

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ชีวกลศาสตร์ทางการกีฬา (Sports Biomechanics)

### ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางคิเนเมติกกับระยะทางของແລນในนักกีฬาพุ่งແລนชายไทย

นนทยา นกน้อย, ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และชนากานต์ บุญสุข

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170

#### บทคัดย่อ

กีฬาพุ่งແລนเป็นกีฬาที่มีเป้าหมายในการแข่งขันให้ได้ระยะทางที่พุ่งไกลมากที่สุด ซึ่งตำแหน่ง ทิศทาง และความเร็วของແລนขณะปล่อยที่เหมาะสมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระยะทางที่พุ่งได้ ดังนั้น การศึกษาความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อยในกีฬาพุ่งແລนจึงมีความจำเป็นเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพในการพุ่งให้ได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อศึกษาตัวแปรความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อยในกีฬาพุ่งແລนของนักพุ่งແລนชายไทย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่พุ่งได้กับความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อย ทำการเก็บข้อมูลนักกีฬาพุ่งແລนชายไทย จำนวน 12 คน ในการแข่งขันกรีฑาชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย และนานาชาติ ครั้งที่ 60 ประจำปี 2557 ทำการบันทึกวิดีโอครอบคลุมทั้งร่างกายของนักกีฬาและແລนขณะปล่อยระหว่างทำการแข่งขันด้วยกล้องความเร็วสูง (Casio Exilim EX-F1) ตั้งค่า 300 เฟรมต่อวินาที ตำแหน่งของกล้องตั้งทางด้านขวาและตั้งฉากกับรันเวย์เพื่อบันทึกวิถีโอรณะบข้าง (sagittal plane) ทำการเลือกวิดีโอที่พุ่งได้ระยะทางไกลมากที่สุดของแต่ละคนนำมาหาข้อมูลความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ด้วย Pearson Correlation Coefficient (two-tailed) พบว่า ความสูงของແລนไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ มุมของແລน attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ ( $r = 0.643, 0.705$ ;  $p < 0.05$  ตามลำดับ) แต่ release angle ( $\theta$ ) ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ ความเร็วของແລนในแนวนอน (Horizontal velocity) ความเร็วของແລนในแนวตั้ง (Vertical velocity) และความเร็วของແລน (Resultant velocity) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ ( $r = 0.685, 0.591, 0.694$  ตามลำดับ;  $p < 0.05$ ) ดังนั้น นักกีฬาพุ่งແລนชายไทยควรมีการฝึกซ้อมที่เหมาะสมของความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อย เพื่อให้บรรลุผลของการเพิ่มระยะทางการพุ่งของແລนไกลขึ้นในการแข่งขันต่อไป

(Journal of Sports Science and Technology 2015;15(1): 35-43 )

คำสำคัญ: ความสูงของແລน มุมของແລน และความเร็วของແລน

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ชีวกลศาสตร์ทางการกีฬา (Sports Biomechanics)

## CORRELATION BETWEEN KINEMATICS PARAMETERS OF THE JAVELIN AND THE DISTANCE THROWN IN THAI MALE JAVELIN THROWERS

Nonthaya NOKNOI, Sirirat HIRUNRAT, Weerawat LIMROONGREUNGRAT and Chanakan BOONNUCH

College of Sports Science and Technology  
Mahidol University, Salaya Nakhonpathom Thailand

### ABSTRACT

Javelin throwing is sport that has the target of throwing for maximum distance thrown. Optimum of position, direction and velocity of the javelin at instant release are important factors to affect the distance thrown therefore, the study of release parameters at instant release consist of release height, release angle and release velocity of javelin which these parameters need for improvement and development in throwing performance for increase of the distance thrown. Objective of this study, to investigate of release height, release angle and release velocity of javelin and to determine correlation between the distance thrown and release height, release angle and release velocity of javelin. Participants of this study are twelve Thai male javelin throwers that joined competition of Thailand Open Track and Field Championships 2014. A high speed digital camera (Casio Exilim EX-F1) was set 300 frames per second for video recording in this study which position of camera was placed perpendicularly at the right side of the runway for video recording during javelin throwing in sagittal plane that covers both body and javelin at instant release. From statistics test of Pearson Correlation Coefficient (two-tailed) found that the release height of javelin was non-statistically significant linear coefficient correlation with the distance thrown. The release angle of javelin consist of attitude angle ( $\alpha$ ) and angle of attack ( $\beta$ ) were a statistically significant positive linear correlation coefficient with distance thrown ( $r = 0.643, 0.705$  respectively;  $p < 0.05$ ) but release angle ( $\theta$ ) was non-statistically significant linear coefficient correlation with the distance thrown. The release velocity of the javelin compose of horizontal velocity, vertical velocity and resultant velocity were a statistically significant positive linear correlation coefficient with the distance thrown ( $r = 0.685, 0.591, 0.694$  respectively;  $p < 0.05$ ). Therefore, Thai male javelin thrower should have optimal practice of release height, release angle and release velocity of javelin of javelin at instant release for achievement of increase performance in throwing to affect increase distance thrown.

(Journal of Sports Science and Technology 2015;15(1): 35-43)

**KEYWORDS:** release height of javelin, release velocity of javelin and release angle of javelin

## บทนำ

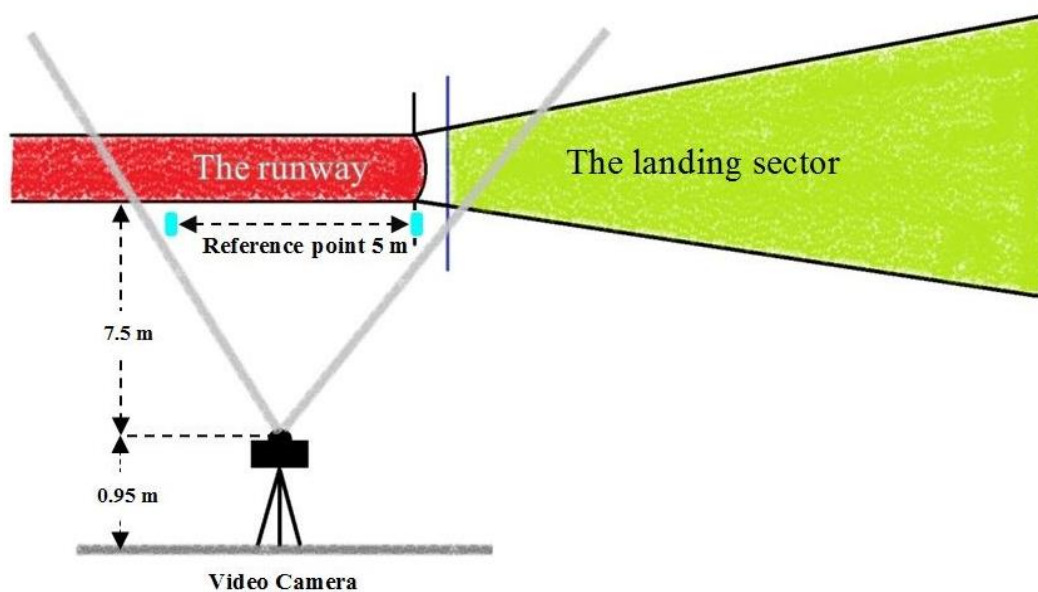
กีฬาพุ่งแหลนเป็นส่วนหนึ่งของกรีฑาประเภทลานมีเป้าหมายในการแข่งขันพุ่งแหลนให้ได้ระยะทางที่พุ่งไกลมากที่สุดจากการเคลื่อนที่ของแหลนผ่านอากาศที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จนกระทั่งหัวของแหลนลงสู่พื้น โดยใช้มือในการพุ่งแหลน ตามกติการะบุว่าการพุ่งแหลนต้องถือแหลนบริเวณที่กำหนดไว้เท่านั้นและพุ่งแหลนเหนือหัวไหล่หรือแขนส่วนบน การขว้างหรือการโยนไม่อนุญาตให้ใช้ในการแข่งขันนี้ ซึ่งกติกากำหนดการแข่งขันพุ่งแหลนกำหนดโดยสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF: International Association of Athletics Federations) ปัจจัยสำคัญของแหลนขณะปล่อยที่ส่งผลต่อระยะทางคือ ความสูงของแหลน มุมของแหลน และความเร็วของแหลน<sup>1,2</sup> ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นประสมงานการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การศึกษาก่อนหน้านี้ได้พบว่าตำแหน่งของแหลนขณะปล่อยที่เหมาะสมต่อลักษณะทางกายภาพของแหลน ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในอากาศของแหลน ซึ่งแหลนขณะปล่อยที่เหมาะสมควรมีความสูงเป็น 105 % ของความสูงร่างกาย<sup>3</sup> มุมของแหลนที่เหมาะสมขณะปล่อยแหลนควรอยู่ในช่วงระหว่าง 33-36 องศา<sup>5</sup> มีการศึกษาจำนวนมากพบว่า ความเร็วของแหลนที่มากขณะปล่อยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อระยะทางที่พุ่งได้<sup>1, 2, 6, 7</sup> ความเร็วของแหลนที่มากเป็นผลจากการประสมงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อของส่วนต่าง ๆ ร่างกายอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการถ่ายโอนโมเมนตัมไปยังแหลนขณะปล่อย<sup>2, 4</sup> ดังนั้นการศึกษาดูตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อระยะทางในการพุ่งแหลนจึงมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬา เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ไปพัฒนาและปรับปรุงการฝึกซ้อมอย่างเหมาะสม เพื่อเพิ่มระยะทางการพุ่งของแหลนในการแข่งขันต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาตัวแปรความสูง มุม และความเร็วของแหลนขณะปล่อยในกีฬาพุ่งแหลนของนักพุ่งแหลนชายไทย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่พุ่งได้กับความสูง มุม และความเร็วของแหลนขณะปล่อย สมมติฐานของการศึกษานี้ คือ ระยะทางที่พุ่งได้มีความสัมพันธ์กับความสูง มุม และความเร็วของแหลนขณะปล่อย

## วิธีการศึกษา

นักกีฬาพุ่งแหลนชาย อายุ 18-32 ปี จำนวน 12 คน ที่เข้าร่วมการแข่งขันกรีฑาชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย และนานาชาติ ครั้งที่ 60 ประจำปี 2557 ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์และประโยชน์ของการศึกษาวิจัยโดยส่วนรวมและต่อตัวผู้วิจัยตลอดจนรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการวิจัยที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การแข่งขัน หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยซึ่งผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหิดล เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมวิจัย คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่ได้ใช้มือขวาในการพุ่งแหลน เป็นผู้ที่มีอาการบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมการแข่งขันได้ และขอถอนตัวออกจากการแข่งขัน

การเก็บข้อมูลใช้กล้องความเร็วสูง (Casio Exilim EX-F1) ตั้งค่า 300 เฟรมต่อวินาที ในการบันทึกวิดีโอครอบคลุมร่างกายของนักกีฬาและแหลนขณะปล่อยในช่วงระยะทาง 5 เมตร สุดท้ายของรันเวย์ ตำแหน่งของกล้องตั้งทางด้านขวาและตั้งฉากกับรันเวย์เพื่อบันทึกวิถีโคจรแนวข้าง (sagittal plane) แสดงในรูปที่ 1 การบันทึกในการศึกษานี้ กล้องสูงจากพื้น 0.95 เมตร และตั้งฉากกับรันเวย์เป็นระยะทาง 7.5 เมตร ทำการบันทึกวิถีโคจรขณะที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนทำการพุ่งแหลนในการแข่งขันตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งจบการแข่งขัน พร้อมทั้งจดบันทึกระยะทางที่พุ่งได้แต่ละครั้งของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน ซึ่งถูกรับรองจากคณะกรรมการผู้ตัดสิน หลังจากนั้นเลือกวิถีโคจรที่ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนพุ่งได้ระยะทางมากที่สุดมาวิเคราะห์ข้อมูล ความสูง มุม และความเร็วของแหลนขณะปล่อยแหลนในคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SkillSpector และ Autodesk Autocad ทำการกรองสัญญาณ (filtering) ข้อมูลโดยใช้ quintic spline function



รูปที่ 1 ตำแหน่งของกล้องเพื่อบันทึกวิดีโอ

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 17 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างระยะทางที่พุ่งได้กับความสูง ความเร็ว และมุมของแหลนขณะปล่อย เริ่มต้นโดยทำการทดสอบข้อมูลการกระจายตัวด้วย Shapiro-Wilk เมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ใช้ Pearson Correlation Coefficient (two-tailed) แต่ถ้าทดสอบข้อมูลการกระจายตัวด้วย Shapiro-Wilk แล้วพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ ให้ใช้ Kendall's tau-b (two-tailed) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ โดยระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

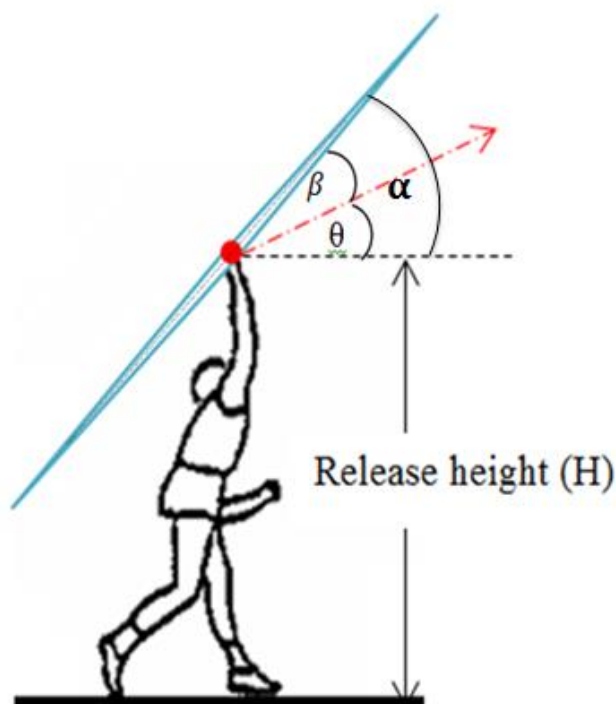
### ผลการวิจัย

ข้อมูลของคุณสมบัติของนักพุ่งแหลนชายไทยจำนวน 12 คน ได้ถูกแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของคุณสมบัติของนักพุ่งแหลนชายไทย

| ผู้เข้าร่วมวิจัย<br>(n = 12 คน)      | อายุ<br>(ปี)     | น้ำหนัก<br>(กิโลกรัม) | ส่วนสูง<br>(เซนติเมตร) | ดัชนีมวลกาย<br>(กก/ม <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 23.67 $\pm$ 5.05 | 80.67 $\pm$ 13.25     | 174.33 $\pm$ 5.13      | 26.54 $\pm$ 4.23                    |
| ค่าสูงสุด                            | 32               | 106                   | 185                    | 34.61                               |
| ค่าต่ำสุด                            | 18               | 63                    | 164                    | 21.05                               |

ค่าความสูงของแหลนขณะปล่อย (Release height) ที่วัดจากจุดศูนย์ถ่วงของแหลนจนถึงพื้นแสดงในรูปภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของความสูงของแหลนและระยะทางที่พุ่งได้แสดงในตารางที่ 2 การวิเคราะห์ผลความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างความสูงของแหลนและระยะทางที่พุ่งได้ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = -0.526$ ,  $p\text{-value} = 0.079$ )



รูปที่ 2 ความสูงและมุมของแหลนขณะปล่อยแหลน

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของความสูงของแหลนขณะปล่อยและระยะทางที่พุ่งได้ และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของแหลนและระยะทางที่พุ่งได้

| ผู้เข้าร่วมวิจัย<br>(n = 12 คน)      | ความสูงของแหลนขณะปล่อย<br>(เซนติเมตร) | ระยะทางที่พุ่งได้<br>(เมตร) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 173.80 $\pm$ 13.02                    | 55.7 $\pm$ 10.19            |
| ค่าสูงสุด                            | 201.09                                | 69.68                       |
| ค่าต่ำสุด                            | 155.55                                | 31.93                       |
| ค่าความสัมพันธ์                      | $r = -0.526$ , $p = 0.079$            |                             |

มุมของแหลนขณะปล่อย (angle of javelin) ในการวิเคราะห์ของการศึกษานี้ประกอบด้วย release angle ( $\theta$ ) attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) แสดงในรูปภาพที่ 2 release angle ( $\theta$ ) คือ มุมช่วงระหว่างทิศทางของเร็ว

ของแขนกระทำกับพื้นในแนวราบ attitude angle ( $\alpha$ ) คือ มุมของแขนกระทำกับพื้นในแนวราบ และ angle of attack ( $\beta$ ) คือ ความแตกต่างระหว่างมุมของ attitude angle ( $\alpha$ ) กับ release angle ( $\theta$ ) หรือ มุมของทิศทางความเร็วกระทำกับแขน ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของ release angle ( $\theta$ ) attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) และค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระยะทางที่พุ่งได้ การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของมุมของแขนขณะปล่อย ประกอบด้วย release angle ( $\theta$ ) attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) และค่าความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้

| ผู้เข้าร่วมวิจัย<br>(n = 12 คน)      | มุมของแขนขณะปล่อย (องศา)                                                |                             |                             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                      | Release angle ( $\theta$ )                                              | Attitude angle ( $\alpha$ ) | Angle of attack ( $\beta$ ) |
| ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 37.59 $\pm$ 2.24                                                        | 39.67 $\pm$ 4.25            | 2.08 $\pm$ 4.96             |
| ค่าสูงสุด                            | 39.62                                                                   | 47                          | 11.43                       |
| ค่าต่ำสุด                            | 32.58                                                                   | 31                          | -7.90                       |
| ค่าความสัมพันธ์                      | r = -0.273, p = 0.217    r = 0.643*, p = 0.024    r = 0.705*, p = 0.010 |                             |                             |

\* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.05

ความเร็วของแขนขณะปล่อย (Release velocity) ในการวิเคราะห์ของการศึกษานี้ประกอบด้วย ความเร็วของแขนในแนวราบ (Horizontal velocity) ความเร็วในแนวตั้ง (Vertical velocity) และความเร็วของแขน (Resultant velocity) ซึ่งได้จากการคำนวณของความเร็วของแขนในแนวราบ (Horizontal velocity) และ ความเร็วในแนวตั้ง (Vertical velocity) ในสูตร  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  ในตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของความเร็วของแขนในแนวราบ (Horizontal velocity) ความเร็วของแขนในแนวตั้ง (Vertical velocity) ความเร็วของแขน (Resultant velocity) และค่าความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้ การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเร็วของแขนในแนวราบ (Horizontal velocity) ความเร็วของแขนในแนวตั้ง (Vertical velocity) และความเร็วของแขน (Resultant velocity) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้

**ตารางที่ 4** แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดของความเร็วของແລນในแนวนราบ (Horizontal velocity) ความเร็วของແລນในแนวดิ่ง (Vertical velocity) ความเร็วของແລນ(Resultant velocity) และค่าความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้

| ผู้เข้าร่วมวิจัย<br>(n = 12 คน)      | ความเร็วของແລນขณะปล่อย (เมตร/วินาที)                                    |                                |                                        |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
|                                      | แนวนราบ<br>(Horizontal velocity)                                        | แนวดิ่ง<br>(Vertical velocity) | ความเร็วของແລນ<br>(Resultant velocity) |
| ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 18.59 $\pm$ 2.44                                                        | 14.45 $\pm$ 1.92               | 23.53 $\pm$ 2.92                       |
| ค่าสูงสุด                            | 22.23                                                                   | 17.53                          | 27.75                                  |
| ค่าต่ำสุด                            | 15.18                                                                   | 12.39                          | 19.70                                  |
| ค่าความสัมพันธ์                      | r = 0.685*, p = 0.014    r = 0.591*, p = 0.043    r = 0.694*, p = 0.012 |                                |                                        |

\* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.05

## บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรความสูง มุม และความเร็วของແລນขณะปล่อย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่พุ่งได้ กับความสูง มุม และความเร็วของແລนขณะปล่อยในกีฬาพุ่งແລนของนักกีฬาพุ่งແລนชายไทย การศึกษานี้ตั้งสมมติฐานไว้ว่าความสูง ความเร็ว และมุมของແລนขณะปล่อยมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้ ในการศึกษาในครั้งนี้พบว่า นักกีฬาพุ่งແລนชายไทยมีค่าเฉลี่ยของระยะทางที่พุ่งได้  $55.7 \pm 10.19$  เมตร และอยู่ในช่วงระหว่าง 31.93 - 69.68 เมตร

ความสูงของແລนขณะปล่อยมีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของແລนในอากาศ ซึ่งเมื่อความสูงของແລนขณะปล่อยมากขึ้นจะส่งผลให้เวลาในการเคลื่อนที่ของແລนในอากาศนานขึ้นทำให้ระยะทางที่พุ่งได้ไกลมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความสูงของແລนขณะปล่อยนั้นเกี่ยวข้องกับ ความสูงของร่างกายและท่าทางการพุ่งແລนขณะปล่อยของแต่ละคนด้วย<sup>11-13</sup> ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของความสูงของແລนขณะปล่อย ( $173.80 \pm 13.02$  เซนติเมตร) ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงของร่างกาย ( $174.33 \pm 5.13$  เซนติเมตร) ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่า ความสูงของແລนขณะปล่อยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ระยะทางที่ไกล ควรมีความสูงของແລนขณะปล่อยเป็น 105 % ของความสูงของร่างกาย<sup>3</sup> การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของແລนขณะปล่อยและระยะทางที่พุ่งได้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในนักพุ่งແລนชั้นเลิศระดับนานาชาติ<sup>7, 10, 14</sup> เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงของແລนขณะปล่อยของนักพุ่งແລนชั้นเลิศในการแข่งขันระดับนานาชาติพบว่าอยู่ในช่วง 1.80 - 2.14 เมตร มีระยะทางที่พุ่งได้อยู่ในช่วง 78-90 เมตร<sup>5, 8, 9</sup>

มุมของແລนขณะปล่อยที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของແລนในอากาศไปให้ระยะทางที่ไกล ในการศึกษาครั้งนี้มุมของແລนขณะปล่อยประกอบด้วย release angle ( $\theta = 37.59 \pm 2.24$  องศา) attitude angle ( $\alpha = 39.67 \pm 4.25$  องศา) และ angle of attack ( $\beta = 2.08 \pm 4.96$  องศา) ซึ่งการศึกษาก่อนหน้าพบว่า มุมของແລนของແລนขณะปล่อยที่เหมาะสมของ Release angle ควรอยู่ในช่วง 33-36 องศา ซึ่งมีความเหมาะสมต่อลักษณะทางกายภาพของແລนในระหว่างเคลื่อนในอากาศเพื่อให้ได้ระยะทางที่ไกล<sup>5</sup> นักพุ่ง

แหลนชายไทยในการศึกษานี้พบว่าค่าเฉลี่ยของ Release angle ของแหลนขณะปล่อยมีค่าที่ใกล้เคียงกับช่วงของค่าที่เหมาะสมจากการศึกษาก่อนหน้านี้ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของแหลนขณะปล่อยกับระยะทางที่พุ่งได้ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะทางที่พุ่งได้<sup>7, 10</sup> เมื่อเปรียบเทียบในการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาของนักพุ่งแหลนชั้นเลิศในการแข่งขันระดับนานาชาติ ที่มีระยะทางที่พุ่งได้อยู่ในช่วง 78-90 เมตร พบว่า release angle ( $\theta$ ) อยู่ในช่วงระหว่าง 27 - 42 องศา<sup>5, 8-10</sup> attitude angle ( $\alpha$ ) อยู่ในช่วงระหว่าง 25 - 41 องศา<sup>5, 9, 10</sup> และ angle of attack ( $\beta$ ) อยู่ในช่วงระหว่าง -9 - 8.8 องศา ซึ่งผลค่าเฉลี่ยของ release angle ( $\theta$ ) attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) ของนักพุ่งแหลนชายไทยในการศึกษานี้พบว่ามุมของแหลนทั้ง 3 มุมได้ตกอยู่ในช่วงของการศึกษาก่อนหน้านี้

ความเร็วของแหลนขณะปล่อยในการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าความเร็วของแหลนขณะปล่อยเป็นปัจจัยสำคัญมากที่สุดในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ซึ่งส่งผลต่อระยะทางที่พุ่งได้<sup>2, 6-9</sup> ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งความเร็วของแหลนขณะปล่อยออกเป็น ความเร็วของแหลนในแนวราบ (Horizontal velocity) ความเร็วในแนวดิ่ง (Vertical velocity) และความเร็วของแหลน (Resultant velocity) ซึ่งพบว่าค่าความเร็วในแนวราบ ( $18.59 \pm 2.44$  เมตร/วินาที) มากกว่าความเร็วในแนวดิ่ง ( $14.45 \pm 1.92$  เมตร/วินาที) ส่วนความเร็วของแหลน (Resultant velocity =  $23.53 \pm 2.92$  เมตร/วินาที) เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณค่าความเร็วในแนวราบและแนวดิ่ง เมื่อค่าความเร็วในแนวราบและแนวดิ่งเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้ความเร็วของแหลนมากขึ้นเช่นกัน การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของแหลนขณะปล่อยกับระยะทางที่พุ่งได้ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเร็วของแหลนในแนวราบ (Horizontal velocity) ความเร็วในแนวดิ่ง (Vertical velocity) และความเร็วของแหลน (Resultant velocity) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับระยะทางที่พุ่งได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาในนักกีฬาชั้นเลิศที่ทำการแข่งขันระดับนานาชาติ<sup>5-8, 10</sup> เมื่อเปรียบเทียบในการศึกษาก่อนหน้านี้ของนักพุ่งแหลนชั้นเลิศในการแข่งขันระดับนานาชาติ พบว่าความเร็วของแหลน (Resultant velocity) มีค่าอยู่ในช่วง 27.7-30.2 เมตร/วินาทีที่มีระยะทางที่พุ่งได้อยู่ในช่วงที่ 78-90 เมตร<sup>5, 8, 9</sup> ซึ่งมีค่าที่สูงมากกว่านักพุ่งแหลนไทยในการศึกษานี้

### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาในนักพุ่งแหลนชายไทยพบว่า ความสูงของแหลนขณะปล่อยไม่มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้ อย่างไรก็ตามความสูงของแหลนขณะปล่อยที่มากขึ้นมีความสำคัญในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของแหลนในอากาศเพื่อให้เคลื่อนที่ได้นานขึ้นส่งผลทำให้ระยะทางที่พุ่งได้ไกลมากขึ้น มุมของแหลนขณะปล่อย attitude angle ( $\alpha$ ) และ angle of attack ( $\beta$ ) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้ มุมของแหลนขณะปล่อยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเช่นกันเพื่อให้แหลนมีทิศทางการเคลื่อนที่ในอากาศได้อย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการพุ่งให้ได้ระยะทางที่ไกลขึ้น และความเร็วของแหลนขณะปล่อยมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่พุ่งได้ เมื่อมีการเพิ่มความเร็วของแหลนขณะปล่อยส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของแหลนในอากาศทำให้เคลื่อนที่ได้ในอากาศได้ระยะทางที่ไกลขึ้น



### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ประธานจัดการแข่งขันกรีฑาชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย และ นานาชาติ ครั้งที่ 60 ประจำปี 2557 เลขาธิการสมาคมกรีฑาแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนการเก็บงานวิจัย นักกีฬาพุ่งแหลนชายไทยทุกคนที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. Saratlija P, Zagorac N, Babic V. Influence of kinematic parameters on result efficiency in javelin throw. Collegium antropologicum. 2013;37 Suppl 2:31-36.
2. Morriss C, Bartlett R. Biomechanical Factors Critical for Performance in the Men's Javelin Throw. Sports Med. 1996;21(6):438-446.
3. Jorg B, Lutz K. The technique of the best female javelin throwers in 1997. IJSB. 1998;1:73-77.
4. Liu H, Leigh S, Yu B. Sequences of upper and lower extremity motions in javelin throwing. JSS. 2010;28(13):1459-1467.
5. Mero A, Komi PV, Korjus T, Navarro E, Gregor RJ. Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. JAB. 1994;10:166-.
6. Viitasalo J, Mononen H, Norvapalo K. Release parameters at the foul line and the official result in javelin throwing. ISBS. 2003;2(1):15-34.
7. Murakami M, Tanabe S, Ishikawa M, Isolehto J, Komi PV, Ito A. Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. NSA. 2006;21(2):67.
8. Morriss C, Bartlett R, Fowler N. Biomechanical analysis of the men's Javelin throw at the 1995 World Championship in Athletics. NSA. 1997;12(23):31-41.
9. Campos J, Brizuela G, Ramon V. Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. NSA. 2004;19(2):47-57.
10. Vassilios P, Iraklis KA. Kinematics of the delivery phase and release parameters of top female javelin throwers. KinSi. 2013;19(1):32-43.
11. Bartlett R. Introduction to sports biomechanics: Analysing human movement patterns: Routledge; 2007.
12. Knudson D. Fundamentals of biomechanics: Springer Science & Business Media; 2007.
13. McGinnis P. Biomechanics of sport and exercise: Human Kinetics; 2013.
14. Rich RG, Gregor RJ, Whiting WC, McCoy RW, editors. Kinematic analysis of elite javelin throwers. ISBS-Conference Proceedings Archive; 2008.