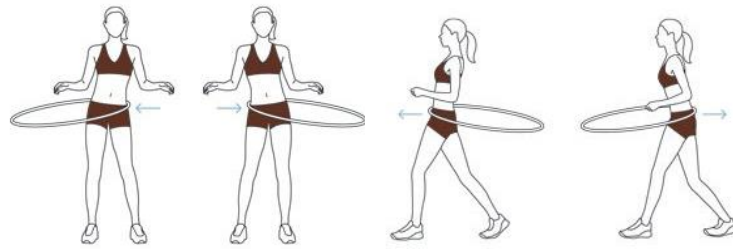
เมื่อพิจารณารูปแบบการเคลื่อนไหวของการเล่นฮูลาฮูปนั้น พบว่าเป็นทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกายเกือบทุกส่วนที่ซับซ้อนมาก ผู้เล่นฮูลาฮูปจะต้องมีการประสานสัมพันธ์ส่วนต่างๆ ของร่างกายในขณะที่เคลื่อนไหว จึงจะทำให้การเล่นฮูลาฮูปมีประสิทธิภาพ งานวิจัยส่วนใหญ่ เน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง (Lower extremity) ได้แก่ ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ซึ่งพบว่า ขนาดของฮูลาฮูปมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ทั้ง 3 แตกต่างกันคือ ยิ่งฮูลาฮูปมีขนาดเล็ก รัศมีการเคลื่อนที่ของทั้ง 3 ข้อต่อนั้นจะมากขึ้นตามลำดับ และในข้อต่อบริเวณเข่า จะมีค่าแตกต่างในรัศมีนั้นน้อยสุด (Balasubramaniam & Turvey, 2004) แต่หากพิจารณาจากลักษณะของการเล่นฮูลาฮูปแล้วจะพบว่า ตำแหน่งที่หัวและร่างกายสัมผัสกันนั้น เกิดขึ้นที่บริเวณเอว ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวด้วย หลายครั้งที่ผู้ฝึกสอน พยายามบอกให้ผู้เล่น หมุนเอวให้เป็นวงกลม หรือเป็นวงรี เพื่อให้สามารถเล่นได้ แต่ความเชื่อนี้ก็ยังไม่ได้มีการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการบิดหมุนของลำตัว จะเน้นศึกษา ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของแนวไหล่ และการเคลื่อนที่ของแนวสะโพกว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร แล้วนำผลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพัฒนาเทคนิค

วิทพงศ์ (2551) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของแนวไหล่กับแนวสะโพกขณะขึ้นไม้สุดสวิงและความเร็วหัวไม้กอล์ฟขณะกระทบลูก พบความสัมพันธ์ระหว่างมุมของแนวไหล่กับแนวสะโพกขณะขึ้นไม้สุดสวิงและความเร็วหัวไม้กอล์ฟขณะกระทบลูก ดังนั้น หากนักกอล์ฟสมัครเล่นต้องการตีให้ระยะทางไกล ควรให้ความสำคัญกับการบิดลำตัวเพื่อสร้างมุมของแนวไหล่กับแนวสะโพกขณะขึ้นไม้สุดสวิงให้มากขึ้น

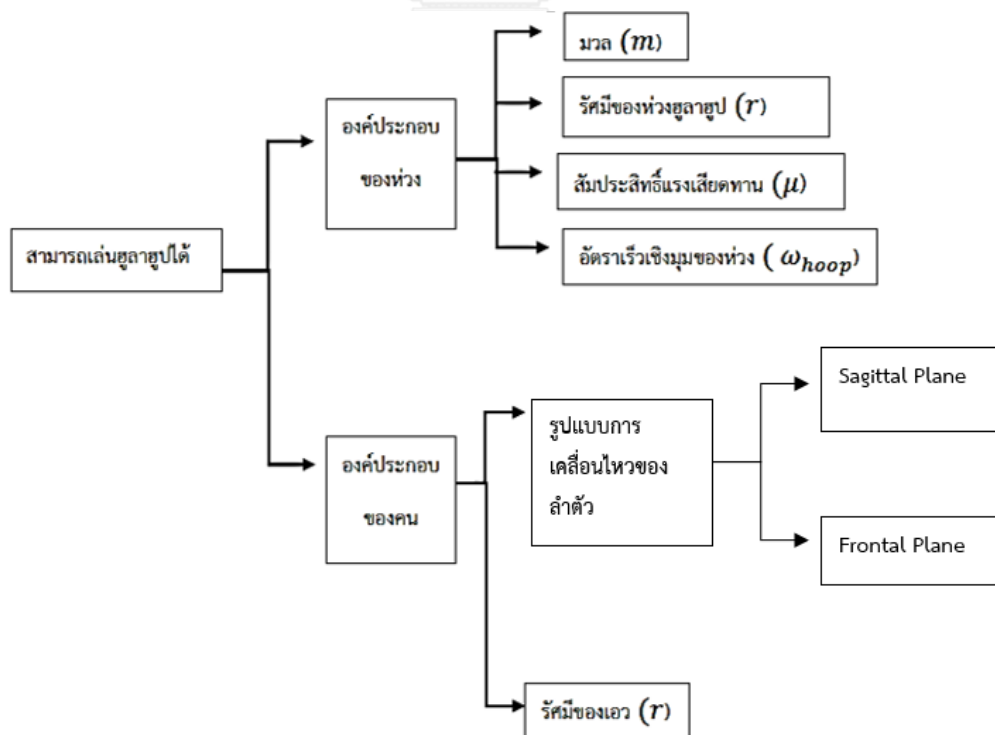
(Plummer & Oliver, 2009) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคิเนเมติกส์ของกระดูกเชิงกราน และลำตัว กับตัวแปรคิเนเมติกส์ของหัวไหล่ ในนักกีฬาเบสบอล ตำแหน่งพิชเชอร์ ระดับมัธยมศึกษา พบว่า ค่าตัวแปรทางคิเนเมติกส์ของกระดูกเชิงกรานและลำตัว ในช่วงตลอดการขว้างลูกเบสบอลแปรผกผันกับระดับความสูงของหัวไหล่และแปรผกผันกับระนาบการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ มีเพียงแค่ การหมุนของลำตัวที่มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ดังนั้นการฝึกความแข็งแรงควรมุ่งเน้นหลักไปที่การพัฒนากล้ามเนื้อแกนกลางของลำตัวซึ่งควบคุมการบิดหมุนของลำตัวในระหว่างการขว้างลูกเบสบอล

ดังนั้น การเล่นฮูลาฮูป ซึ่งยังไม่มีเคยมีผู้วิจัยถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เป็นรูปธรรมมาก่อน แต่จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวแล้ว พบว่าจะต้องมีการบิดหมุนของลำตัว เพื่อให้ห่วงเกิดการเคลื่อนที่ โดยคาดว่าน่าจะมีรูปแบบของการเคลื่อนไหว และสามารถอธิบายได้ด้วยการเคลื่อนไหวของแนวไหล่และแนวสะโพก



รูปที่ 17 แสดงการเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูป

จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมา นำมาสู่กรอบแนวคิดโครงสร้างองค์ประกอบที่ทำให้คนสามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ดังแผนภาพ



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Target Population) : นิสิตระดับปริญญาตรี ที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

กลุ่มตัวอย่าง (Sample group) : นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คนที่เข้าข่ายตามเกณฑ์การคัดเลือก

3.2 เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria)

1. เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. เพศหญิง
3. ส่วนสูง 155 – 165 เซนติเมตร
4. น้ำหนัก 50 – 65 กิโลกรัม
5. ขนาดเส้นรอบวงของเอว 70- 85 เซนติเมตร
6. ประสบการณ์ในการเล่นฮูลาฮูป มากกว่า 1 ปี
7. มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่องานวิจัย
8. สมัครใจเข้าร่วมวิจัย
9. สามารถหมุนห่วงฮูลาฮูป ขนาดใหญ่สุด มวลมากที่สุด ได้นานเกิน 1 นาที

3.3 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. ผู้ร่วมวิจัยขอลอนตัวจากการศึกษา
2. ผู้ร่วมวิจัยเกิดการบาดเจ็บจนเป็นอุปสรรคต่อการวิจัย

3.4 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง(Purposive Sampling) เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยใช้การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1.9.2 ซึ่งมีการกำหนดค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % ($\alpha = .05$) อำนาจการทดสอบ (Power of test) =.95 และ Effect size = .90 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 20 คน

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องบันทึกการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ (3D Motion Analysis System)

ประกอบด้วย

1.1 กล้องความเร็วสูง จำนวน 6 ตัว ตั้งค่าความเร็วในการจับภาพที่ 500 ภาพ/วินาที เครื่องหมายการค้า SMART DX 5000 จากประเทศอิตาลี



รูปที่ 18 แสดงเครื่องบันทึกการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ

1.2 กล้องถ่ายวิดีโอที่ใช้สำหรับบันทึกภาพ จำนวน 2 ตัว เครื่องหมายการค้า BTS จากประเทศอิตาลี



รูปที่ 19 แสดงกล้องถ่ายวิดีโอที่ใช้สำหรับบันทึกภาพ

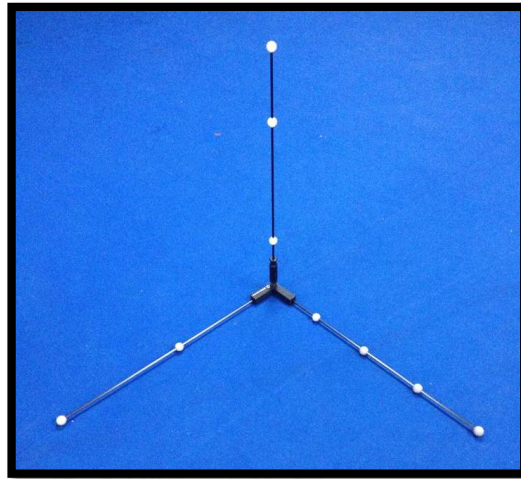
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 อุปกรณ์กำหนดจุดเชื่อมต่อแบบสะท้อนแสง (Markers)



รูปที่ 20 แสดงอุปกรณ์กำหนดจุดเชื่อมต่อแบบสะท้อนแสง

1.4 ชุดทำการ Calibration ด้วยระบบ Thor2 จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 21 แสดงชุดทำการ Calibration ด้วยระบบ Thor2

2. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เครื่องหมายการค้า ASUS ขนาด 14 นิ้ว



รูปที่ 22 แสดงคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ดิจิตอล เครื่องหมายการค้า TANITA รุ่น HD365



รูปที่ 23 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก

4. เครื่องวัดส่วนสูง เครื่องหมายการค้า เอฟบีที (FBT) รุ่น FBTACCESSORY47301



รูปที่ 24 แสดงเครื่องวัดส่วนสูง

5. สายวัด เครื่องหมายการค้า ผีเสื้อ ขนาด 12 มิลลิเมตร ยาว 150 เซนติเมตร



รูปที่ 25 แสดงสายวัด

6. ตลับเมตร เครื่องหมายการค้า YAMOTO ขนาดความยาว 3 เมตร



รูปที่ 26 แสดงตลับเมตร

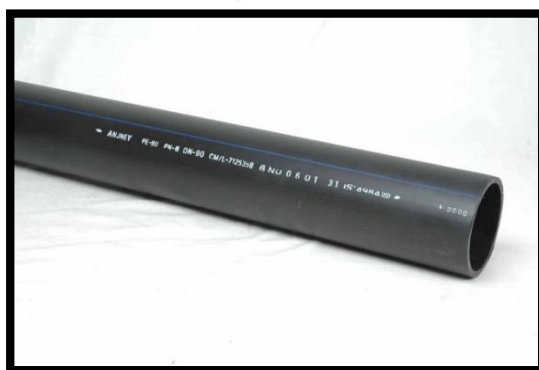
7. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ เครื่องหมายการค้า AT INDY Range 0-150 มิลลิเมตร



รูปที่ 27 แสดงเวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้

1. ท่่วงสูลาฮูปแบบธรรมดา ตัวท่่วงทำจาก ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) รุ่น PE 80



รูปที่ 28 แสดง ท่อ HDPE อุปกรณ์ที่ใช้ทำท่่วงสูลาฮูป

โดยมีห่วงทั้งหมด 9 แบบ ประกอบด้วย

- | | | | | |
|-----|---|-----|-----|----------|
| 1.1 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร | มวล | 0.5 | กิโลกรัม |
| 1.2 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร | มวล | 1 | กิโลกรัม |
| 1.3 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร | มวล | 1.5 | กิโลกรัม |
| 1.4 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 เซนติเมตร | มวล | 0.5 | กิโลกรัม |
| 1.5 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 เซนติเมตร | มวล | 1 | กิโลกรัม |
| 1.6 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 เซนติเมตร | มวล | 1.5 | กิโลกรัม |
| 1.7 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร | มวล | 0.5 | กิโลกรัม |
| 1.8 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร | มวล | 1 | กิโลกรัม |
| 1.9 | ห่วงฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร | มวล | 1.5 | กิโลกรัม |

2. เสื้อผ้าที่ใช้ในการวิจัย

เสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit) แขนสั้น เครื่องหมายการค้า Speed

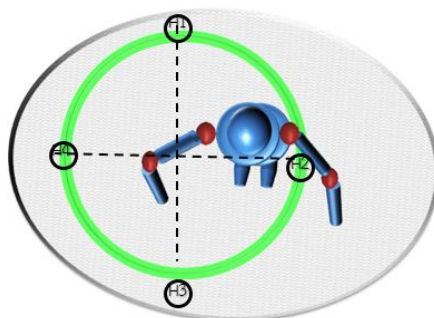


รูปที่ 29 แสดงเสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit)

3. ตำแหน่งของอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง (Markers)

3.1 ตำแหน่งของอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง (Markers) ที่ห้วงศูลาฮูป จำนวน 4 จุด

โดยที่ระยะห่างจากจุด H1 ถึง H3 และระยะห่างจากจุด H2 ถึง H4 จะต้องมีค่าเท่ากัน



รูปที่ 30 แสดงตำแหน่งมาร์คเกอร์บนห้วงจากมุมบน (top view)

3.2 ตำแหน่งของอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง (Markers) ที่ติดบนร่างกาย จำนวน 8 จุด

บริเวณข้อไหล่

ตำแหน่ง Tip of acromion process ด้านซ้ายและด้านขวา จำนวน 2 จุด

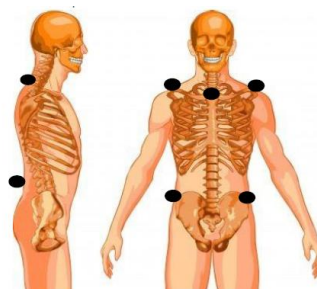
ตำแหน่ง Seventh cervical vertebra (C7) จำนวน 1 จุด

ตำแหน่ง Jugular notch จำนวน 1 จุด

บริเวณข้อสะโพก

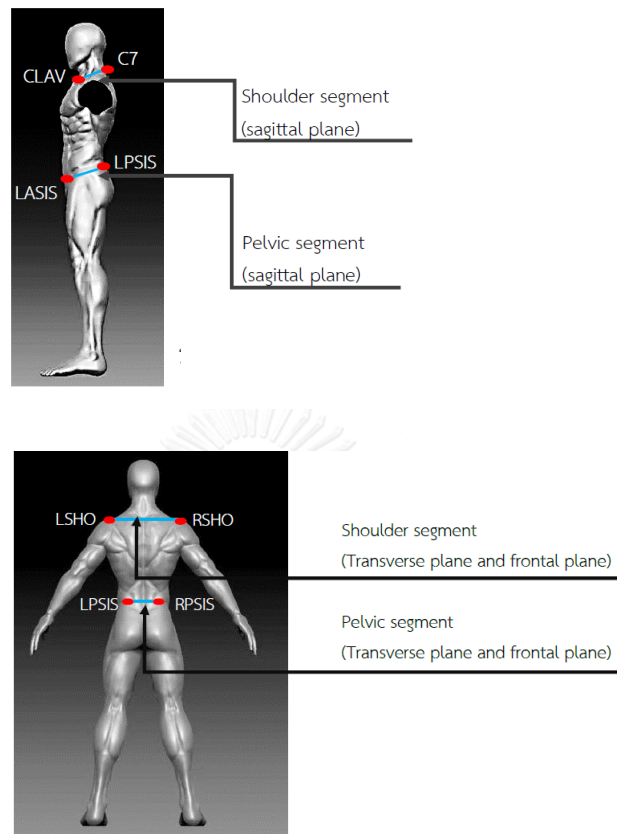
ตำแหน่ง Anterior superior iliac spine (ASIS) ด้านซ้ายและด้านขวา จำนวน 2 จุด

ตำแหน่ง Posterior superior iliac spine (PSIS) ด้านซ้ายและด้านขวา จำนวน 2 จุด



รูปที่ 31 แสดงตำแหน่งมาร์คเกอร์บนร่างกาย

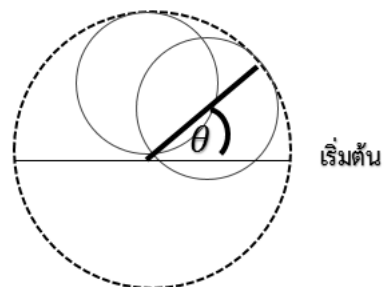
3.2.1 Kinematic model



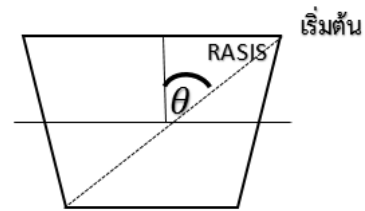
รูปที่ 32 แสดง Lateral view และ Posterior view ของ kinematic model

3.2.2 วิธีการคำนวณอัตราเร็วเชิงมุม

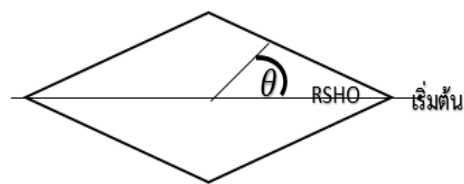
3.2.2.1 อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป (top view)



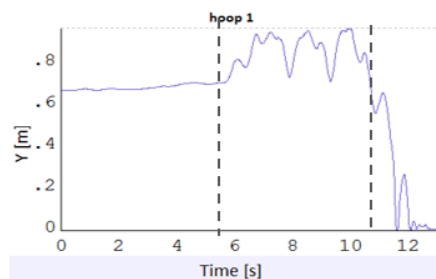
3.2.2.3 อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก (top view)



3.2.2.4 อัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่ (top view)



3.2.3 วิธีการคำนวณมุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในกลุ่มที่ไม่สามารถเล่น
ฮูลาฮูปได้ จะคำนวณจากค่ามุมเฉลี่ยตั้งแต่เริ่มต้นการหมุนจนถึงวินาที
ก่อนที่ห่วงจะหล่นลงพื้น โดยดูจากกราฟการเคลื่อนที่ในแกน y



3.6 สถานที่ในการเก็บข้อมูล

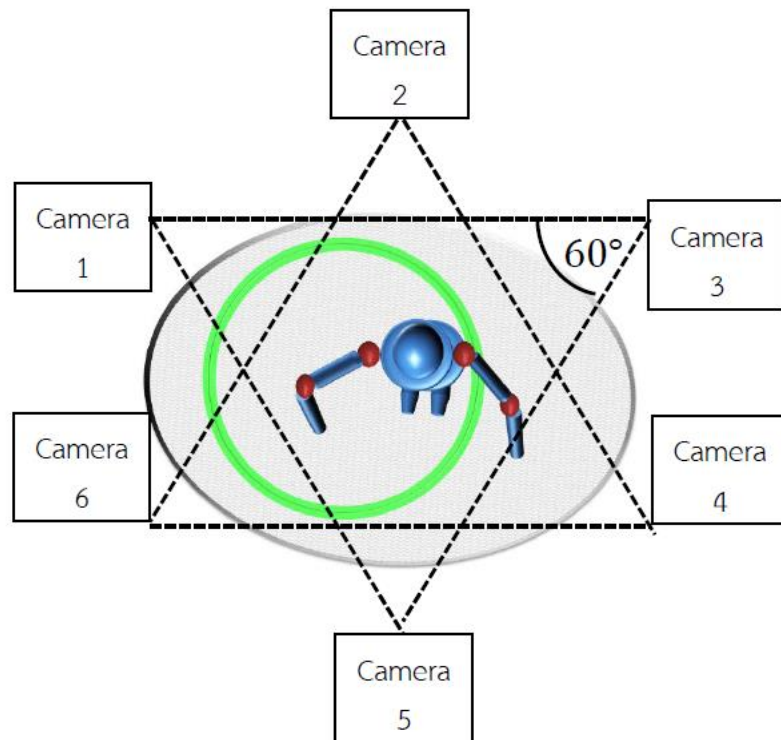
ห้องวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกกีฬาเยาวชน (โรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร)
กองการกีฬา สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว กรุงเทพมหานคร



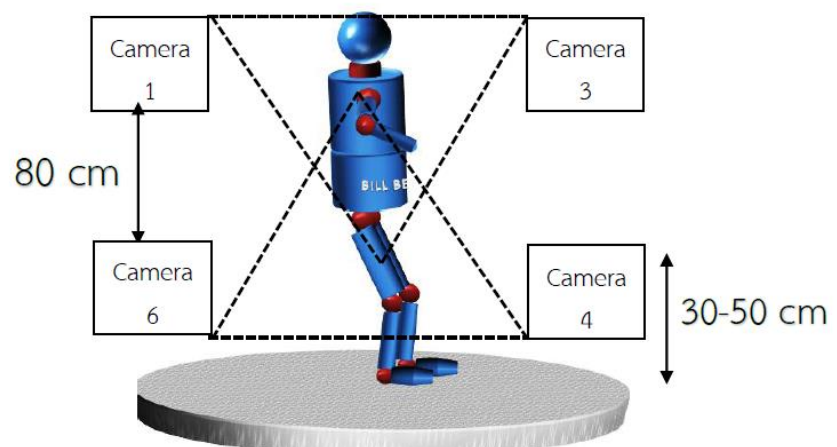
รูปที่ 33 แสดงสถานที่ในการเก็บข้อมูล

3.7 ตำแหน่งของอุปกรณ์ถ่ายภาพและวิดีโอ

- จากมุมมองบน (top view) เพื่อดูการเคลื่อนไหวในระนาบแนวนอน (horizontal plane)



- จากมุมมองด้านข้าง (lateral view) เพื่อดูการเคลื่อนไหวในระนาบแนวตั้ง (vertical plane)

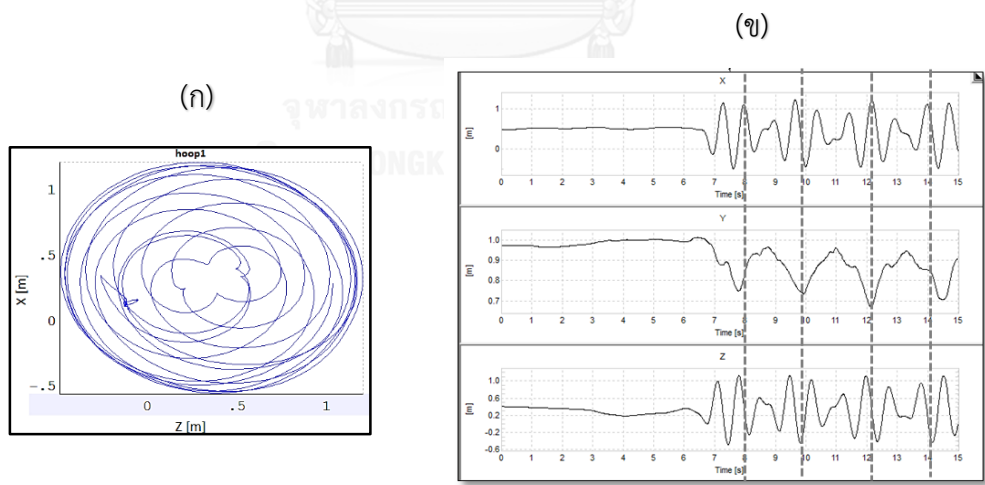


3.8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์จากทฤษฎีที่ศึกษามาว่าในงานวิจัยนี้จำเป็นจะต้องนำข้อมูลอะไรบ้างมาวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แก่
 - 1.1 กลศาสตร์ของการเล่นฮูลาฮูป
 - ขนาดของฮูลาฮูป
 - มวลของฮูลาฮูป
 - 1.2 รูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัว
 - ค่าตัวแปรทางคิเนเมติกส์ ได้แก่ มุม (องศา)
2. ผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าและเกณฑ์การคัดเลือกออกที่กำหนดไว้
3. ติดต่อขอใช้สถานที่ในการเก็บข้อมูล หองวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกกีฬาเยาวชน (โรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร) กองการกีฬา สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว กรุงเทพมหานคร
4. นัดหมายวัน เวลา สถานที่ พร้อมชี้แจงรายละเอียดและขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ
5. เตรียมอุปกรณ์ สถานที่ และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
 - 5.1 เตรียมความพร้อมของกล้อง และตำแหน่งของการตั้งกล้อง โดยใช้กล้องความเร็วสูง เครื่องหมายการค้า SMART DX 5000 จากประเทศอิตาลี จำนวน 6 ตัว ตั้งค่าความเร็วในการจับภาพที่ 500 ภาพ/วินาที
 - 5.2 ให้กลุ่มตัวอย่างสวมเสื้อรัดกล้ามเนื้อสีดำที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้ ทำการติดอุปกรณ์ กำหนดจุดสะท้อนแสง แล้วทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ ให้ถูกต้อง แล้วจึงทำการเริ่มหมุนฮูลาฮูป
6. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อความยากง่ายในการเล่นฮูลาฮูปและอธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวลำตัวจากค่าตัวแปรทางคิเนเมติกส์ที่ได้มา
 - จำนวนคนที่เล่นได้ในแต่ละรูปแบบห่วง

โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 20 คนจะต้องเริ่มต้นทำการหมุนห่วงที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด และมีมวลมากที่สุดเป็นลำดับแรก จากการตั้งสมมติฐานในงานวิจัยครั้งนี้ ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด จะเป็นห่วงที่เล่นง่ายที่สุด ผู้วิจัยกำหนดให้ใช้ ห่วงฮูลาฮูปแบบธรรมดา ตัวห่วงทำจาก ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) รุ่น PE 80 โดยท่อของฮูลาฮูปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร พันทับท่อด้วยโฟมยาง

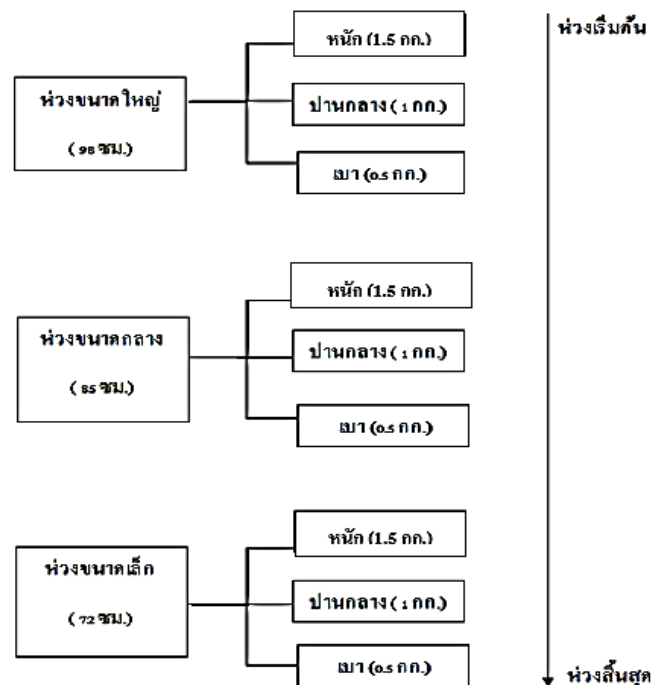
โดยกลุ่มตัวอย่างที่สามารถหมุนฮูลาฮูปที่มีขนาดรัศมีมากที่สุด (98 ซม) มวลมากที่สุด (1.5 กก) ได้โดยไม่หล่นภายในระยะเวลา 15 วินาที เนื่องจาก trajectory ในการเคลื่อนที่ของห่วงนั้นในรอบแรกๆนั้น จะยังไม่เข้าสู่สมดุล ต้องมีการเคลื่อนที่ไปอีกประมาณ 3-4 รอบ จึงจะมี trajectory เป็นวงกลม (ดังรูปที่ 34ก) และจากการทำ pilot study พบว่า ฮูลาฮูปที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด (98 ซม.) ใช้เวลาในการเคลื่อนที่กลับมาที่เดิม โดยเฉลี่ย 2 วินาที ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ กลุ่มตัวอย่างต้องสามารถหมุนได้อย่างน้อย 4 รอบ จึงจะถือว่าเล่นได้ ซึ่ง 4 รอบ จะใช้เวลาประมาณ 8 วินาที ในการเริ่มต้นหมุนฮูลาฮูปนั้นกลุ่มตัวอย่างต้องยืนนิ่งประมาณ 4 วินาทีก่อน แล้ว จึงจะเริ่มต้นหมุนในประมาณวินาทีที่ 5 ไปจนถึงวินาทีที่ 15



รูปที่ 34 (ก) แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด

(ข) 1 รอบการเคลื่อนที่ หมายถึง ตำแหน่งที่มาร์กเกอร์ของฮูลาฮูปเคลื่อนที่กลับมาที่เดิม

ในที่นี้กำหนดให้ทดสอบหมุนทั้งหมด จำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละรูปแบบของฮูลาฮูป เมื่อกลุ่มตัวอย่างหมุนห่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด(98 ซม.)มวลงมากที่สุด(1.5 กก.) ครบ 2 ครั้งแล้วจึงผ่านไปหมุนห่วงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าเดิม(98 ซม.)แต่มวลงน้อยลง(1 กก.)ตามลำดับ(ดังรูปที่35) ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถหมุนได้ในเวลาที่กำหนดทั้ง 2 ครั้ง ก็จะนับเป็นผู้ที่ไม่สามารถเล่นได้ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการนับจำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในแต่ละรูปแบบของฮูลาฮูป



รูปที่ 35 แผนภาพแสดงลำดับการทดสอบขนาดและน้ำหนักของฮูลาฮูป

เนื่องจากปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อการรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูปคือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างฮูลาฮูป และผิวสัมผัส ผู้วิจัยจึงควบคุมให้กลุ่มตัวอย่างใส่เสื้อผ้าที่มีพื้นผิวสัมผัสแบบเดียวกันทุกคน คือ ให้สวมเสื้อรัดกล้ามเนื้อแขนสั้นสีดำที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้

โดยในระหว่างที่กลุ่มตัวอย่างทำการหมุนฮูลาฮูปค่าตัวแปรทางคิเนเมติกส์ ได้แก่ ระยะทาง เวลา มุม ความเร็ว ความเร่ง ก็จะถูกบันทึกไว้เช่นกัน

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแตกต่างของความแปรปรวนแบบสองทาง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป ได้แก่ อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป อัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ และอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก

ทดสอบสมมติฐานว่ามวลของฮูลาฮูปและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกัน มีผลทำให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เล่นฮูลาฮูปได้เท่ากันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบ Goodness of Fit Test ที่ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10

การเปรียบเทียบค่าตัวแปรองค์ประกอบร่างกาย และมุมการเคลื่อนไหวของลำตัว ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test)

หมายเหตุ ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะมีการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติตามวิธีการของชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk) เนื่องจากไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากร และประชากรมีขนาดไม่เกิน 50 หน่วย ถ้าค่า P-Value ของการทดสอบ มีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หมายถึง การแจกแจงข้อมูลไม่ปกติ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Nonparametric static ด้วยวิธี Mann-Whitney ต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวขณะเล่นฮูลาฮูป และอธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูป โดยทำการศึกษาจากนิสิตหญิงระดับปริญญาตรีของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เข้าข่ายตามเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 20 คน โดยในบทนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูป

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัว

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูป

ตัวแปรในการวิจัยประกอบด้วย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป แบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 98 เซนติเมตร 85 เซนติเมตร และ 72 เซนติเมตร
2. มวลของฮูลาฮูป แบ่งออกเป็น 3 ความหนัก ได้แก่ 1.5 กิโลกรัม 1 กิโลกรัม และ 0.5 กิโลกรัม

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. จำนวนคนที่สามารถเล่นได้
2. อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป
3. อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก
4. อัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่

หลังจากที่กลุ่มตัวอย่างได้ทำการทดสอบตามวิธีการดำเนินวิจัยแล้วนั้น ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลอง มาทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายแบบโค้งปกติ (normal distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro Wilk จากการทดสอบพบว่า การกระจายตัวของข้อมูลเป็นไปตามโค้งปกติที่ $p=0.05$ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลตามสมมติฐานที่กำหนดไว้
 - 1.1 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป
 - 1.2 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตามมวลของฮูลาฮูป
2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป
3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป
4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวขณะเล่นฮูลาฮูป

ตัวแปรอิสระ ได้แก่

คนที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และคนที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

ตัวแปรตาม ได้แก่

ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล(Test of Normality) ประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว มุมการเคลื่อนไหวของลำตัว โดยใช้สถิติตามวิธีการของชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk) เนื่องจากไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของประชากร และประชากรมีขนาดไม่เกิน 50 หน่วย ถ้าค่า P-Value ของการทดสอบ มีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หมายถึง การแจกแจงข้อมูลไม่ปกติ และถ้าค่า P-Value ของการทดสอบ มีค่ามากกว่า ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หมายถึง การแจกแจงข้อมูลปกติ
2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามผลของการเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการใช้การทดสอบค่า “ที” (Independent t-test) ถ้ามีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ และ Mann Whitney Test ถ้ามีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติ
3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของมุมการเคลื่อนไหวลำตัว จำแนกตามผลของการเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test) ถ้ามีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติและ Mann Whitney Test ถ้ามีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติ
4. ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูปของกลุ่มตัวอย่างเชิงพรรณนาด้วยรูปภาพและกราฟของข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูป

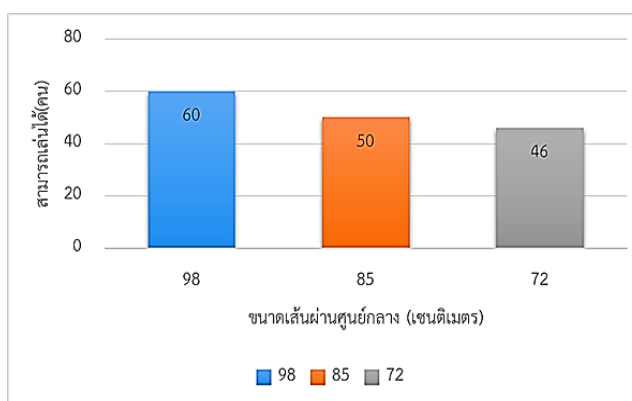
4.1 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป

ตารางที่ 1 จำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูป

มวล	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง		
	98 ซม.	85 ซม.	72 ซม.
1.5 กก.	20	16	16
1 กก.	20	17	15
0.5 กก.	20	17	15
จำนวน	60	50	46
ร้อยละ	100	83.33	76.67

จากตารางที่ 1 แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตรได้ มีจำนวน 60 คน/ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 100 ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 72 เซนติเมตรได้ มีจำนวน 50 คน/ครั้ง และ 46 คน/ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 83.33 และ ร้อยละ 76.67 ตามลำดับ

CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 36 แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูป

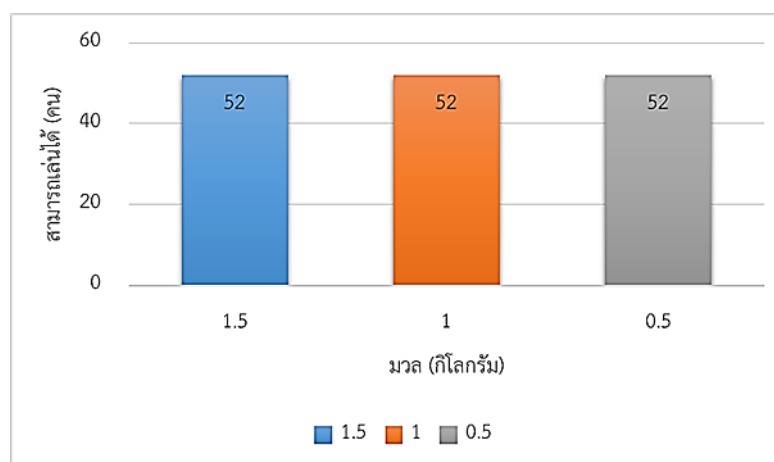
จากการทดสอบ Goodness of Fit Test เพื่อพิสูจน์ว่าจำนวนของคนที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้มีจำนวนเท่ากับ 60 คน/ครั้ง สำหรับฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน (กำหนดค่า 60 คน/ครั้ง) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 20 คน สามารถเล่นฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนด แต่น้ำหนักเปลี่ยนไปทั้ง 3 รูปแบบได้ พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.08 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.10 แสดงว่าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างกันมีผลต่อความสามารถในการเล่นฮูลาฮูปได้ของกลุ่มตัวอย่าง

4.2 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลตัวแปรจำนวนคนที่สามารถเล่นได้จำแนกตามมวลของฮูลาฮูป

ตารางที่ 2 จำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามมวลของฮูลาฮูป

เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	มวล		
	1.5 กก.	1 กก.	0.5 กก.
98 ซม.	20	20	20
85 ซม.	16	17	17
72 ซม.	16	15	15
จำนวน	52	52	52
ร้อยละ	86.67	86.67	86.67

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ จำแนกตามมวลของฮูลาฮูปพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตรได้ 85 และ 72 เซนติเมตรได้ มีจำนวนเท่ากัน คือ 52 คน/ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 86.67



รูปที่ 37 แสดงจำนวนคนที่สามารถเล่นได้ในจำแนกตามมวลของฮูลาฮูป

จากการทดสอบ Goodness of Fit Test เพื่อพิสูจน์ว่าจำนวนของคน que เล่นฮูลาฮูปได้มีจำนวนเท่ากับ 60 คน/ครั้ง สำหรับฮูลาฮูปที่มีมวลต่างกัน พบว่า ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.20 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.10 แสดงว่ามวลที่ต่างกันไม่มีผลต่อความสามารถในการเล่นฮูลาฮูปได้ของกลุ่มตัวอย่าง

4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป

เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	มวล			Mean
	1.5 กก.	1 กก.	0.5 กก.	
98 ซม.	3.472	3.482	3.612	3.522
85 ซม.	3.676	3.740	3.963	3.796
72 ซม.	3.980	4.224	4.434	4.207
Mean	3.691	3.780	3.964	

จากตารางที่ 3 พบว่า อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร จะมีอัตราเร็วเชิงมุมมากที่สุด และฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 98 จะมีอัตราเร็วเชิงมุมน้อยลงตามลำดับ

สำหรับอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามมวลของฮูลาฮูป มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อมวลลดน้อยลง โดยฮูลาฮูปที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม จะมีอัตราเร็วเชิงมุมมากที่สุด และฮูลาฮูปที่มีมวล 1 และ 1.5 กิโลกรัม จะมีอัตราเร็วเชิงมุมน้อยลงตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป
จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป

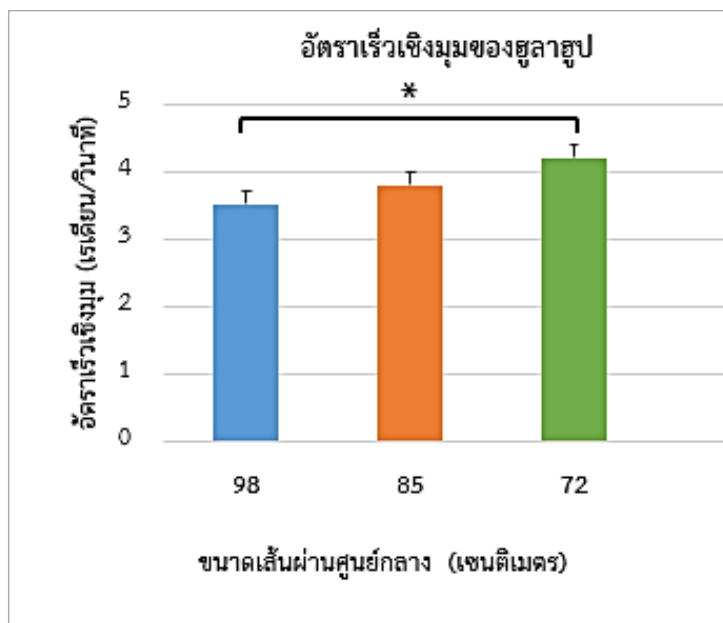
แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
เส้นผ่านศูนย์กลาง	12.436	2	6.218	9.099*	.001
มวล	2.275	2	1.138	1.665	.193
เส้นผ่านศูนย์กลาง* มวล	.488	4	.122	.178	.949
ความคลาดเคลื่อน	4.227	147	.683		
รวม	592.690	156			

*p < .05

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยวิธีการของ Scheffe

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป					
	N	M	SD	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง		
				1	2	3
1. 98 ซม.	60	3.522	.691			
2. 85 ซม.	50	3.796	.784			
3. 72 ซม.	46	4.207	.918	3 > 1*		

*p < .05



รูปที่ 38 แสดงกราฟของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูบ

* $p < .05$ ค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ ดังแสดงในตารางที่ 3 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4 พบว่า ในการศึกษาความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.001 น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบแตกต่างกัน โดยพบความแตกต่างของอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ จำนวน 1 คู่ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 ซม. และ 72 ซม. ดังผลการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ในตารางที่ 5

ในการศึกษาความแตกต่างของมวลฮูลาฮูบต่ออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.193 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า มวลที่แตกต่างกันไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างในอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูบ

4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก ในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของสะโพก

เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	มวล			Mean
	1.5 กก.	1 กก.	0.5 กก.	
98 ซม.	1.319	1.217	1.195	1.244
85 ซม.	1.725	1.640	1.725	1.696
72 ซม.	2.039	1.961	2.210	2.060
Mean	1.666	1.570	1.666	

จากตารางที่ 6 พบว่า อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร จะมีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกมากที่สุด และฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 98 จะมีอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพกน้อยลงตามลำดับ

สำหรับอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก จำแนกตามมวลของฮูลาฮูป มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่ไม่ชัดเจน โดยฮูลาฮูปที่มีมวล 0.5 และ 1.5 กิโลกรัม มีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกเท่ากัน ส่วนฮูลาฮูปที่มีมวล 1 กิโลกรัม พบว่า อัตราเร็วเชิงมุมของสะโพกมีค่าน้อยสุด

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของฮูลาฮูป

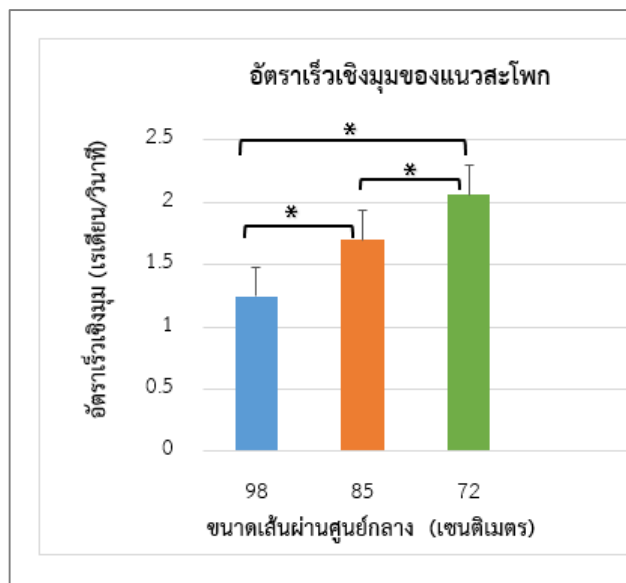
แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	P
เส้นผ่านศูนย์กลาง	18.080	2	9.040	36.418*	.001
มวล	.321	2	.161	.647	.525
เส้นผ่านศูนย์กลาง* มวล	.466	4	.117	.470	.758
ความคลาดเคลื่อน	36.490	147	.248		
รวม	47.174	156			

*p < .05

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพกของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยวิธีการของ Scheffe

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	อัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก					
	N	M	SD	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง		
				1	2	3
1. 98 ซม.	60	1.244	.315			
2. 85 ซม.	50	1.696	.448	2 > 1*		
3. 72 ซม.	46	2.060	.691	3 > 1*	3 > 2*	

*p < .05



รูปที่ 39 แสดงกราฟของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาสูป

* $p < .05$ ค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพก ดังแสดงในตารางที่ 6 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 7 พบว่า ในการศึกษาความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ออัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.001 น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกแตกต่างกัน โดยพบความแตกต่างของอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก จำนวน 3 คู่ คือ คู่ที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 ซม. และ 85 ซม. คู่ที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 ซม. และ 72 ซม. คู่ที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 ซม. และ 72 ซม. ดังผลการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ในตารางที่ 8

ในการศึกษาความแตกต่างของมวลฮูลาสูปต่ออัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.525 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า มวลที่แตกต่างกันไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างในอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพก

4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล ในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของธูลาฮูป

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย (M) ของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล

เส้นผ่าน ศูนย์กลาง	มวล			
	1.5 กก.	1 กก.	0.5 กก.	Mean
98 ซม.	0.211	0.239	0.271	0.240
85 ซม.	0.314	0.312	0.349	0.325
72 ซม.	0.340	0.347	0.389	0.352
Mean	0.282	0.288	0.331	

จากตารางที่ 9 พบว่า อัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล จำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง โดยธูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร จะมีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหลมากที่สุด และธูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 98 จะมีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหลน้อยลงตามลำดับ

สำหรับอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล จำแนกตามมวลของธูลาฮูป มีแนวโน้มอัตราเร็วเชิงมุมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อมวลลดลง โดยธูลาฮูปที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม จะมีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหลมากที่สุด และธูลาฮูปที่มีมวล 1 และ 1.5 กิโลกรัม จะมีอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหลลดน้อยลงตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล
ในกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลของสูลาสูป

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	P
เส้นผ่านศูนย์กลาง	.370	2	.185	2.448	.90
มวล	.072	2	.036	4.78	.621
เส้นผ่านศูนย์กลาง* มวล	.011	4	.003	.035	.998
ความคลาดเคลื่อน	11.101	147	0.76		
รวม	25.683	156			

*p < .05

ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล ดังแสดงในตารางที่ 9 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 10 พบว่า ในการศึกษาความแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ออัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.90 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างในอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล

ในการศึกษาความแตกต่างของมวลสูลาสูปต่ออัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล พบว่า ค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.621 มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ แสดงว่า มวลที่แตกต่างกันไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างในอัตราเร็วเชิงมุมของไหล

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวขณะเล่นฮูลาฮูป

1. ค่าเฉลี่ยพื้นฐานของตัวแปรทั้งหมด

4.6 ค่าเฉลี่ย (M) ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (N= 20)

ตัวแปร	ทั้งหมด (20)	สามารถเล่นได้ (13)		ไม่สามารถเล่นได้ (7)	
	Mean \pm SD	M	SD	M	SD
อายุ (ปี)	21.60 \pm 1.12	21.38	.96	21.85	1.46
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	56.94 \pm 7.29	56.29	7.99	58.15	6.80
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.80 \pm 5.84	161.38	6.69	162.57	4.79
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม / เมตร ²)	21.81 \pm 3.04	21.71	3.61	21.99	2.15
ความยาวขา (เซนติเมตร)					
- ขาซ้าย	84.88 \pm 4.72	84.84	5.33	84.92	4.14
- ขาขวา	85.13 \pm 4.67	85.15	5.437	85.07	3.70
ขนาดเส้นรอบวง เอว (เซนติเมตร)	72.93 \pm 6.50	71.15	6.98	76.21	4.89

หมายเหตุ : คนที่สามารถเล่นได้ หมายถึง สามารถเล่นได้ครบทั้งจำนวน 9 ห่วง

คนที่ไม่สามารถเล่นได้ หมายถึง ไม่สามารถเล่นได้ครบทั้ง 9 ห่วง

จากตารางที่ 11 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน พบว่ามีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.60 \pm 1.12 ปี น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 56.94 \pm 7.29 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 161.8 \pm 5.84 เซนติเมตร มีดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ 21.81 \pm 3.04 กิโลกรัม / เมตร² ขนาดเส้นรอบวงเอวเฉลี่ยเท่ากับ 72.93 \pm 6.50 เซนติเมตร ความยาวขาข้างซ้ายเฉลี่ยเท่ากับ 84.88 \pm 4.72 เซนติเมตร ความยาวขาข้างขวาเฉลี่ยเท่ากับ 85.15 เซนติเมตร โดยทั้ง 20 คนมีความเร็วฮูลาฮูปเฉลี่ย 6.19 \pm .58096 เมตร /วินาที

ในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ครบทั้ง 9 ห่วง จำนวน 13 คน พบว่ามีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.38 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 56.29 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 161.38 เซนติเมตร ขนาดเส้นรอบวงเอวเฉลี่ยเท่ากับ 71.15 เซนติเมตร ความยาวขาข้างซ้ายเฉลี่ยเท่ากับ 84.84 เซนติเมตร ความยาวขาข้างขวาเฉลี่ยเท่ากับ 85.15 เซนติเมตร

ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ครบทั้ง 9 ห่วง จำนวน 7 คน พบว่ามีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 21.85 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 58.15 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 162.57 เซนติเมตร ขนาดเส้นรอบวงเอวเฉลี่ยเท่ากับ 76.21 เซนติเมตร ความยาวขาข้างซ้ายเฉลี่ยเท่ากับ 84.92 เซนติเมตร ความยาวขาข้างขวาเฉลี่ยเท่ากับ 85.07 เซนติเมตร

4.7 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวของโค้งแบบปกติหรือไม่

ตารางที่ 12 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวแบบโค้งปกติหรือไม่ ข้อมูลประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

	กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้	กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้
ตัวแปร	P-Value	P-Value
น้ำหนัก	.044	.037
ส่วนสูง	.062	.187
ดัชนีมวลกาย	.553	.428
ความยาวขาซ้าย	.199	.102
ความยาวขาขวา	.393	.542
ขนาดเส้นรอบวงเอว	.010	.420

$p < .05$

จากตารางที่ 12 ผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูลประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่า น้ำหนัก ทั้งสองกลุ่ม มีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบของ ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย และความยาวขาขวา ทั้งสองกลุ่ม มีการแจกแจงข้อมูลแบบโค้งปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบของ ขนาดเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นไปตามการกระจายตัวแบบโค้งปกติหรือไม่ ข้อมูลประกอบด้วย ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle ใน sagittal plane และ Frontal plane ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

	กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้	กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้
ตัวแปร	P-Value	P-Value
หน้า (Trunk Flexion)	.443	.054
หลัง (Trunk Extension)	.473	.084
ซ้าย (Lateral flexion to the Left)	.003	.881
ขวา (Lateral flexion to the Right)	.001	.193

$p < .05$

จากตารางที่ 13 ผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูลประกอบด้วย มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในทิศทางหน้า ทิศทางด้านหลัง ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่า ค่ามุมการเคลื่อนไหวของลำตัวในทิศทางด้านหน้า ด้านหลัง ของทั้งสองกลุ่ม มีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูล มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวด้านซ้าย ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่า ค่ามุมการเคลื่อนไหวของลำตัวด้านซ้าย ในกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูล มุมการเคลื่อนไหวของลำตัวด้านขวา ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่า ค่ามุมการเคลื่อนไหวของลำตัวด้านขวา ในกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test)

- 4.8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ โดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test)

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

	กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้		กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้		t	P-Value
	M	SD	M	SD		
ตัวแปร						
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	56.29	7.9999	58.157	6.8068	-.549	.592
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.384	6.6900	162.57	4.7908	-.413	.684
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	21.7107	3.6157	21.990	2.1537	-.186	.855
ความยาวขาซ้าย (เซนติเมตร)	84.8462	84.928	84.928	4.1475	-.035	.972
ความยาวขาขวา (เซนติเมตร)	85.1538	5.4328	85.071	3.701	.036	.972
ขนาดเส้นรอบวงเอว (เซนติเมตร)	71.1538	6.983	80.785	8.365	-2.598*	.025

*p < .05

จากตารางที่ 14 พบว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวแปร ด้านน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในตัวแปรขนาดเส้นรอบวงเอว ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปมีค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นรอบวงเอวมามากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

4.9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle

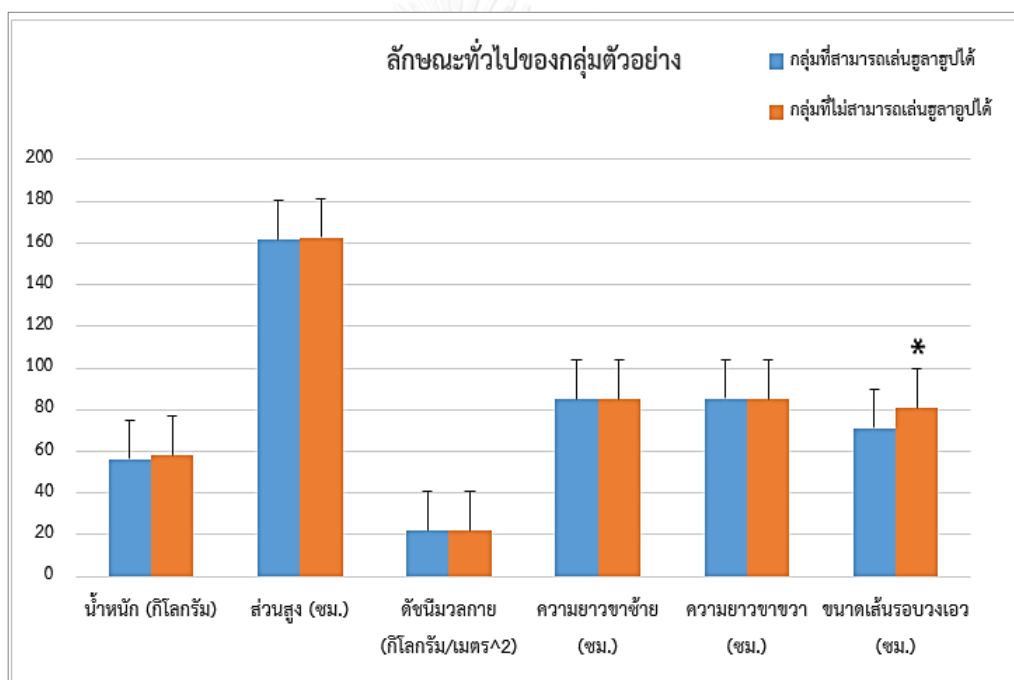
ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่าง ค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle ใน sagittal plane และ Frontal plane ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

	กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้		กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้		t	P-Value
	M	SD	M	SD		
ตัวแปร (องศา)	M	SD	M	SD		
Trunk flexion	7.455976	2.4452042	7.748024	2.3780734	.036	.972
Trunk Extension	6.005556	2.7665324	2.409854	2.0982166	2.906*	.009
Lateral flexion to the Left	7.786240	2.8621993	4.449227	2.6821417	2.592*	.022
Lateral flexion to the Right	8.233718	3.0833854	4.513654	1.9855299	3.270*	.004

*p < .05

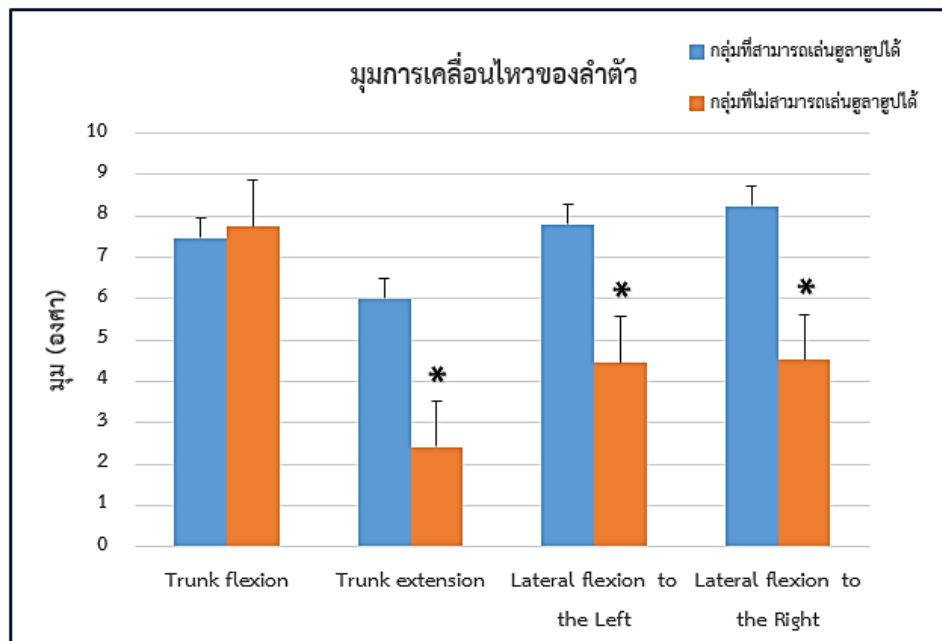
จากตารางที่ 15 พบว่าค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มุมการเคลื่อนไหวของ ลำตัวในตัวแปร Trunk extension Lateral flexion to the Left และ Lateral flexion to the Right ในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โดย ค่าของตัวแปร Trunk extension Lateral flexion to the Left และ Lateral flexion to the Right ในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้มีค่ามากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้



รูปที่ 40 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความยาวขาซ้าย ความยาวขาขวา ขนาดเส้นรอบวงเอว ในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

* $p < .05$ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 41 แสดงผลการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic Girdle ใน ทิศทางหน้า หลัง ซ้าย ขวา ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และ กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

* $p < .05$ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.10 ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเชิงพรรณาในการเล่นฮูลาฮูปของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยรูปภาพและกราฟของข้อมูล

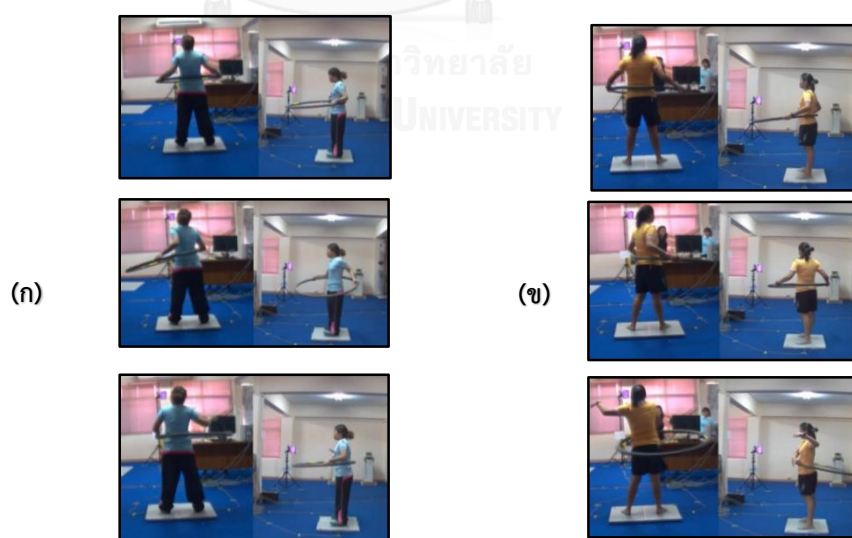
3.1 จากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่า การเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูปแบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่

เริ่มต้นตั้งแต่กลุ่มตัวอย่างนำฮูลาฮูปมาคล้องลำตัวให้อยู่ในบริเวณเอว

- ในกลุ่มตัวอย่างที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา จะเริ่มต้นด้วยการให้ขอบฮูลาฮูปอยู่ชิดเอวด้านหลัง แล้วใช้มือสองข้างจับฮูลาฮูปไว้ หลังจากนั้นจะใช้มือผลักห้วงให้หมุนไปทางด้านขวา โดยที่เอวยังไม่ขยับ แล้วจึงหมุนฮูลาฮูปไปทางด้านซ้าย พร้อมกับปล่อยมือทั้งสองข้างออก แล้วหมุนเอวเป็นลักษณะทวนเข็มนาฬิกาไปตามจังหวะการเคลื่อนที่ของห้วง

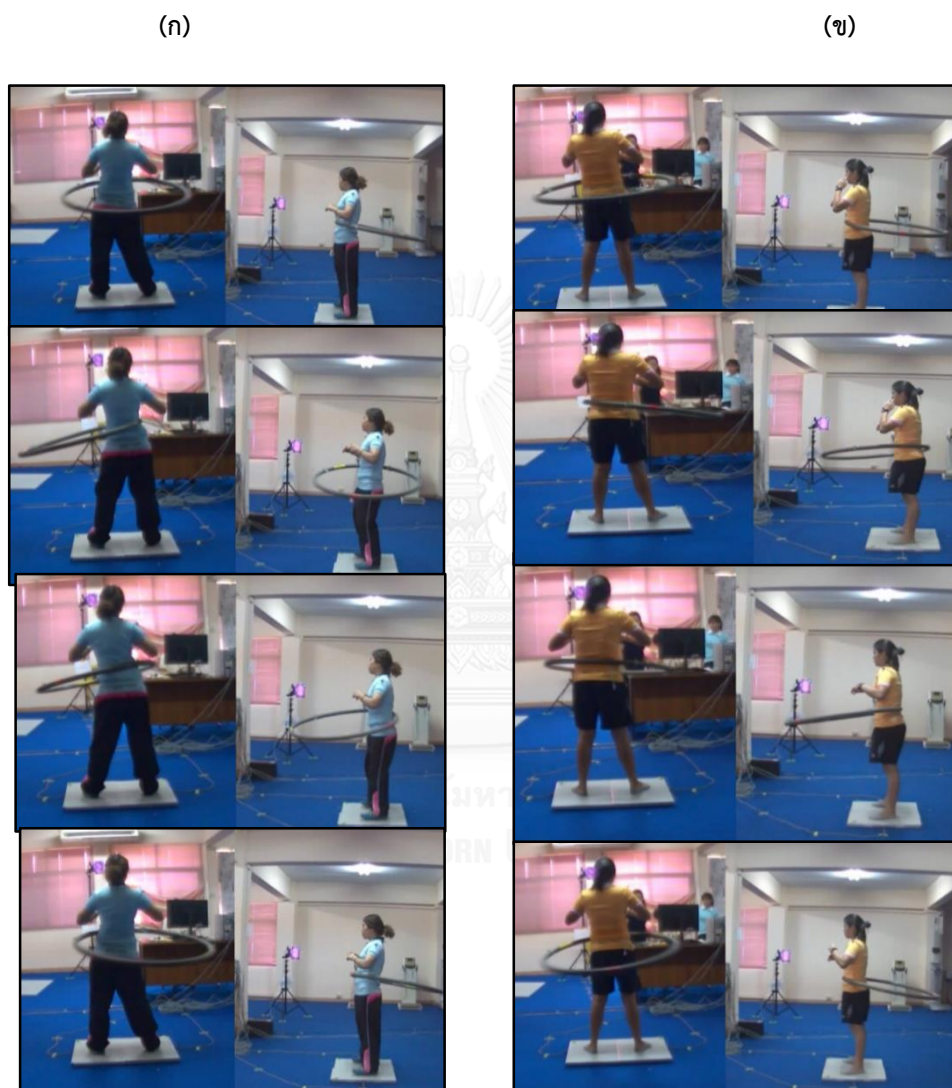
- ในกลุ่มตัวอย่างที่หมุนตามเข็มนาฬิกา จะเริ่มต้นด้วยการให้ขอบฮูลาฮูปอยู่ชิดเอวด้านหลัง แล้วใช้มือสองข้างจับฮูลาฮูปไว้ โดยที่เอวยังไม่ขยับ หลังจากนั้นจะใช้มือเหวี่ยงฮูลาฮูปไปทางด้านซ้าย แล้วจึงหมุนฮูลาฮูปไปทางด้านขวาพร้อมกับปล่อยมือทั้งสองข้างออก แล้วหมุนเอวเป็นลักษณะตามเข็มนาฬิกาไปตามจังหวะการเคลื่อนที่ของห้วง



รูปที่ 42 แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่

(ก) ผู้เล่นที่หมุนตามเข็มนาฬิกา (ข) ผู้เล่นที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา

ช่วงที่ 2 ช่วงที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่
 กลุ่มตัวอย่างจะมีการหมุนเอวไปในทิศทาง ซ้าย ขวา หน้า หลัง โดยที่เมื่อฮูลาฮูปเคลื่อนที่กลับมา
 ครบ 1 รอบ การเคลื่อนไหวของเอวก็จะกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ



รูปที่ 43 แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงที่ฮูลาฮูปเข้าสู่สภาวะคงที่
 (ก) ผู้เล่นที่หมุนตามเข็มนาฬิกา (ข) ผู้เล่นที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา

1.2 จากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นได้ พบว่าการเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูปแบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่

เริ่มต้นตั้งแต่กลุ่มตัวอย่างนำฮูลาฮูปมาคล้องลำตัวให้อยู่ในบริเวณเอว

- ในกลุ่มตัวอย่างที่หมุนทวนเข็มนาฬิกา จะเริ่มต้นด้วยการให้ขอบฮูลาฮูปอยู่ชิดเอวด้านหลัง แล้วใช้มือสองข้างจับฮูลาฮูปไว้ หลังจากนั้นจะใช้มือผลักท่วงให้หมุนไปทางด้านขวา โดยที่เอวยังไม่ขยับ แล้วจึงหมุนฮูลาฮูปไปทางด้านซ้าย พร้อมกับปล่อยมือทั้งสองข้างออก แล้วหมุนเอวเป็นลักษณะทวนเข็มนาฬิกาไปตามจังหวะการเคลื่อนที่ของท่วง

- ในกลุ่มตัวอย่างที่หมุนตามเข็มนาฬิกา จะเริ่มต้นด้วยการให้ขอบฮูลาฮูปอยู่ชิดเอวด้านหลัง แล้วใช้มือสองข้างจับฮูลาฮูปไว้ โดยที่เอวยังไม่ขยับ หลังจากนั้นจะใช้มือเหวี่ยงฮูลาฮูปไปทางด้านซ้าย แล้วจึงหมุนฮูลาฮูปไปทางด้านขวาพร้อมกับปล่อยมือทั้งสองข้างออก แล้วหมุนเอวเป็นลักษณะตามเข็มนาฬิกาไปตามจังหวะการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป

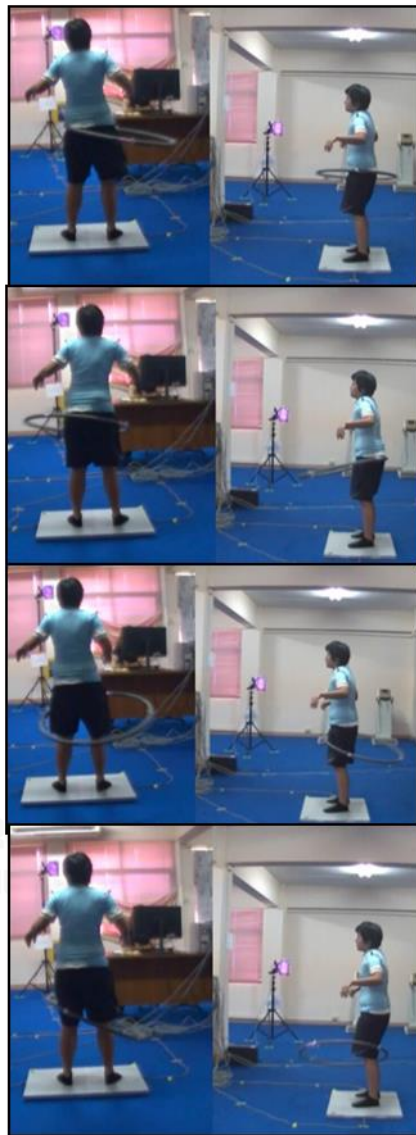


รูปที่ 44

แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงก่อนที่ฮูลาฮูปจะเข้าสู่สภาวะคงที่

ช่วงที่ 2 ฮูลาฮูปเริ่มหล่น

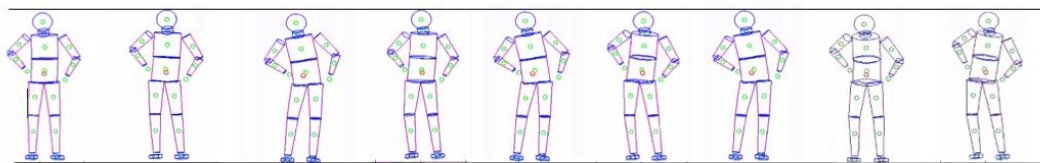
คือช่วงที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปให้อยู่ในแนวตั้งได้



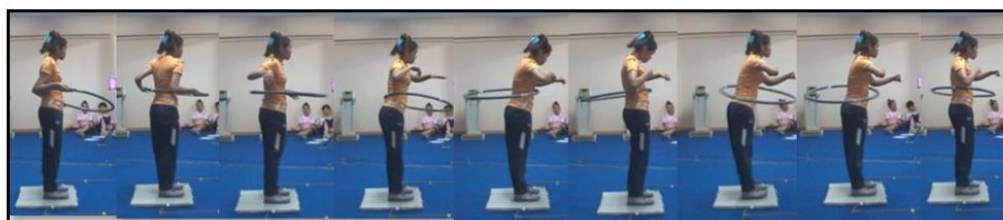
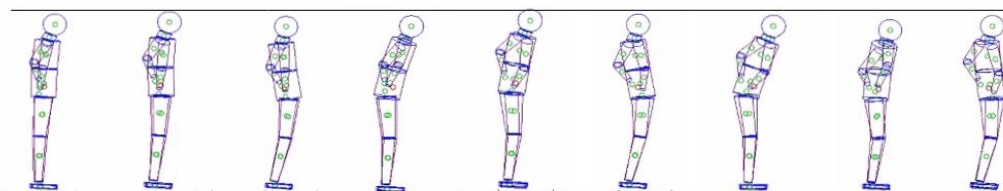
รูปที่ 45

แสดงการเคลื่อนไหวของผู้เล่นช่วงฮูลาฮูปเริ่มหล่น

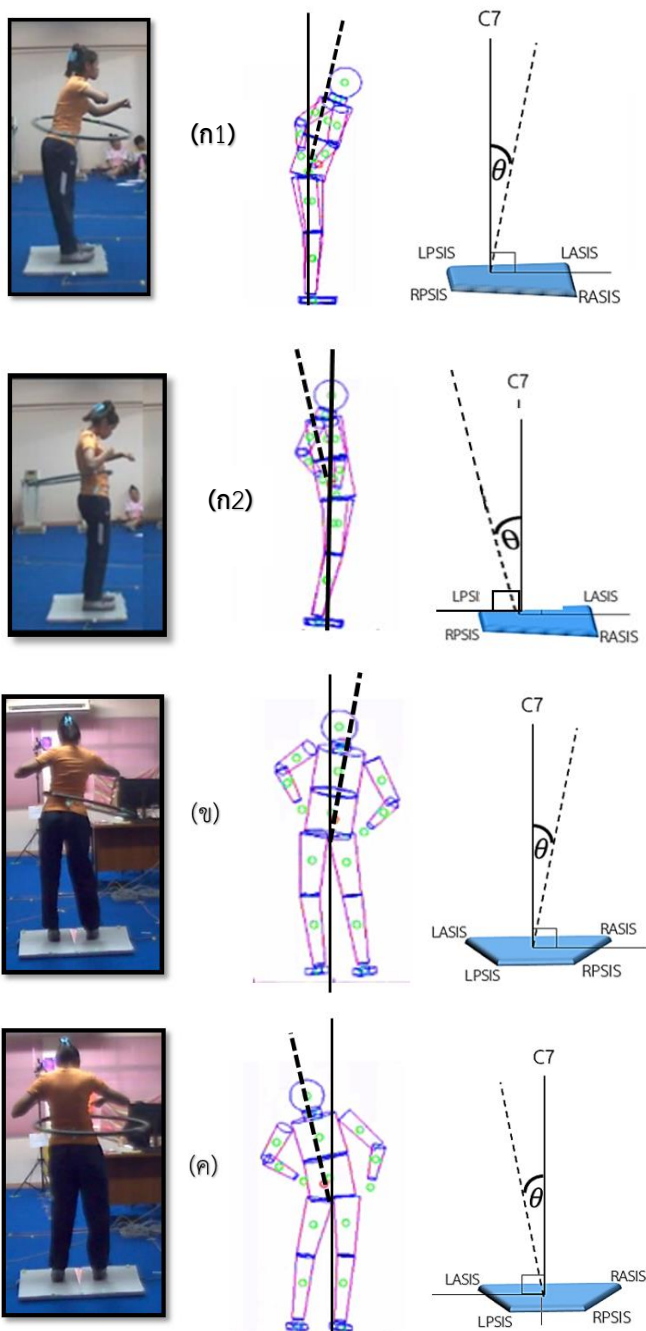
(ก)



(ข)



รูปที่ 46 แสดงภาพการเคลื่อนไหวของผู้เล่นกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้
(ก) Frontal Plane (Posterior view) (ข) Sagittal Plane (Lateral view)

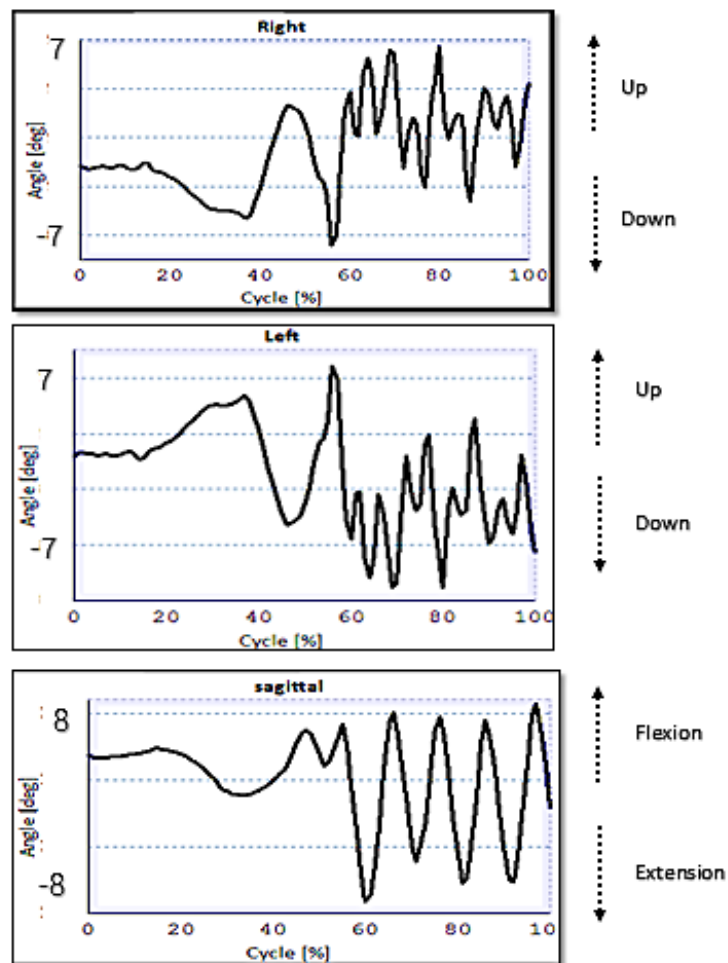


รูปที่ 47 แสดง Angle Computations ใน Sagittal plane Trunk Flexion (น1)

Sagittal plane Trunk Flexion (น2)

Frontal plane (posterior view) Right Lateral flexion (น3)

Frontal plane (posterior view) Left Lateral flexion (น4)



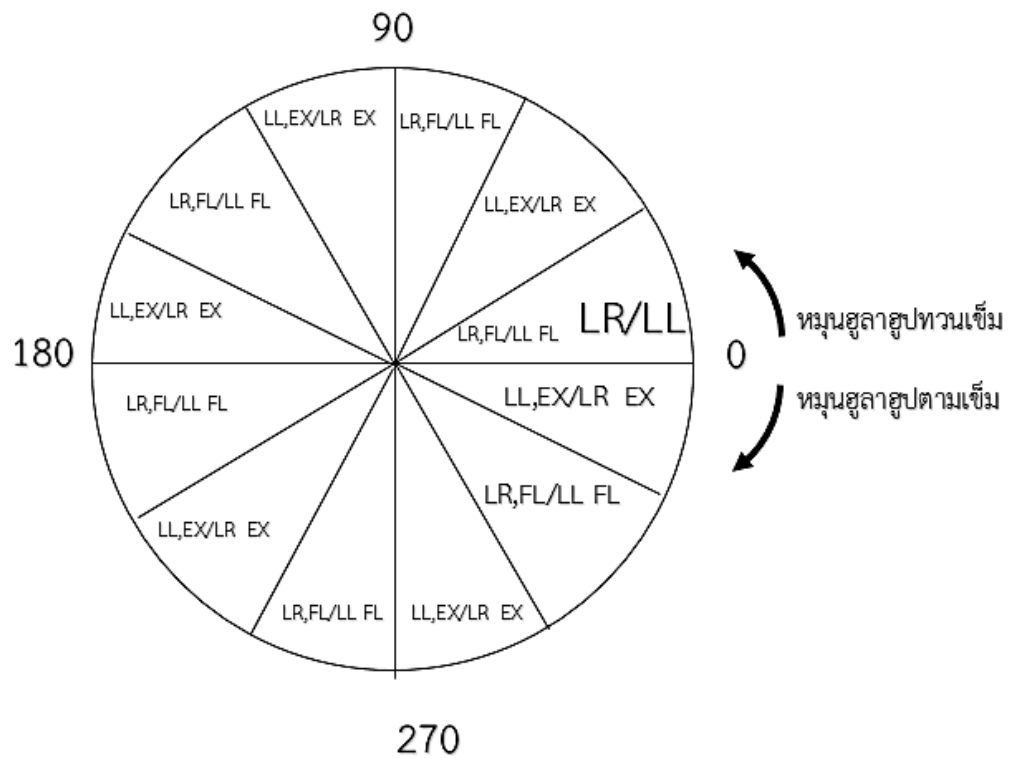
รูปที่ 48

กราฟแสดงค่ามุม (องศา) ขณะที่ย่ำเท้าทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle

Frontal plane (posterior view) Right side (ก)

Frontal plane (posterior view) Left side (ข)

Sagittal plane (side view) (ค)



รูปที่ 49 แสดงรูปแบบการเคลื่อนไหวของลำตัวเมื่อฮูลาฮูปเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ

กำหนดให้	LR หมายถึง	Lateral flexion to the Right
	LL หมายถึง	Lateral flexion to the Left
	FL หมายถึง	Trunk Flexion
	EX หมายถึง	Trunk Extension

ในช่วง 0-30 องศาที่ฮูลาฮูปเคลื่อนที่ พบการเคลื่อนไหวของลำตัวคือ

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปตามเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Left

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปทวนเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Right

ในช่วง 30-60 องศาที่ฮูลาฮูปเคลื่อนที่ พบการเคลื่อนไหวของลำตัวคือ

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปตามเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Right, Trunk extension

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปทวนเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Left, Trunk extension

ในช่วง 60-90 องศาที่ฮูลาฮูปเคลื่อนที่ พบการเคลื่อนไหวของลำตัวคือ

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปตามเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Left , Trunk flexion

กลุ่มที่หมุนฮูลาฮูปทวนเข็มนาฬิกา Lateral flexion to the Right, Trunk flexion

การเคลื่อนไหวจะเป็นวงจรรเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 360 องศา ของการเคลื่อนที่ฮูลาฮูป

โดยในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ พบว่าค่ามุมเฉลี่ย ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle มีค่าดังนี้

- Frontal plane (posterior view) Right side มีค่าเท่ากับ 8.233 ± 3.083 องศา
- Frontal plane (posterior view) Left side มีค่าเท่ากับ 7.786 ± 2.862 องศา
- Sagittal plane (side view) Trunk Flexion มีค่าเท่ากับ 7.455 ± 2.445 องศา
- Sagittal plane (side view) Trunk Extension มีค่าเท่ากับ 6.005 ± 2.766 องศา

จากกราฟในรูปที่ 48 จะเห็นว่า การเคลื่อนไหวเริ่มต้นในการเล่นฮูลาฮูปมีความสำคัญมาก ซึ่งคิดเป็นเกือบ 30% ของ 1 รอบ การเคลื่อนที่ฮูลาฮูป ผู้เล่นจำเป็นต้องมีการเคลื่อนไหวเริ่มต้นที่ถูกต้องและสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปในการเคลื่อนไหวจังหวะแรก จึงจะสามารถเคลื่อนไหวในขั้นต่อไปได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปมีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้ โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ <math>< 98</math> เซนติเมตร> จะมีจำนวนคนเล่นฮูลาฮูปได้มากกว่าฮูลาฮูปที่มีขนาด 85 และ 72 ซม.ตามลำดับ
2. มวลของฮูลาฮูปไม่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้โดยจำนวนคนที่เล่นฮูลาฮูปได้ในมวลของฮูลาฮูปทั้ง 3 น้ำหนักมีค่าเท่ากัน
3. เส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร จะมีค่าอัตราเร็วเชิงมุมมากกว่า ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 98 ซม.ตามลำดับ
4. มวลของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีมวล 1.5 กก. 1 และ 0.5 กก. มีค่าอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปไม่แตกต่างกัน
5. เส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกแตกต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 เซนติเมตร จะมีค่าอัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกมากกว่า ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 และ 98 ซม.ตามลำดับ
6. มวลของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกแตกต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีมวล 1.5 กก. 1 และ 0.5 กก. มีค่าอัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพกไม่แตกต่างกัน
7. เส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่แตกต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 85 และ 98 ซม. มีค่าอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ไม่แตกต่างกัน
8. มวลของฮูลาฮูปที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้อัตราเร็วเชิงมุมของแนวไหล่แตกต่างกัน โดยฮูลาฮูปที่มีมวล 1.5 กก. 1 และ 0.5 กก. มีค่าอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ไม่แตกต่างกัน

9. ค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นรอบวงในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้มีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้จะมีขนาดของเส้นรอบวงที่มากกว่ากลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้
10. อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบวงในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นได้ ต่อขนาดเส้นรอบวงของฮูลาฮูป มีค่าดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 ซม. มีอัตราส่วนเท่ากับ 1:8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 ซม. มีอัตราส่วนเท่ากับ 1:7 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 ซม. มีอัตราส่วนเท่ากับ 1:6
11. ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางหน้าหลัง ซ้าย และขวาของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้จะมีค่าของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางหน้าหลัง ทิศทางด้านซ้าย และทิศทางด้านขวา น้อยกว่า กลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

5.2 อภิปรายผล

1. ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า จำนวนของผู้เล่นฮูลาฮูปได้จะไม่เปลี่ยนแปลง ถึงแม้ว่ามวลของฮูลาฮูปจะลดลง ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ตามสมการที่ 6 ($\mu\omega^2r \geq g$) เนื่องจากมวลของฮูลาฮูปไม่มีผลต่อการรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูป
2. ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า จำนวนของผู้เล่นฮูลาฮูปได้จะลดลง เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูปลดลง ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ตามสมการที่ 6 ($\mu\omega^2r \geq g$) เนื่องจากยิ่งรัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปซึ่งแปรผันตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป มีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้ค่าด้านซ้ายมือของสมการที่ 6 มากขึ้น เป็นผลทำให้ผู้เล่นฮูลาฮูปสามารถรักษาระดับของฮูลาฮูปในแนวตั้งได้ง่ายขึ้น ทำให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนสามารถเล่นฮูลาฮูปที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดได้ แต่เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของ ฮูลาฮูปมีขนาดเล็กลง กลุ่มตัวอย่างจะต้องเพิ่มอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป (ω) ขึ้น เพื่อชดเชยกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ลดลง ทำให้กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเพิ่มอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปได้มาก

เท่ากับการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่สามารถรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูป เป็นผลทำให้ฮูลาฮูปตกพื้น ทั้งนี้จะสังเกตได้จากตารางที่ 1 และรูปที่ 36 ในบทที่ 4 ว่า เมื่อฮูลาฮูปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงจำนวนคนที่เล่นฮูลาฮูปได้ก็จะลดลงตามลำดับ

3. ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันทำให้ค่าอัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปต่างกัน ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ตามสมการที่ 7 สมมติฐานที่ 3 ที่ว่า อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปแปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของฮูลาฮูป โดยอัตราเร็วของ ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่า จะมีค่าน้อยกว่าอัตราเร็วของฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่า เนื่องจาก

จากสมการความสัมพันธ์การเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุม

$$s = \theta r \quad \text{สมการที่ 8}$$

เมื่อ s คือ ความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุม r คือ รัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป θ คือ มุมที่กวาดไป กำหนดให้ $\theta = 360^\circ$ ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า จะต้องมามีค่า s (เส้นรอบวงการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป) น้อยกว่า ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า แสดงว่า $s_{98} > s_{85} > s_{72}$

และจากสมการความสัมพันธ์การเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุม

$$v = \omega r \quad \text{สมการที่ 9}$$

เมื่อ v คืออัตราเร็วเชิงเส้นของฮูลาฮูป ω คืออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป และ r คือรัศมีการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป หากพิจารณาสมการเชิงเส้น

$$v = \frac{S}{T} \quad \text{สมการที่ 10}$$

เมื่อ v คืออัตราเร็วเชิงเส้นของฮูลาฮูป S คือความยาวเส้นรอบวงการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูป และ T คือระยะเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ 1 รอบ

ในกรณีกำหนดให้ v เท่ากัน ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด ซึ่งจะมีค่าความยาวเส้นรอบวงการเคลื่อนที่มากที่สุด จากการพิสูจน์ในสมการที่ 8 จะต้องใช้

ระยะเวลาในการเคลื่อนที่กลับมาครบ 1 รอบ มากกว่าฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า ตามลำดับ $T_{98} > T_{85} > T_{72}$

จากสมการการเคลื่อนที่เชิงมุม

$$\omega = \frac{\theta}{T} \quad \text{สมการที่ 11}$$

เมื่อ ω คืออัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูป θ คือมุมที่กวาดได้ ในที่นี้กำหนดให้มีค่า 360°

T คือระยะเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ 1 รอบ จากสมการที่ 11 มีความสัมพันธ์ระหว่าง ω และ T คือ $\omega \propto \frac{1}{T}$ กล่าวคือ เมื่อฮูลาฮูปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากขึ้น อัตราเร็วเชิงมุมของฮูลาฮูปจะมีค่าลดลงตามลำดับ

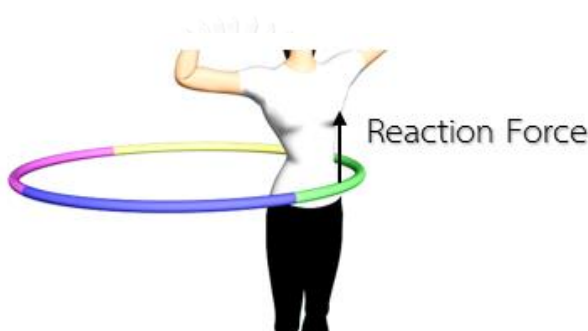
$$S_{98} > S_{85} > S_{72}$$

$$T_{98} > T_{85} > T_{72}$$

$$\omega_{98} < \omega_{85} < \omega_{72}$$

4. ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยขนาดของเส้นรอบวงในกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้มีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้จะมีขนาดของเส้นรอบวงที่มากกว่ากลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ เมื่อวิเคราะห์ตามหลักกลศาสตร์พื้นฐานนั้นพบว่า ให้ฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันนั้น ในคนที่ขนาดเส้นรอบวงที่มากกว่า จะมีรัศมีการแกว่งของเอวที่น้อยกว่าคนที่ขนาดเส้นรอบวงเล็กกว่า หากต้องการให้แรงสู่ศูนย์กลางมีค่าเท่าเดิม ผู้เล่นที่ขนาดเส้นรอบวงมากกว่า จะต้องเพิ่มอัตราเร็วเชิงมุมของเอวให้มากขึ้นเพื่อชดเชยกับรัศมีการเคลื่อนที่ที่ลดน้อยลง หากผู้เล่นไม่สามารถเพิ่มอัตราเร็วเชิงมุมให้มากขึ้นได้ ก็จะไม่สามารถรักษาระดับในแนวตั้งของฮูลาฮูปได้ นอกจากนี้ยังพบว่า โมเดลที่จำลองออกมานั้น เป็นการศึกษาอย่างง่าย ไม่ใช่ลักษณะของคนที่แท้จริง เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากรูปร่างของลำตัวที่แท้จริงแล้ว พบว่า Pelvic girdle จะมีลักษณะบานออกมา เมื่อเทียบกับระดับของเอว ซึ่งตำแหน่งของ Pelvic ที่ขยายออกมานั้น

จะใช้เป็นตำแหน่งให้ฮูลาฮูปกระแทก นอกเหนือจากองค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างฮูลาฮูปและผิวสัมผัสแล้ว ก็จะมีแรงซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง ได้แก่ Reaction force <แสดงในรูปที่ 50 > โดยในผู้เล่นที่มีขนาดเส้นรอบเอวใหญ่นั้น ส่วนโค้งที่แตกต่างระหว่างเส้นรอบเอวและความกว้างของ Pelvic Girdle จะมีน้อยมาก หรือแทบไม่มีเลย ทำให้องค์ประกอบของ Reaction force ที่จะช่วยในการควบคุมไม่ให้ฮูลาฮูปหล่นมีค่าลดน้อยลง การหมุนฮูลาฮูปในคนที่มีความยาวเส้นรอบเอวมานักกว่าจึงหล่นง่ายกว่าคนที่มีความยาวเส้นรอบเอวน้อยกว่า



รูปที่ 50 แสดง Reaction force ที่เกิดขึ้น

5. ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่กำลังทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางหน้าหลัง ซ้าย และขวา ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปแตกต่างกันเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 โดยกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้จะมีค่าของมุม ขณะที่กำลังทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางด้านหน้า ด้านหลัง ทิศทางด้านซ้าย และทิศทางด้านขวา น้อยกว่า กลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้

เหตุผลที่ผู้วิจัยอธิบายด้วยการเคลื่อนไหวของลำตัว โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่กำลังทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle เนื่องจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ของตัวแปรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลที่มีต่ออัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกและอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันให้อัตราเร็วเชิงมุมแนวสะโพกมีค่าแตกต่างกัน โดยอัตราเร็วเชิงมุมมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูปลดลง แต่กลับไม่พบความแตกต่างของอัตราเร็วเชิงมุมแนวไหล่ในขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลที่แตกต่างกัน อาจกล่าวได้ว่า การเคลื่อนไหวของบริเวณเอวน่าจะเป็นองค์ประกอบหลักในการควบคุมการหมุนของลูกบอลมากกว่าที่จะเป็นบริเวณแนวไหล่แต่ไม่ได้หมายความว่าแนวไหล่ไม่มีความสำคัญ เพราะในการเคลื่อนไหวขณะเล่นลูกบอลต้องอาศัยการบิดหมุนของลำตัว ซึ่งการบิดหมุนลำตัวอาศัยความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวของแนวไหล่และแนวสะโพก (วิทพงศ์, 2551) เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายและการนำไปใช้ผู้วิจัยจึงขออธิบายด้วยการเคลื่อนไหวของแนวไหล่และแนวสะโพกในรูปของการเคลื่อนไหวลำตัว ซึ่งจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าการเคลื่อนไหวในการเล่นลูกบอลเป็นดัง(ภาพที่ 49 ในหน้าที่ 69)

ในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในตัวแปร Trunk Extension น้อยกว่ากลุ่มที่สามารถเล่นลูกบอลได้

ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางด้านซ้ายของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ มีค่าน้อยกว่า กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นลูกบอลได้ แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างน่าจะมีค่าของมุมในช่วงของ Left Lateral flexion หรือ Right Lateral extension น้อยกว่ากลุ่มที่สามารถเล่นได้

ค่าเฉลี่ยของมุม ขณะที่ลำตัวทำมุมกับระนาบของ Pelvic girdle ในทิศทางด้านขวาของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างน่าจะมีค่าของมุมในช่วงของ Right Lateral flexion หรือ Left lateral extension น้อยกว่ากลุ่มที่สามารถเล่นได้

จากผลการวิจัยพบว่า ค่าของมุมในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ พบความผิดปกติดังต่อไปนี้

1. กลุ่มที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ หมุนลูกบอลทวนเข็มนาฬิกา มีค่าของมุมในช่วง Right Lateral flexion และ Trunk extension น้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นลูกบอลได้
2. กลุ่มที่ไม่สามารถเล่นลูกบอลได้ หมุนลูกบอลตามเข็มนาฬิกา มีค่าของมุมในช่วง Left Lateral flexion และ Trunk extension น้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นลูกบอลได้

เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของข้อต่อจะพบว่า (R.T.FLOYD,2007)

Pelvic motion	Lumbar spine motion	Right hip motion	Left hip motion
Anterior tilt	Extension	Flexion	flexion
Posterior tilt	Flexion	Extension	Extension
Right lateral	Left lateral flexion	Abduction	Adduction
Left lateral	Right Lateral Flexion	Adduction	Abduction
Right transverse rotation	Left Lateral rotation	Internal rotation	External rotation
Left transverse rotation	Right Lateral rotation	External rotation	Internal rotation

ตารางที่ 16 แสดง Motions accompanying pelvic

จากผลการวิจัยข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีความแข็งแรง และความสามารถในการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่ออื่นๆแตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ จะไม่สามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของฮูลาฮูปได้เมื่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูปลดลง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของฮูลาฮูปได้นั้นเป็นเพราะเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูปลดลง จะต้องเคลื่อนที่เร็วให้เร็วมากยิ่งขึ้น จากผลการวิจัยในบทที่ 4 พบว่า อัตราเร็วเชิงมุมของแนวสะโพกมีค่ามากที่สุดในการหมุนฮูลาฮูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 72 ซม. หมายความว่า ยิ่งฮูลาฮูปมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยลง ผู้เล่นจะต้องเคลื่อนไหวลำตัวในรูปแบบเดิมแต่เพิ่มอัตราเร็วเชิงมุมในการเคลื่อนไหวให้เร็วมากยิ่งขึ้นเพื่อให้สัมพันธ์กับอัตราเร็วของฮูลาฮูปที่เพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฮูลาฮูปลดลง

การเพิ่มความเร็วของตำแหน่งในการเคลื่อนไหว ก็คือต้องเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (agonist) จากการวิจัยของ ชำนาญ (2545) พบว่า การทำงานร่วมกัน (coordination) ของกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถเพิ่มความเร็วของการเคลื่อนไหว คือ เมื่อขณะกลุ่มกล้ามเนื้อทำงานหดตัว กล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้ามจะคลายตัวไปพร้อมกัน

โดยไปยับยั้งกลไกทางระบบประสาท (reciprocal inhibition) ความสำคัญในการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อไม่ใช่เพียงแค่ประสิทธิภาพของกลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist และ antagonist ยังต้องอาศัยความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อกลุ่ม synergist และ fixator ด้วยจึงจะทำให้การเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพมากที่สุด

นอกจากนี้ผลการวิจัยของ อนันต์ (2015) พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมีส่วนช่วยในการเคลื่อนไหวที่คล่องแคล่วว่องไวของร่างกาย เพราะ เมื่อกกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพียงพอในการควบคุมน้ำหนักของร่างกายต่อต้านแรงเฉื่อยก็จะทำให้ส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้เร็วมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถพัฒนาความเร็วของการเคลื่อนไหวได้ กลุ่มกล้ามเนื้อที่น่าสนใจจะเกี่ยวข้องกับ กลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของ Pelvic เพราะการเคลื่อนไหวของ Pelvic จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวร่วมของข้อต่อในส่วน Lumbar spine และ Hip ดังแสดงในตารางที่ 16 ดังนั้น การทำงานของกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการควบคุม Pelvic จะต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวตามรูปแบบที่ต้องการ

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในการศึกษาผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห่วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป สามารถบอกได้ว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีผลต่อความยากง่าย โดยในการวิจัยฮูลาฮูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร เล่นง่ายกว่า ขนาด 85 และ 72 เซนติเมตร แต่ไม่ได้หมายความว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 เซนติเมตร เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสมที่สุดที่ทุกคนจะเล่นได้ ในขณะที่ผลจากการวิจัยแสดงว่ามวลของฮูลาฮูปไม่มีผลต่อการเล่นฮูลาฮูปได้ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ไม่ได้หมายความว่าฮูลาฮูปจะมีขนาดใหญ่เท่าไรก็ได้ หรือหนักเบาเท่าไรก็ได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลฮูลาฮูปที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาเป็นเพียงรูปแบบของฮูลาฮูปที่พบเห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาด การคำนวณหาคุณลักษณะของฮูลาฮูปที่เหมาะสม จะต้องทำการศึกษาในกลศาสตร์ขั้นสูงต่อไป เพื่อตอบปัญหาเหล่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการเลือกฮูลาฮูปให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ของผู้เล่นแต่ละคน ยกตัวอย่างเช่น ในผู้ที่เริ่มต้นหัดเล่นฮูลาฮูป ควรเลือกเล่นห่วงที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาก (98 ซม.) ก่อน เพราะเล่นได้ง่าย ในขณะที่ผู้ที่มีทักษะอยู่แล้วก็อาจจะเลือกเล่นในฮูลาฮูปที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเพื่อพัฒนาทักษะของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่การเลือกฮูลาฮูปสำหรับใช้ในการออกกำลังกายนั้น หากต้องการที่จะลดน้ำหนักนั้น ควรเลือกใช้ฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (72 ซม.) เพราะฮูลาฮูปมีขนาดเล็ก ยึดต้องเคลื่อนไหวลำตัวให้เร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งหมายความว่าในการเล่นฮูลาฮูปขนาดเล็ก ร่างกายจะต้องทำงานหนักเพิ่มมากขึ้น และมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ก็ย่อมจะทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานมากกว่า

สำหรับการวิเคราะห์ตัวแปรทางคิเนเมติกส์ในกลุ่มที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้และไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้นั้น อาจจะเป็นตัวบอกได้ว่า ค่าตัวแปรต่างๆในการเคลื่อนไหวของทั้งสองกลุ่มเป็นอย่างไร ช่วงไหนของการเคลื่อนไหวในกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ มีการขาดหายไปหรือมีค่ามุมที่น้อยกว่าปกติ ทำให้ไม่สามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของฮูลาฮูปได้ ดังนั้นเมื่อทดแทนสิ่งที่ขาดหายไปให้กลับมาด้วยการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ ในที่นี้อาจจะเลือกการออกกำลังกายที่เน้นพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core Muscle) เช่น การออกกำลังกายแบบ Body weight ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่สามารถทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ และสามารถทำเองได้ เมื่อสามารถฝึกให้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวพัฒนาแล้วกลุ่มที่ไม่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้น่าจะสามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆด้วย เช่น ความสามารถในการเรียนรู้ ประสบการณ์ในการเล่น ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. มีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหวในการเล่นฮูลาฮูปของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถเล่นได้ และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเล่นได้
2. มีการทดสอบค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ขณะที่ทำการเล่นฮูลาฮูปที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและมวลที่แตกต่างกัน
3. มีการคำนวณรูปแบบของฮูลาฮูปที่ใส่น้ำ ใส่อทราย และพื้นผิวที่แตกต่างกัน ว่ามีผลต่อความยากง่ายในการเล่นฮูลาฮูปหรือไม่อย่างไร
4. มีการคำนวณขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดและใหญ่ที่สุด มวลของฮูลาฮูปที่เบาที่สุด และหนักที่สุด ที่ร่างกายมนุษย์จะสามารถเล่นได้



รายการอ้างอิง

- Arriola, M. F., Chaikumnerd, T., Simmons, J. K., McDonough, D. L., & Volynsky, I. (1998). Hoop for exercise and entertainment having decorative appearance: Google Patents.
- Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (2004). Coordination modes in the multisegmental dynamics of hula hooping. *Biological cybernetics*, 90(3), 176-190.
- Belyakov, A., & Seyranian, A. (2010). *The hula-hoop problem*. Paper presented at the Doklady Physics.
- Cluff, T., Robertson, D., & Balasubramaniam, R. (2008). Kinetics of hula hooping: An inverse dynamics analysis. *Human movement science*, 27(4), 622-635.
- Crowther, R. G., Morken, C., & Pohlmann, J. M. (2015). BIOMECHANICAL COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL HULA-HOOPING AND NINTENDO WII HULA-HOOPING. *Journal of Fitness Research*, 4(1).
- Farrow, M. T. (1992). Musical and lighted entertainment and exercise device: Google Patents.
- Huang, H.-T. (2000). Exercising hula hoop with vocal synthesis and LCD display: Google Patents.
- Lee, J. C. L. (1999). Structure of a hula-hoop: Google Patents.
- Lu, C., Wang, Y., Sung, C.-K., & Chao, P. C. (2011). A hula-hoop energy-harvesting system. *Magnetics, IEEE Transactions on*, 47(10), 2395-2398.
- Nishizaki, J., Nakaura, S., & Sampei, M. (2009). *Modeling and control of hula-hoop system*. Paper presented at the Decision and Control, 2009 held jointly with the 2009 28th Chinese Control Conference. CDC/CCC 2009. Proceedings of the 48th IEEE Conference on.
- Plummer, H. A., & Oliver, G. D. (2009). THE INFLUENCE OF SHOULDER ROTATION ON SHOULDER KINETICS IN CATCHERS THROWING FROM THE KNEES.

- Rungudom, K. (2012). Effect of hula hoop exercise training program on health-related physical fitness, spot reduction and lipid profile level in overweight women. *Journal of Sports Science and Health*, 13(January -April), 9.
- กมล, ม. (2551). ฮูลาฮูปทางเลือกแรกหรือทางเลือกสุดท้าย. Retrieved from <http://hpe4.anamai.moph.go.th/hpe/exercise/article-exe/hulahoop.pdf>.
- กัลยา, ก. (2546). ข้อเสนอแนะการออกกำลังกายสำหรับคนอ้วน (Vol. 2546). โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- จักรินทร์, บ. (2554). ผอมหุ่นดี ด้วยฮูลาฮูป. นนทบุรี: บริษัท อิง ปียอน บุ๊คส์ จำกัด 2554.
- ชัยพัฒน์, ห. (2553). เอกสารประกอบการสอน วิชา ชีวกลศาสตร์ขั้นนำ รหัสวิชา 3900321: กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชำนาญ, ช. (2545). การวิเคราะห์การกระโดดสกัดกั้นในกีฬาบอลเลย์บอลเชิงชีวกลศาสตร์. (ปริญญาโท), เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ผุขพงษ์, ธ. (2554). การส่งเสริมสุขภาพโดยใช้ห่วงฮูลาฮูป ในชุมชนบ้านดอน ตำบลเวียงตาล อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง เชียงใหม่, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วัลลภ , พ. (2551). อ้วนหรือลงพุง เสี่ยงสมองเสื่อมเพิ่มมากขึ้นเท่าไร?
- วิทพงศ์, ส. (2551). ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของแนวไหล่กับแนวสะโพก ขณะขึ้นไม้สวดสวิงและความเร็วหัวไม้กอล์ฟขณะกระทบลูก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- อนันต์, อ. (2015). ผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนท่อนล่างโดยวิธีฝึกด้วยดัมเบลที่มีต่อความแม่นยำในการตีลูกเปตอง.วารสาร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 7(1).



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน

AF 01-12



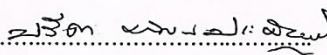

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 ชั้น 4 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-8147 โทรสาร: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 085/2558

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 036.1/58 : ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห้วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วย
ธูลาสูป
ผู้วิจัยหลัก : นางสาวเบญจทิศา สุรศาสตร์พิศาล
หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลงนาม.....  ลงนาม..... 
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริดา ทักตนประดิษฐ์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
ประธาน กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 21 เมษายน 2558 วันหมดอายุ : 20 เมษายน 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย



เลขที่โครงการวิจัย..... 036.1/58
วันที่รับรอง..... 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ..... 20 เม.ย. 2559

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการวิจัยจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน หรือส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ให้ออกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลหรือข้อมูลจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมรับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห่วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป
(EFFECTS OF BIOMECHANICS AND HOOP MECHANICS ON HULA HOOP EXERCISE)
ชื่อผู้วิจัย นาวสาวเบญจทิศา สุรัสวดีพิศาล ตำแหน่ง นิติตระดับมหาบัณฑิต
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 236/11 ซอยเสนาภิจ ถนนพญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์มือถือ 083-0654231 E-mail bb.hong.bill@gmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไมชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัย เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป ในกลุ่มตัวอย่างนิติตระดับปริญญาตรี ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ ผู้วิจัยสนใจศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของคนที่เกิดขึ้นขณะเล่นฮูลาฮูปและรูปแบบของห่วงที่แตกต่างกันที่ส่งต่อความยากง่ายในการเล่น เพื่อให้ผู้ฝึกสอนหรือผู้ที่ต้องการหัดเล่นฮูลาฮูป สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการหัดเล่นฮูลาฮูปได้อย่างมีคุณภาพด้วยการเลือกอุปกรณ์ที่ตรงตามวัตถุประสงค์และมีทักษะการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 3.1) เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของแนวไหลลกับแนวสะโพกขณะเล่นฮูลาฮูป
- 3.2) เพื่ออธิบายปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อความยากง่ายในการเล่นฮูลาฮูป

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

4.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Target Population) : นิติตระดับปริญญาตรีที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้
กลุ่มตัวอย่าง (Sample group) : นิติตระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-21 ปี ที่สามารถเล่นฮูลาฮูปได้ จำนวน 20 คน ที่เข้าช่วยตามเกณฑ์การคัดเลือก

เลขที่โครงการวิจัย..... 036.1/58
วันที่รับรอง..... 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ..... 20 เม.ย. 2559



เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria)

1. เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. เพศหญิง
3. ส่วนสูง 155 – 160 เซนติเมตร
4. น้ำหนัก 50 – 65 กิโลกรัม
5. ขนาดเส้นรอบวงของเอว 70- 85 เซนติเมตร
6. ประสบการณ์ในการเล่นสูลาฮูป มากกว่า 2 ปี
7. มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการวิจัย
8. สมัครใจเข้าร่วมวิจัย
9. สามารถหมุนหัวสูลาฮูป ขนาดใหญ่สุด มวลมากที่สุด ได้นานเกิน 1 นาที



เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. ผู้ร่วมวิจัยขออนุญาตจากการศึกษา
2. ผู้ร่วมวิจัยเกิดการบาดเจ็บจนเป็นอุปสรรคต่อการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย..... 036-1/58
วันที่รับรอง..... 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ..... 20 เม.ย. 2559

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง(Purposive Sampling)
ท่านได้รับเลือกให้เข้าร่วมโครงการวิจัยเนื่องจาก ท่านเป็น นิสิตระดับปริญญาตรี ที่เข้าข่ายตามเกณฑ์การคัดเลือกและเหมาะสมเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

5. กระบวนการวิจัยในครั้งนี้ มีผู้วิจัยหลัก และมีผู้ช่วยวิจัย จำนวน 3 คน ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยมีการอบรมและฝึกทดลองใช้อุปกรณ์ต่างๆก่อนการวิจัยเป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยผู้ช่วยวิจัย มีหน้าที่ช่วยเตรียมอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการวิจัย เช่น การตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องแต่งกาย ตำแหน่งของการติดอุปกรณ์สะท้อนแสง จดบันทึกข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการวิจัย เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ ดำเนินการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้
 - 5.1) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องสวมเสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit) สีดำ แขนยาว ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้



รูปที่ 1 แสดงเสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit)

5.2) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกติดอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง (Markers) โดยใช้เทปขาวสองหน้าแบบบาง ติดลงบน เสื้อรัดกล้ามเนื้อ จำนวน 8 ตำแหน่ง ได้แก่

บริเวณข้อไหล่

ตำแหน่ง Tip of acromion process (ปุ่มกระดูกหัวไหล่ด้านซ้ายและด้านขวา) จำนวน 2 จุด

ตำแหน่ง Seventh cervical vertebra (กระดูกสันหลังบริเวณคอด้านหลังที่นูนออกมา) จำนวน 1 จุด

ตำแหน่ง Jugular notch (ร่องระหว่างกระดูกไหปลาร้าสองข้าง) จำนวน 1 จุด

บริเวณข้อสะโพก

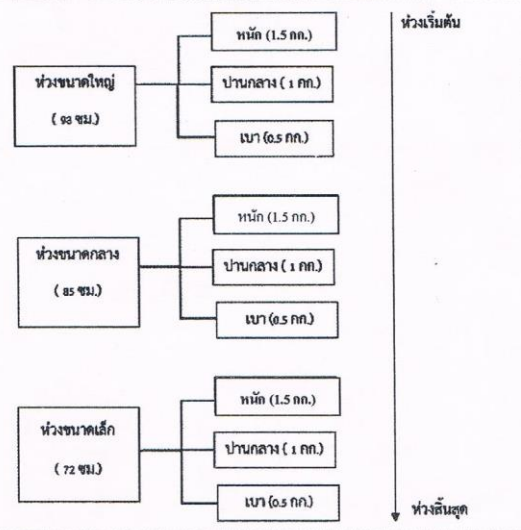
ตำแหน่ง Anterior superior iliac spine (ASIS) (ปุ่มกระดูกด้านหน้า) ด้านซ้ายและด้านขวา

จำนวน 2 จุด

ตำแหน่ง Posterior superior iliac spine (PSIS) (ปุ่มกระดูกด้านหลัง) ด้านซ้ายและด้านขวา

จำนวน 2 จุด

5.3) ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำการหมุนห้วงสุลาอุปแบบธรรมดา ใช้เวลาในการหมุนแต่ละห้วงเป็นเวลา 2 นาที โดยตัวห้วงทำจาก ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) รุ่น PE 80 จำนวน 9 ห้วง เรียงตามลำดับดังรูปที่



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงลำดับการทดสอบขนาดและน้ำหนักของสุลาอุป

5.4) ก่อนทำการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆให้ถูกต้อง แล้วจึงทำการหมุนหัวกล้อง

5.5) ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา โรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร ตามปัจจัยทางกลศาสตร์และรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ต้องการและสนใจศึกษา โดยใช้เครื่องบันทึกการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ (3D Motion Analysis System) ประกอบด้วย

5.5.1 กล้องความเร็วสูง จำนวน 6 ตัว ตั้งค่าความเร็วในการจับภาพที่ 500 ครั้ง/วินาที

5.5.2 กล้องถ่ายวิดีโอที่ใช้สำหรับบันทึกภาพ จำนวน 2 ตัว

5.5.3 ชุดทำการ Calibration ด้วยระบบ Thor2 จำนวน 1 ชุด

5.5.4 คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ขนาด 14 นิ้ว

6. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย กระทำโดยการอธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างเข้าใจด้วยตัวผู้วิจัยหลักเองและหากมีข้อสงสัยสามารถซักถามได้ทันที

7. ในโครงการวิจัยนี้ อาจเกิดอันตรายและความเสี่ยงในการทดลองดังนี้

- อาจเกิดการบาดเจ็บบริเวณเอว หากกล้ามเนื้อบอบช้ำได้ง่ายและทำการทดสอบในท่าที่มีน้ำหนักมาก หรืออาจเกิดการบาดเจ็บบริเวณหลังได้ หากทำท่าทางที่ผิดวิธี แต่ไม่เป็นอันตรายหากทำตามคำแนะนำของผู้วิจัย
- หากเกิดอันตรายต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น หากมีอาการร้ายแรงเกินผู้วิจัยช่วยเหลือได้ จะนำผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่ได้รับอันตรายส่งแพทย์โดยด่วน และจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาล

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้

- ทราบปัจจัยทางกลศาสตร์ที่มีผลต่อความยากง่ายในการเล่นสูลาฮูป
- สามารถเลือกหัวกล้องให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของผู้เล่นแต่ละคน
- ทราบการเคลื่อนไหวของแนวไหล่กับแนวสะโพกที่สัมพันธ์กับปัจจัยทางกลศาสตร์
- ทราบถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมซึ่งมีประสิทธิภาพในการเล่นสูลาฮูปและสามารถนำไปปรับใช้ได้



ศูนย์โครงการวิจัย..... 036.1/58
วันที่รับรอง..... 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ..... 20 เม.ย. 2559

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับทั้งในด้านการศึกษา สุขภาพ และจิตใจ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ กรณีที่ 1 คือ ท่านทำการทดสอบผ่านในครั้งแรก ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลารวมเป็นเงิน 500 บาท กรณีที่ 2 คือ ทดสอบไม่ผ่านครั้งแรก ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยฯ ในครั้งที่ 1 เป็นเงิน 300 บาท และหากท่านมาทำการทดสอบครั้งที่ 2 ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยฯ ในครั้งที่ 2 เป็นเงิน 300 บาท สำหรับท่านที่ไม่ผ่านทั้ง 2 ครั้ง ก็จะนับเป็นกรณีที่ 2 คือ ได้ค่าเดินทางและชดเชย และท่านที่มาแต่เกิดการบาดเจ็บต้องถอนตัว ก็จะได้รับค่าตอบแทนในกรณีที่ 2 เช่นกัน เนื่องจากถือว่าได้มาเข้าร่วมงานวิจัยแล้ว

12. การรักษาความลับของข้อมูล ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th



คณะโครงการวิจัย..... 036.1 / 56
จัดตั้งรับรอง..... 21 เม.ย. 2558
ทั้งหมดอายุ..... 20 เม.ย. 2559

ภาคผนวก ค

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย



ชื่อโครงการวิจัย ผลของชีวกลศาสตร์และกลศาสตร์ของห่วงที่มีต่อการออกกำลังกายด้วยฮูลาฮูป

(EFFECTS OF BIOMECHANICS AND HOOP MECHANICS ON

HULA HOOP EXERCISE)

เลขที่โครงการวิจัย 036-1/58

วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ชื่อผู้วิจัย นางสาวเบญจทิศา สุรสาศตรพิศาล

ที่อยู่ติดต่อ 236/11 ซอยเสนากิจ ถนนพญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 083-0654231 E-mail bb.hong.bill@gmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยงอันตรายและประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ทำการทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนด ตามรายละเอียดดังนี้

1. สวมเสื้อรัดกล้ามเนื้อ (Body fit) สีดำ แขนยาว ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้
2. ถูกติดอุปกรณ์กำหนดจุดข้อต่อแบบสะท้อนแสง (Markers) โดยใช้เทปขาวสองหน้าแบบบาง ติดลงบน เสื้อรัดกล้ามเนื้อ บนร่างกายจำนวน 8 ตำแหน่ง
3. ทำการหมุนห่วงฮูลาฮูปแบบธรรมดา ตัวห่วงทำจาก ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) รุ่น PE 80 จำนวน 9 ห่วง
4. ทำการทดสอบเสร็จสิ้นภายใน 1 วัน ใช้เวลา คนละ 30 นาที

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากกรวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากกรวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น ทั้งทางด้านการศึกษา ร่างกายและจิตใจ

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ภาคผนวก ง
แสดงใบเก็บข้อมูล

ข้อมูลส่วนตัวผู้เข้าร่วมการวิจัย

หมายเลข

ชื่อ-สกุล.....ชื่อเล่น..... ชั้นปี.....

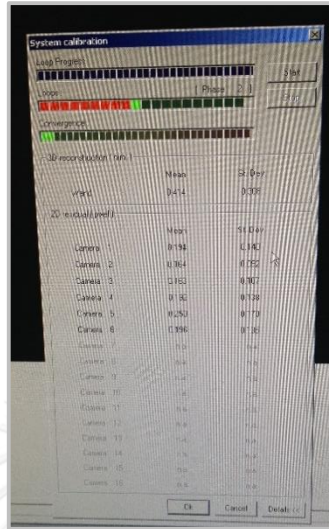
ตัวแปร	ผล	หมายเหตุ
อายุ (ปี)		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม / เมตร ²)		
ความยาวขา (เซนติเมตร)		
- ขาซ้าย		
- ขาขวา		
ขนาดรอบเอว (เซนติเมตร)		
ขาข้างถนัด (ขวา/ซ้าย)		
ประสบการณ์การเล่นฮูลาฮoop (ปี)		

ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง	มวล	เส้นได้	เส้นไม่ได้	หมายเหตุ
1	98	1.5			
2		1			
3		0.5			
4	85	1.5			
5		1			
6		0.5			
7	72	1.5			
8		1			
9		0.5			

ลำดับที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง	มวล	ระยะเวลาที่ใช้	หมายเหตุ
1	98	1.5		
2		1		
3		0.5		
4	85	1.5		
5		1		
6		0.5		
7	72	1.5		
8		1		
9		0.5		

ภาคผนวก จ

วิธีการนำข้อมูลจากการทดลองออกมาจากซอฟต์แวร์ BTS SMART DX



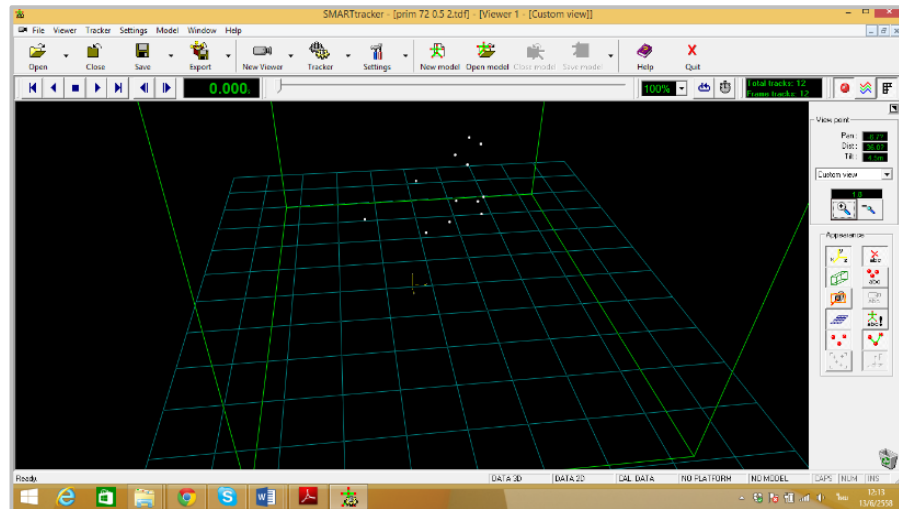
รูปที่ 51 แสดง system calibration

โปรแกรม SMART Capture จะใช้เป็นขั้นตอนแรกในการเก็บข้อมูลทุกครั้ง ด้วยวิธีการสอบเทียบความแม่นยำ (Calibration) ของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ THOR2 caribration system โดยค่า error จากการ calibration ที่ออกมาไม่ควรเกิน 0.5



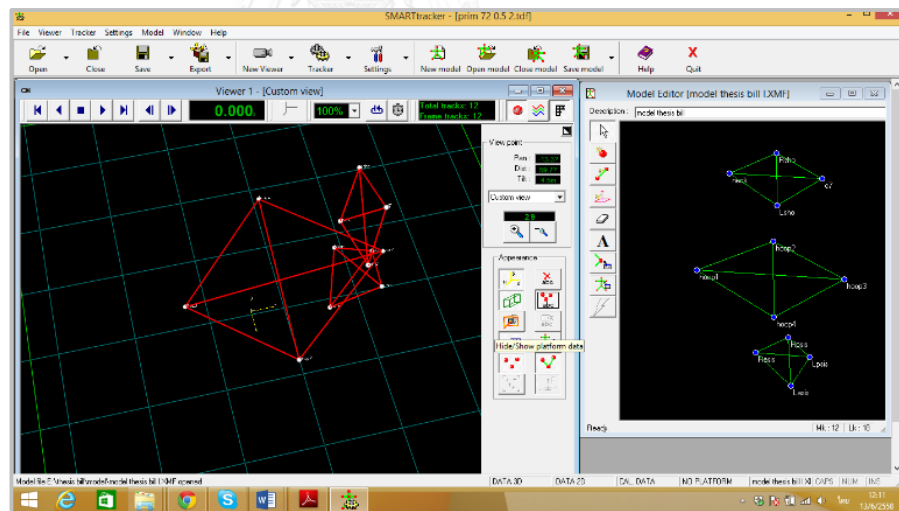
รูปที่ 52 แสดง การเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อทำการ Calibration เสร็จเรียบร้อยขึ้นมา จะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยกดที่ปุ่ม Capture เพื่อเริ่มต้นบันทึกการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นแล้วก็กดที่ปุ่ม Capture อีกครั้ง ระบบจะทำการ Auto save



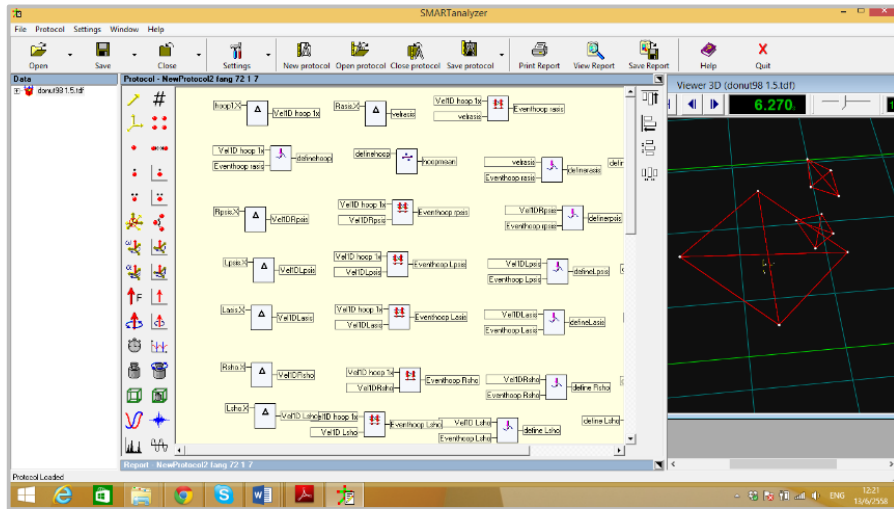
รูปที่ 53 แสดงตำแหน่งของมาร์คเกอร์

โปรแกรม Smart Tracker ใช้สำหรับประมวลตำแหน่งของ Markers เพื่อสร้างภาพในแนว 3 มิติ



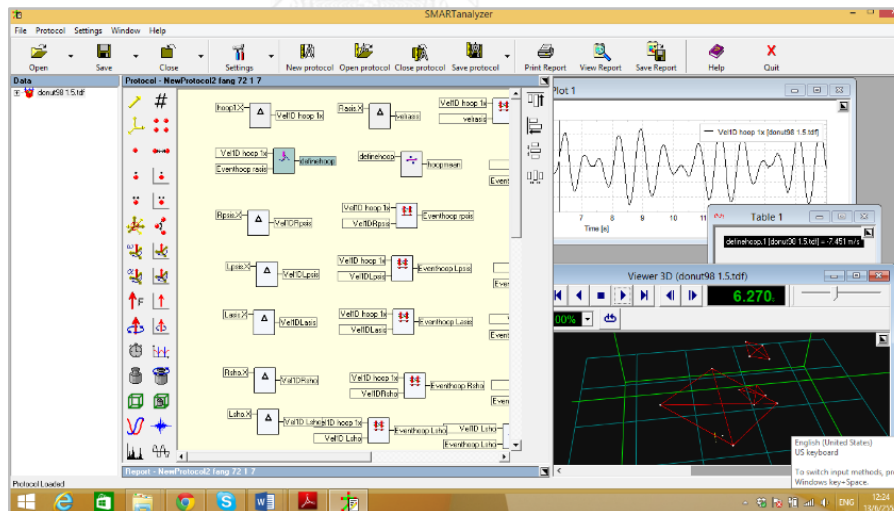
รูปที่ 54 แสดงโมเดลที่สร้างขึ้นมา

โปรแกรม Smart Tracker ใช้สำหรับการสร้างโมเดลเพื่อจะลากเชื่อมจุดของ Markers ให้ต่อกันตามแบบโมเดลที่ต้องการ



รูปที่ 55 แสดงการสร้าง Protocol

โปรแกรม Smart Analyzer ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลจากโมเดลที่สร้างขึ้นมาในโปรแกรม Smart Tracker โดยจะต้องมีการสร้าง Protocol - ขึ้นมา เพื่อหาค่าตัวแปรทางคิเนแมติกที่สนใจ โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของ Markers



รูปที่ 56 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

เมื่อสร้าง Protocol เรียบร้อยแล้วก็สามารถหาค่าข้อมูลในช่วงที่สนใจออกมาได้

ภาคผนวก ฉ
ฮูลาฮูปที่ใช้สำหรับการวิจัย



รูปที่ 57 แสดงฮูลาฮูปที่ใช้ในการวิจัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	นางสาวเบญทิวา สุรศาสตร์พิศาล
วัน เดือน ปี เกิด	25 มกราคม 2534
ภูมิลำเนา	จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่	236/11 ซอยเสนากิจ ถนนพญาไท แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
E-mail	bb.hong.bill@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2546 จังหวัดเชียงใหม่	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จาก โรงเรียนสายอักษร
พ.ศ.2549 วิทยา จังหวัดเชียงใหม่	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนรังษี
พ.ศ.2552 วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียน จากโรงเรียนรังษีวิทยา จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ.2556	ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ จากศูนย์กีฬาและนันทนาการ สถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี
พ.ศ.2556	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2558	กำลังศึกษาระดับปริญญาโท แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย