

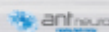


YOUR TRUSTED  
*Lifetime Partner*



## Life Care Solution :

- Rehabilitation
- Neurological Technology & Innovation
- Physical Therapy
- Cardiac Science AED



นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ชีวกลศาสตร์ทางการกีฬา (Sports Biomechanics)

### การเปรียบเทียบคิเนแมติกส์ของข้อเข่าขณะเทคตัวขึ้นฟาดตะกร้อที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ

วีระชัย มะโนมัย และ วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์\*

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม

#### บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาความแตกต่างคิเนมาติกส์ของข้อเข่าในขณะเทคตัว 3 ทักษะ นักกีฬาเซปักตะกร้อชายระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 12 คน (อายุเฉลี่ย  $19.9 \pm 3.0$  ปี น้ำหนักเฉลี่ย  $60.7 \pm 6.7$  กก. และ ส่วนสูงเฉลี่ย  $1.69 \pm 0.1$  ม.) อาสาสมัครเข้าร่วมในการศึกษานี้ กล้องจำนวน 10 ตัว ที่ความถี่ 200 เฮิรตซ์ การฟาดตะกร้อ 3 รูปแบบจะถูกสุ่มเพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่ การกระโดดฟาดเต็มรอบ (RS) การกระโดดฟาดครึ่งรอบ (HRS) และการกระโดดฟาดชันแบ็ค (SS) ใช้การทำสำเร็จ 5 ครั้งของแต่ละท่าเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล สถิติ One-way repeated measurement ANOVA แสดงให้เห็นว่า knee joint rotation ในช่วง initial contact มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) Post-hoc analysis พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ RS vs HRS and RS vs SS โดยที่ RS มี internal rotation มากที่สุด ( $4.06 \pm 11.16$ ,  $0.57 \pm 6.03$  และ  $-0.05 \pm 7.21$  องศา ใน RS, HRS and SS ตามลำดับ) และสถิติ Friedman test แสดงให้เห็นว่า พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ในช่วง initial contact ถึง peak vertical ground reaction force มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยที่ HRS มีพิสัยการเคลื่อนไหวมากที่สุด ( $22.82 \pm 8.07$ ,  $30.84 \pm 9.07$  และ  $27.06 \pm 7.12$  องศา ใน RS, HRS and SS ตามลำดับ) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วเชิงมุมของข้อเข่า สรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ การเทคตัวขึ้นฟาดตะกร้อของท่า RS มีการเกิด knee joint internal rotation ในช่วง initial contact มากกว่า HRS และ SS ท่า HRS มีการเกิดพิสัยการเคลื่อนไหวมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ RS และ SS

(Journal of Sports Science and Technology 2016; 16(2) : 9-21 )

**คำสำคัญ:** เซปักตะกร้อ, การเทคตัว, คิเนแมติกส์, ข้อเข่า, กำลัง

\*ผู้นิพนธ์หลัก: วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา

มหาวิทยาลัยมหิดล พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170

E-mail: weerawat.lim@mahidol.edu

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ชีวกลศาสตร์ทางการกีฬา (Sports Biomechanics)

## KNEE JOINT BIOMECHANICS DURING DIFFERENT SEPAKTAKRAW SPIKE TAKE-OFF

Weerachai MANOMAI and Weerawat LIMROONGREUNGRAT\*

*College of Sports Science and Technology, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170*

---

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate knee joint kinematics during three different sepaktakraw spikes takeoffs. Twelve male collegiate sepaktakraw athletes (mean age =  $19.92 \pm 3.03$  years, mean weight =  $60.67 \pm 6.75$  kg and mean height =  $1.69 \pm 0.07$  m) volunteered in this study. Ten optoelectronic cameras synchronized with a force platform were used to collect the data. Three different types of sepaktakraw spike including roll-spike (RS), half-roll spike (HRS) and sunback spike (SS) were randomly performed. Five successful trials were averaged. One-way repeated measurement ANOVA showed significant difference of knee joint rotation at initial contact among three spikes ( $p < 0.05$ ). The Friedman test showed significant difference of knee joint flexion range of motion at initial contact to peak vertical ground reaction force phase among three sepaktakraw spike takeoffs ( $p < 0.05$ ). HRS takeoff demonstrated the greatest knee joint flexion range of motion ( $22.82 \pm 8.07$ ,  $30.84 \pm 9.07$  and  $27.06 \pm 7.12$  deg in RS, HRS and SS, respectively). The knee joint angle velocity was no significant differences among three sepaktakraw spike takeoffs. In conclusion, RS generated the greatest knee joint internal rotation at initial contact as compared to HRS and SS takeoffs. HRS was generated greatest knee joint range of motion as compared to RS and SS takeoffs.

(Journal of Sports Science and Technology 2016; 16(2) : 9-21 )

**KEY WORDS:** Sepaktakraw, Take-off, Kinematics, Knee joint, Power

\*Corresponding author: Weerawat LIMROONGREUNGRAT

College of Sports Science and Technology,

Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170

E-mail: weerawat.lim@mahidol.edu

## บทนำ

เซปักตะกร้อเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย และได้มีการแพร่หลายออกไปในภูมิภาคอื่นๆ เช่น อเมริกาและยุโรป ตามกติกาของสหพันธ์เซปักตะกร้อนานาชาติ (ISTAF) กำหนดให้มีผู้เล่นในการแข่งขันในแต่ละแมตช์ ประกอบด้วยผู้เล่น 3 คนในสนาม และตัวสำรอง 2 คน<sup>1</sup> ซึ่งนักกีฬาแต่ละตำแหน่งมีหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องอาศัยทักษะและเทคนิคเฉพาะบุคคล ในการทำคะแนนในกีฬาเซปักตะกร้อ นักกีฬาที่เป็นผู้ทำคะแนน ต้องมีทักษะในการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าที่ดี เพื่อที่จะมีโอกาสทำคะแนนให้กับทีม สำหรับ การกระโดดพาดด้วยหลังเท้าในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่พบทั่วไปมี 3 รูปแบบ ได้แก่ การกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบเต็มรอบ (Roll spike) คือการกระโดดตีลังกาหลังพร้อมกับการเตะลูกตะกร้อกลางอากาศโดยทำการวาดขาเตะลูกในระนาบหน้าหลัง การกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบครึ่งรอบ (Half roll spike) มีลักษณะการเคลื่อนไหวคล้ายกับการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบเต็มรอบแต่จะมีการวาดขาเตะลูกตะกร้อในระนาบขวางโดยมีการตีลังกาเพียงครึ่งรอบ และการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบชันแบ็ค (Sunback spike) คือการกระโดดเตะลูกตะกร้อเหนือศีรษะกลางอากาศไปทางด้านหลังของร่างกายโดยจะไม่มีมีการตีลังกา มีการวาดขาเตะลูกในระนาบหน้าหลัง ซึ่งการกระโดดพาดตะกร้อในแต่ละแบบจะมีการเคลื่อนไหวร่างกายที่ต่างกัน มีการใช้ทักษะคล้ายกับการกระโดดตีลังกาพร้อมกับการเตะลูกตะกร้อกลางอากาศ

การศึกษาวิจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผ่านมา จะศึกษาเกี่ยวข้องกับการเสริมเป็นส่วนใหญ่<sup>2</sup> ในขณะที่การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพาดนั้นยังมีจำนวนน้อย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีเพียงการศึกษาของพิชิตพลและคณะ<sup>3</sup> ที่ศึกษาแรงปฏิกิริยาในแนวตั้ง (vertical ground reaction force) และอัตราการเกิดแรง (loading rate) ขณะลงสู่พื้นในการกระโดดพาดตะกร้อ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบเต็มรอบ (Roll spike) มีค่าแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดและอัตราการเกิดแรงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบครึ่งรอบและแบบชันแบ็ค อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาทางด้านคินเนมาติกส์ในขณะเตะตัวของการกระโดดพาดด้วยหลังเท้ายังไม่มีผู้ศึกษาวิจัยมาก่อน ซึ่งการเตะตัวขึ้นที่ดีจะมีผลส่งไปยังการพาดตะกร้อที่ดี ในการกระโดดเตะตัวขึ้นเพื่อพาดลูกตะกร้อ นักกีฬาจะเตะตัวขึ้นด้วยขาเพียงข้างเดียว ซึ่งค่าของมุม ในการกระโดดรับาวด์มีค่ามากกว่าการกระโดดสองขา โดยเฉพาะที่ข้อเข่า ในขณะที่ Ford และคณะ (2009) ได้ศึกษาปัจจัยสำคัญทางชีวกลศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายความสามารถของการกระโดด พบว่าข้อเข่าและข้อสะโพกเป็นตัวแปรสำคัญ ที่สามารถทำนายความสูงในการกระโดดในแนวตั้งได้ โดยเฉพาะค่าโมเมนต์ จะเห็นได้ว่า ข้อเข่าเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งในการศึกษาการกระโดดเตะตัวขึ้น ดังนั้น วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาความแตกต่างของมุมข้อเข่าขณะเตะตัวขึ้นพาดตะกร้อในเทคนิคที่แตกต่างกัน 3 ท่า ได้แก่ การกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบเต็มรอบ (Roll spike) การกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบครึ่งรอบ (Half roll spike) และการกระโดดพาดด้วยหลังเท้าแบบชันแบ็ค (Sunback spike)

## วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยนี้เป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อในระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-26 ปี จำนวน 12 คน คน (อายุเฉลี่ย  $19.9 \pm 3.0$  ปี น้ำหนักเฉลี่ย  $60.7 \pm 6.7$  กก. และ ส่วนสูงเฉลี่ย  $1.69 \pm 0.1$  ม.) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกคือ เป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อตัวทำคะแนนที่สามารถกระโดดพาดหลังเท้าได้มีประสบการณ์ในการเข้าร่วมแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย สำหรับเกณฑ์ในการคัดออกในการวิจัยนี้ คือ นักกีฬาที่มีอาการบาดเจ็บของร่างกายหรือมีอาการบาดเจ็บที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการกระโดดพาดตะกร้อหรือมีประวัติการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าของข้อเข่าภายใน 6

เดือน ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัย นักกีฬาทุกคนได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยและเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยซึ่งผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนมหาวิทยาลัยมหิดล

ก่อนเริ่มทำการเก็บข้อมูล นักกีฬาทำการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10-15 นาที และทดลองกระโดดพาดตะกร้อทั้ง 3 รูปแบบ โดยให้เท้าที่เทคตัวขึ้นเหยียบลงบนแผ่นวัดแรง (Kitsler Inc., USA) ขนาด 40 x 60 ซม. หลังจากนั้นจะทำการติดมาร์คเกอร์สะท้อนแสงจำนวน 44 ตัว ตามโมเดลของ Liverpool John Moores University (LJMU) Lower Lim and Trunk model<sup>4</sup> เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ จะประกอบด้วยกล้องจำนวน 10 ตัว (BTS SMART DX 5000, BTS Bioengineering, Italy) และแผ่นวัดแรง จำนวน 1 แผ่น จะใช้บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหว โดยข้อมูลทางคินเมติกส์จะบันทึกด้วยความถี่ 200 เฮิรตซ์ และข้อมูลทางคินเนติกส์จะบันทึกด้วยความถี่ 1,600 เฮิรตซ์ หลังจากทำการทำการ calibrate เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ ทำการบันทึกข้อมูลในขณะที่ผู้เข้าร่วมวิจัย ยืนอยู่นิ่งๆ บริเวณตรงกลางพื้นที่ในการเก็บข้อมูลที่ได้ทำการ calibrate เป็นเวลา 2 วินาที ในการคำนวณแกนของข้อต่อ ในการศึกษาจะคำนวณจาก functional joint axis โดยให้นักกีฬาทำการเคลื่อนไหวท่า hip flexion/extension, abduction/adduction and internal/external rotation ท่าละ 5 รอบ (1 รอบ/วินาที) และทำการเคลื่อนไหวท่า knee flexion/extension (พิสัยการเคลื่อนไหวประมาณ 90 องศา) ทั้งหมด 5 รอบ (1 รอบ/วินาที) ในการเก็บข้อมูลขณะกระโดดพาด จะทำการถอดเครื่องหมายสะท้อนแสง จำนวน 8 ตัวออก ได้แก่ Greater Trochanter ที่ Knee Medial Epicondyle ที่ Knee Lateral Epicondyle และที่ Medial Malleolus ของทั้งสองข้าง

สำหรับกระบวนการในการทดสอบ นักกีฬาทำการกระโดดพาดตะกร้อทั้งหมด 3 ท่า โดยลำดับของท่าที่จะทำการทำ จะทำการสุ่มให้นักกีฬา นักกีฬาเป็นผู้กำหนดความสูงของลูกตะกร้อตามความสามารถสูงสุดในแต่ละท่า โดยลูกตะกร้อจะแขวนไว้กับเสาที่มีเชือกในการปรับระดับความสูง ถ้านักกีฬากระโดดพาดโดยเท้าที่เทคตัวขึ้นเหยียบไม่ลงบนแผ่นวัดแรงเต็มฝ่าเท้าและไม่สามารถเตะถูกลูกตะกร้อ จะถือว่าการเก็บข้อมูลในครั้งนั้นไม่สมบูรณ์และต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่ การบันทึกข้อมูลทีสมบูรณ์ของแต่ละท่ากระโดดพาด จำนวน 5 ครั้ง จะถูกนำมาวิเคราะห์และหาค่าเฉลี่ยต่อไป ในการกระโดดแต่ละครั้ง นักกีฬาจะได้พักระหว่างครั้งเป็นเวลา 1 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลจะให้นักกีฬาลายอบอุ่นร่างกายตามที่นักกีฬาปฏิบัติเป็นปกติ

### การจัดการข้อมูลและการวิเคราะห์

ข้อมูลดิบจะถูกกรองสัญญาณด้วย การกรองสัญญาณแบบ Butterworth low-pass โดยมี cutoff frequency 20 เฮิรตซ์<sup>5</sup> ในการศึกษา ผู้วิจัยสนใจศึกษาเฉพาะตัวแปรคินเนติกส์ข้อเข้าใน 3 เหตุการณ์ ได้แก่ ขณะเท้ากระทบพื้น (initial contact; IC) กำหนดโดยการเลือกขณะที่เริ่มแรงปฏิกิริยาจากพื้น ขณะที่แรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงสุด (peak vertical ground reaction force; PVGRF) กำหนดโดยการเลือกขณะที่แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุด และขณะเท้าลอยจากพื้น (toe-off; TO) กำหนดโดยการเลือกขณะที่แรงปฏิกิริยาจากพื้นเริ่มหายไป ซึ่งตัวแปรที่วิเคราะห์จะได้อาจจากการคำนวณด้วยโปรแกรม visual 3d (C-motion Inc., USA)

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

โปรแกรมสถิติ SPSS version 17 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรต่างๆ สถิติ Shapiro-Wilks ถูกใช้ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ใช้สถิติ one-way

ANOVA repeated measurement ทดสอบข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบปกติ สถิติ Tukey post-hoc analysis จะใช้เปรียบเทียบข้อมูลคู่ที่ต่างกัน ถ้าหากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ใช้สถิติ Friedman test ในการทดสอบ โดยระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

### ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงของลูกเตะก๊อในแต่ละท่า ซึ่งพบว่า ท่า RS มีความสูงมากกว่าท่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมและความเร็วเชิงมุมข้อเข้าในขณะเตะตัวขึ้นฟาดเตะก๊อ ซึ่งพบว่าในขณะ IC ท่า RS มีการหมุนข้อเข้าเข้าด้านในมากกว่าที่อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.035$ ) พิสัยของข้อเข้าของแต่ละช่วงได้แสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 3, 4 และ 5 แสดงมุมข้อเข้าในการเตะตัวขึ้นฟาดเตะก๊อทั้ง 3 แขน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ท่าหมุนของข้อเข้าของการกระโดดฟาดเตะก๊อทั้ง 3 ท่ามีรูปแบบที่คล้ายกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงของลูกเตะก๊อของการกระโดดฟาดเตะก๊อ

| Parameter                 | RS        | HRS       | SS         | F     | p               |
|---------------------------|-----------|-----------|------------|-------|-----------------|
| Ball height / Body height | 1.28±0.08 | 1.20±0.0* | 1.16±0.04* | 9.933 | ( $p < 0.001$ ) |

คำย่อ: RS (Roll spike), HRS (Half-roll spike), SS (Sunback spike)

\* มีความแตกต่างกับ roll spike อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

† มีความแตกต่างกับ half-roll spike อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมข้อเข่าและความเร็วในการเทคตัวขึ้นฟาดตะกร้อ

| Parameter                        | RS             | HRS           | SS            | p     |
|----------------------------------|----------------|---------------|---------------|-------|
| <b>IC</b>                        |                |               |               |       |
| Knee angle (°)                   | -26.91±17.57   | -20.62±9.26   | -21.02±8.02   | 0.135 |
| Flex/extension (°)               |                |               |               |       |
| Ab/adduction(°)                  | 6.98±8.15      | 5.88±6.99     | 6.82±5.63     | 0.918 |
| Ext/internal rotation            | 4.06±11.16     | 0.57±6.03*    | -0.05±7.21*   | 0.035 |
| Knee F/E angular velocity (°/s)  | -191.22± 97.81 | -233±45.75    | -211 ± 85.44  | 0.494 |
| <b>Peak VGRF</b>                 |                |               |               |       |
| Knee angle (°)                   | -49.24±9.49    | -51.48±8.29   | -48.08±8.65   | 0.645 |
| Flex/extension (°)               |                |               |               |       |
| Ab/adduction(°)                  | -3.34±12.65    | -3.44±12.77   | 1.97±8.55     | 0.455 |
| Ext/internal rotation (°)        | 18.88±7.22     | 18.28±6.72    | 15.61±7.82    | 0.527 |
| Knee F/E angular velocity (°/s)  | 136.66±66.62   | 145.25 ± 52.7 | 124.16±58.76  | 0.702 |
| <b>Toe-off</b>                   |                |               |               |       |
| Flex/extension(°)                | -0.97±3.95     | -1.09±4.34    | -2.24±4.22    | 0.307 |
| Ab/adduction(°)                  | -1.68±4.49     | -1.71±4.66    | -2.24±4.22    | 0.945 |
| Ext/internal rotation (°)        | 1.38±9.49      | -2.00±7.51    | -2.36±8.21    | 0.511 |
| Knee F/E angular velocity (°/s)  | -30.58±104.46  | 14.24±177.95  | 26.84±172.1   | 0.644 |
| Peak knee angular velocity (°/s) | 568.89±128.63  | 570.99±114.14 | 549.95±109.07 | 0.897 |

\* มีความแตกต่างกับ roll spike อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

คำย่อ: RS (Roll spike), HRS (Half-roll spike), SS (Sunback spike), IC (Initial contact), VGRF (Vertical ground reaction force), TO (Toe-off), Flexion (-) /extension (+); Abduction (-)/adduction (+); External (-)/internal rotation (+)

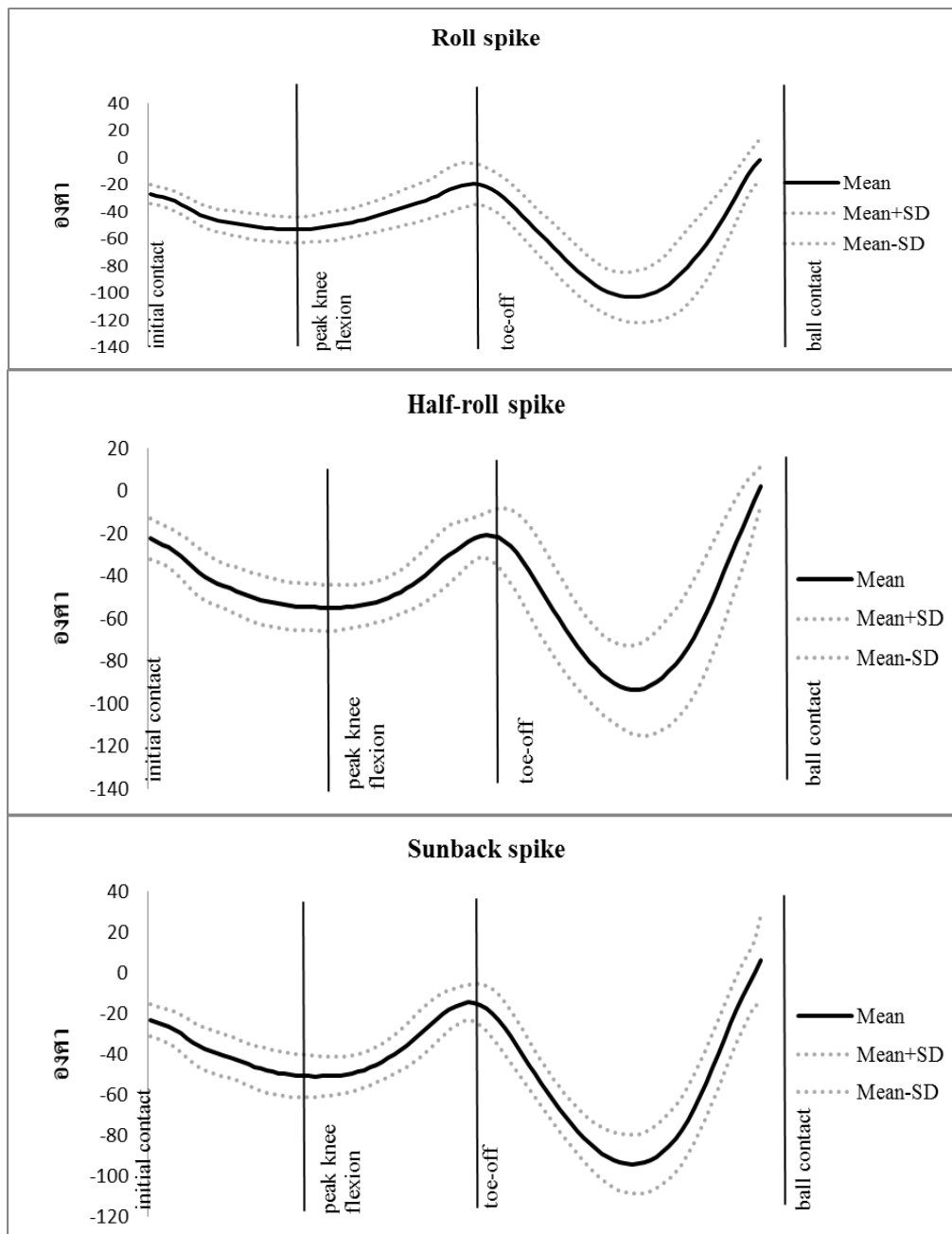
**ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในการเทคตัวขึ้นฟาดตะกร้อ**

| Knee joint ROM (°)    | RS         | HRS         | SS          | F (chi-sq) | p     |
|-----------------------|------------|-------------|-------------|------------|-------|
| <b>IC-PVGRF</b>       |            |             |             |            |       |
| Flexion               | 22.82±8.07 | 30.84±9.07* | 27.06±7.12† | (6.727)    | 0.035 |
| Abduction             | 10.32±7.48 | 9.15±8.52   | 4.86±7.20   | 1.549      | 0.228 |
| Internal rotation     | 15.12±5.31 | 17.94±9.49  | 15.66±6.69  | 0.486      | 0.619 |
| <b>PVGRF-TO</b>       |            |             |             |            |       |
| Extension             | 37.71±6.75 | 40.09±9.89  | 39.73±9.23  | 0.257      | 0.775 |
| Adduction+/abduction- | 1.65±10.44 | 1.57±10.81  | -4.20±8.89  | 1.246      | 0.301 |
| External rotation     | 18.67±6.38 | 20.88±4.66  | 17.88±5.15  | (5.091)    | 0.078 |
| <b>IC-TO</b>          |            |             |             |            |       |
| Extension             | 15.38±7.15 | 10.26±9.41  | 12.67±8.36  | 1.131      | 0.335 |
| Abduction             | 8.65±6.37  | 7.58±5.47   | 9.07±4.65   | 0.221      | 0.803 |
| External rotation     | 2.37±5.62  | 1.91±10.24  | 2.23±4.83   | 0.012      | 0.988 |

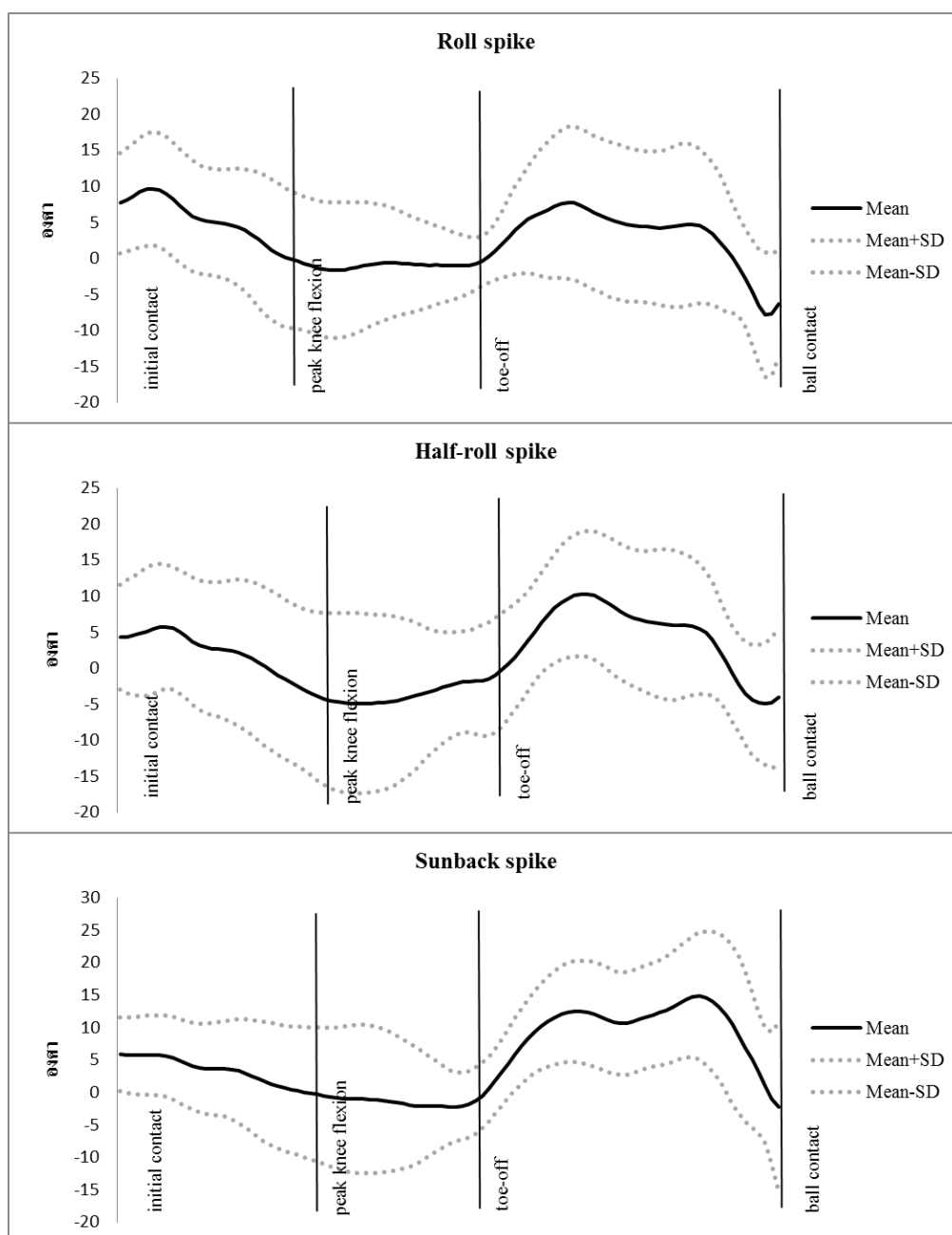
คำย่อ: RS (Roll spike), HRS (Half-roll spike), SS (Sunback spike)

\* มีความแตกต่างกับ roll spike อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

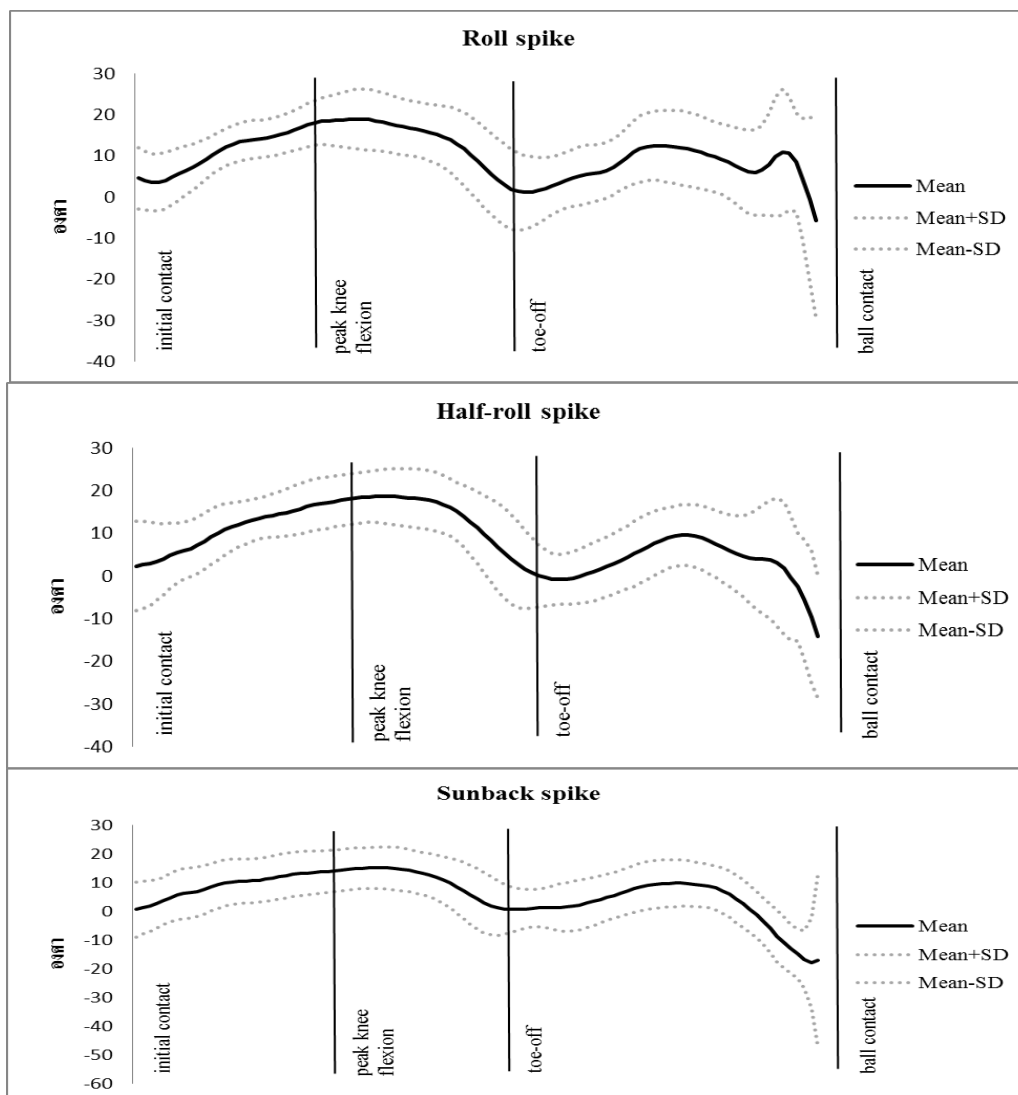
† มีความแตกต่างกับ half-roll spike อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$



รูปที่ 1 มุม flexion-extension ข้อเข่าในการเทคตัวขึ้นฟาดตะกร้อทั้ง 3 รูปแบบ Flexion (-) /extension (+);



รูปที่ 2 มุม abd/adduction ข้อเข่าในการเตะตัวขึ้นฟาดตะกร้อทั้ง 3 รูปแบบ Abduction (-)/adduction(+)



รูปที่ 3 มุม rotation ข้อเข่าในการเตะตัวขึ้นฟาดตะกร้อทั้ง 3 รูปแบบ External (-)/internal rotation (+)

## บทวิจารณ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรคิเนเมติกส์ของข้อเข่าในขณะเตะตัวขึ้นฟาดในกีฬาตะกร้อของกลุ่มนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย การศึกษานี้จัดว่าเป็นการศึกษาแรกที่ได้ศึกษาการกระโดดฟาดในกีฬาเซปักตะกร้อในขณะเตะตัว ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกศึกษาเฉพาะข้อเข่าเนื่องจากเป็นข้อต่อที่มีความสำคัญข้อต่อหนึ่งในการกระโดดเตะตัวในทักษะกีฬาต่างๆ<sup>6</sup> โดยงานวิจัยนี้ เลือกศึกษาตั้งแต่ขณะที่เท้ากระทบพื้น (initial contact) จากการวิ่งเข้ามาจนกระทั่งเท้าพ้นจากพื้น (toe-off) ซึ่งจังหวะที่เปลี่ยนจากการย่อของข้อเข่า (eccentric) เป็นเหยียดเข่า (concentric) หรือจุดที่เข่ามีการงอมากที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับจุดที่แรงปฏิกิริยาจากพื้นมีค่าสูงสุด ดังนั้น การวิจัยนี้จึงวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมุม ณ ตำแหน่งนี้ด้วย

จากผลการวิจัยที่พบว่าทักษะกระโดดฟาดแบบเต็มรอบนั้นนักกีฬาสามารถกระโดดฟาดลูกตะกร้อได้สูงกว่าทักษะอื่นๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการเตะลูกตะกร้อในขณะตีลังกาเต็มรอบนั้น ตำแหน่งของเท้าในขณะที่จะเตะลูกตะกร้อจะอยู่สูงกว่าท่าอื่นๆ ทำให้นักกีฬาเตะลูกตะกร้อได้ในตำแหน่งที่สูงกว่าท่าอื่นๆ ดังนั้นท่ากระโดดฟาดแบบเต็มรอบมีโอกา

แต่มีมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การกระโดดพาดตะกร้อในตำแหน่งที่สูงที่สุดจะทำให้ลูกตะกร้ออยู่ห่างจากการบล็อกของฝ่ายตรงข้าม

ในขณะที่ทำการทบทวนพื้นของการเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อ ผลการวิจัยพบว่า ข้อเข้าของทั้ง 3 เทคนิคจะมีการ flexion และ adduction แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีการกระโดดพาดแบบเต็มรอบและกระโดดพาดแบบครึ่งรอบ มุมของข้อเข้าจะเป็น internal rotation ซึ่งแตกต่างจากการกระโดดพาดแบบชันแบ็ค ที่ข้อเข้าอยู่ใน external rotation ซึ่งความแตกต่างของการหมุนของข้อเข้านี้อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจาก ในจังหวะขณะที่ทำการทบทวนพื้นนั้น การกระโดดพาดแบบเต็มรอบและแบบครึ่งรอบ ซึ่งจะต้องมีการมีบิดและหมุนร่างกายเพื่อทำการตีลังกาเตะลูกตะกร้อกลางอากาศ ดังนั้น จึงได้มีการเตรียมตัวโดยการหมุนของข้อเข้า แต่ทำการกระโดดพาดแบบชันแบ็คไม่ได้มีการหมุนหรือบิดตัว จะเป็นเพียงการกระโดดขึ้นตรงๆเพื่อเตะลูกตะกร้อ ในขณะที่การเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อทั้ง 3 เทคนิคนี้ จะมีการงอของข้อเข้าประมาณ 50 องศา ซึ่งน้อยกว่าการทำ standing back somersault ที่งอเข้าถึงประมาณ 70-94 องศา<sup>7</sup> ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน frontal plane แต่พบว่าการเคลื่อนไหวของข้อเข้า ในขณะที่กระโดดพาดแบบเต็มรอบและแบบครึ่งรอบ จะมี abduction ส่วนการกระโดดพาดแบบชันแบ็ค จะมี adduction ของข้อเข้า ซึ่งข้อมูลนี้ยืนยันว่า ในทักษะการกระโดดพาดแบบเต็มรอบและแบบครึ่งรอบ มีการเตรียมพร้อมของร่างกาย เพื่อบิดตัวในการตีลังกาเตะลูกตะกร้อกลางอากาศ

ในส่วนของความเร็วเชิงมุมของข้อเข้าที่ไม่พบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ก็มีแนวโน้มว่าการเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อในท่ากระโดดพาดแบบเต็มรอบและแบบครึ่งรอบ มีความเร็วเชิงมุมสูงสุดของข้อเข้ามากกว่าท่าการกระโดดพาดแบบชันแบ็ค ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าทั้งสองท่าต้องการสร้างความเร็วเชิงมุมของข้อเข้าให้มากเพื่อจะทำการตีลังกาเตะลูกตะกร้อกลางอากาศ ซึ่งความเร็วเชิงมุมสูงสุด (ประมาณ 549-570 องศาต่อวินาที) ของการเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อที่เกิดขึ้นก่อนเท้าพ้นจากพื้นนี้มากกว่าการทำทักษะ Backward somersault ในกีฬายิมนาสติก ที่มีความเร็วเชิงมุมข้อเข้า 462.91 องศาต่อวินาที<sup>8</sup> ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อนั้นมีการวิ่งเพียง 1-2 ก้าว ต่างจาก การทำ Backward somersault ในกีฬายิมนาสติก ที่มีการวิ่งในระยะทางที่ไกลกว่าทำให้มีการถ่ายเทแรงได้มากกว่าจึงไม่ต้องอาศัยการสร้างความเร็วข้อเข้ามาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าความเร็วเชิงมุมของข้อเข้าในการกระโดดตบในกีฬาวอลเลย์บอลมีความเร็วมากถึง 604 องศาต่อวินาที<sup>9</sup> นั่นอาจเป็นเพราะว่า การเทคตัวขึ้นกระโดดตบวอลเลย์บอลมีการเทคตัวด้วยขาทั้ง 2 ข้าง ทำให้สามารถสร้างแรงและความเร็วของข้อเข้าได้มากกว่าการเทคตัวด้วยขาข้างเดียวอย่างการกระโดดพาดตะกร้อ ในส่วนของพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเข้าที่พบว่าท่า การกระโดดพาดแบบครึ่งรอบ มีการงอข้อเข้าย่ำตัวลงมากกว่าทั้งท่า กระโดดพาดแบบเต็มรอบ และ การกระโดดพาดแบบชันแบ็ค นั้น ทำให้ท่า การกระโดดพาดแบบครึ่งรอบ มีความเร็วเชิงมุมสูงสุดมากกว่าท่าอื่นเล็กน้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Heidi Barlow และคณะ<sup>10</sup> ทำการศึกษาการออกตัวในการว่ายน้ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การออกตัวในท่า rare weight ที่มีการงอเข้ามากที่สุด จะทำให้สร้างความเร็วในการเทคตัวออกได้มากที่สุด

การเทคตัวขึ้นพาดตะกร้อทั้ง 3 รูปแบบนั้นเป็นการเทคตัวขึ้นด้วยขาข้างเดียว การฝึกซ้อมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเทคตัวขึ้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อ hip and knee extensors ที่แนะนำโดย Ford และคณะ<sup>11</sup> และคณะที่ได้สรุปว่า hip and knee moment มีความสำคัญต่อความสูงของการกระโดด นอกจากนี้แล้วมีศึกษาของ Kariyama และคณะ<sup>12</sup> ยังพบว่าการกระโดดด้วยขาข้างเดียวนี้ใช้พลังมากกว่าการกระโดดด้วยขาสองข้าง และได้แนะนำว่าการฝึกความแข็งแรงและการฝึกพลังกล้ามเนื้อจะทำให้เพิ่มสมรรถภาพของการ

กระโดด ดังนั้นการที่จะฝึกการพาดตะกร้อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด นักกีฬาควรได้รับการฝึกเทคนิคการเตะตัวขึ้นพาดตะกร้อรวมถึงสิ่งที่สำคัญไม่น้อยกว่ากันคือ การฝึกความแข็งแรงและพลังของกลุ่มกล้ามเนื้อ hip and knee extensors ซึ่งมีความสำคัญต่อความสามารถของการกระโดด

การศึกษานี้มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ทั้งนี้เนื่องจาก การศึกษานี้ได้เก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ ลูกเตะกร้อยังถูกแขวนนิ่งๆ ซึ่งทำให้ทักษะการพาดอาจจะไม่เหมือนจริง แต่ทั้งนี้ เนื่องจากต้องการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนจากภายนอก จึงต้องทำในห้องปฏิบัติการ การศึกษาวิจัยในอนาคตควรศึกษาการพาดในสนามเตะกร้อจริง เพื่อให้ได้ทักษะที่เหมือนจริง นอกจากนี้แล้วควรจะศึกษาข้อต่ออื่นๆ ในร่างกายส่วนล่างและการศึกษาเรื่องของแรง

### สรุปผลการวิจัย

การกระโดดเตะตัวขึ้นพาดตะกร้อของท่า กระโดดพาดแบบเต็มรอบ มีการเกิด knee joint internal rotation ในช่วงเท้ากระทบพื้นมากกว่ากระโดดพาดแบบครึ่งรอบและการกระโดดพาดแบบชันแบ็ค แต่ท่ากระโดดพาดแบบครึ่งรอบมีการเกิดพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเข่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระโดดพาดของอีก 2 ทักษะในการพัฒนาทักษะการกระโดดพาดของนักกีฬาเซปักตะกร้อนั้น โปรแกรมการฝึกซ้อมควรมีทั้งการฝึกการเตะตัวขึ้นพาดตะกร้อและฝึกความสามารถในการกระโดด

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักกีฬาเซปักตะกร้อมหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ คุณพิชิตพล เกิดสมนึก และคุณดำรงศักดิ์ รวยสูงเนิน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

### เอกสารอ้างอิง

1. Federation IS. How to Play the Game. 2014; <http://www.sepaktakraw.org/about-istaf/how-to-play-the-game>. Accessed 30 Septembers, 2014.
2. Sujae IH, Koh M. Technique analysis of the kuda and sila serves in sepaktakraw. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports*. 2008;7(1):72-87.
3. Kedsomnuk P., Limroongreungrat W., Chaunchaiyakul R. Ground reaction force and loading rate during sepaktakraw spike landing. *Journal of Sports Science and Technology*. 2015;15.
4. Robinson MA, Vanrenterghem J. An evaluation of anatomical and functional knee axis definition in the context of side-cutting. *Journal of biomechanics*. 2012;45(11):1941-1946.
5. Robertson DG, Dowling JJ. Design and responses of Butterworth and critically damped digital filters. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2003;13(6):569-573.

6. Kulig K, Fietzer AL, Popovich JM, Jr. Ground reaction forces and knee mechanics in the weight acceptance phase of a dance leap take-off and landing. *Journal of sports sciences*. 2011;29(2):125-131.
7. Mkaouer B, Jemni M, Amara S, Chaabene H, Padulo J, Tabka Z. Effect of three technical arms swings on the elevation of the center of mass during a standing back somersault. *J Hum Kinet*. 2014;40:37-48.
8. Mathiyakom W, McNitt-Gray JL, Wilcox R. Lower extremity control and dynamics during backward angular impulse generation in backward translating tasks. *Exp Brain Res*. 2006;169(3):377-388.
9. Sorenson SC, Arya S, Souza RB, Pollard CD, Salem GJ, Kulig K. Knee extensor dynamics in the volleyball approach jump: the influence of patellar tendinopathy. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(9):568-576.
10. Barlow H, Halaki M, Stuelcken M, Greene A, Sinclair PJ. The effect of different kick start positions on OMEGA OSB1 1 blocks on free swimming time to 15 m in developmental level swimmers. *Hum Mov Sci*. 2014;34:178-186.
11. Ford KR, Myer GD, Brent JL, Hewett TE. Hip and knee extensor moments predict vertical jump height in adolescent girls. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 2009;23(4):1327-1331.
12. Kariyama Y, Mori K, Ogata M. The differences between double and single leg takeoff on joint kinetics during rebound-type jump. *Portuguese Journal of Sport Sciences*. 2011;11(29):279-282.