

## The Effect of an 8 weeks Plyometric Movement Activities on Response Time in University-Level Karate Students

Thanyawat Homsombat <sup>1</sup>, Natthakarn Buaraban <sup>2</sup>, Porntawee Naksri <sup>3</sup>, Chaiya manee <sup>4</sup>,  
and Kittipong Jantawat <sup>5\*</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Thailand National Sports University, Udonthani Campus.

\* Corresponding author. E-mail: cmu\_kku@hotmail.com

### ABSTRACT

This preliminary experimental study aimed to: 1) investigate the effects of a plyometric training program on the reaction time of university students, and 2) compare the effects of this plyometric training on reaction time across different training periods. The sample comprised 15 students from the Karate Club at Thailand National Sports University, Udon Thani Campus, selected via purposive sampling. The research instruments included an 8-week plyometric training program (conducted three days per week) and a reaction time test. The test demonstrated a content validity index (IOC) of 0.80 and a test-retest reliability coefficient of 0.957. Data were analyzed using descriptive statistics—including percentages, means, and standard deviations—and inferential statistics, specifically One-Way Repeated Measures ANOVA and the Friedman test, with the statistical significance level set at .05.

The results revealed a statistically significant difference in reaction times across the testing periods (1.51, 1.00, and 0.70 seconds, respectively;  $p < .05$ ). Post-hoc pairwise comparisons utilizing Tukey's method indicated statistically significant differences between pre-training and week 4 post-training, pre-training and week 8 post-training, as well as between week 4 and week 8 post-training.

Conclusion: In conclusion, the plyometric program not only significantly improves reaction time but also demonstrably enhances athletes' overall physical fitness and competitive performance. These findings provide a practical and effective guideline for coaches seeking to optimize athletic development.

**Keywords:** plyometric movement activities, response time, Karate athletes

# การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกในการฝึกทักษะกีฬาคาราเต้โด 8 สัปดาห์ ต่อเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัย

ัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ<sup>1</sup>, ญ์ฐานต์ บัระบัน<sup>2</sup>, พรทวิ นาคศรี<sup>3</sup>, ไชยา มะณี<sup>4</sup>, และ กิตติพงษ์ จันทวัฒน์<sup>5\*</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี

\* Corresponding author. E-mail: cmu\_kku@hotmail.com

## บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัย และ 2) เปรียบเทียบผลของกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัยกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชมรมคาราเต้ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี จำนวน 15 คน ที่คัดเลือกด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยคือ กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน และแบบทดสอบเวลาในการตอบสนองมีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.80) และมีค่าความเชื่อมั่นจากการทดสอบซ้ำเท่ากับ 0.957 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติเชิงอนุมานใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และการทดสอบ Friedman โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการตอบสนอง (1.51, 1.00 และ 0.70 วินาที ตามลำดับ ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีของ Tukey พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างช่วงก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ช่วงก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และช่วงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับสัปดาห์ที่ 8 ตามลำดับ

สรุป โปรแกรมพลัยโอเมตริกไม่เพียงช่วยเพิ่มความสามารถด้านเวลาในการตอบสนอง แต่ยังสามารถยกระดับสมรรถภาพและประสิทธิภาพในการแข่งขันของนักกีฬาได้อย่างเป็นรูปธรรม และเป็นแนวทางที่ผู้ฝึกสอนสามารถนำไปใช้พัฒนานักกีฬาได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผล

**คำสำคัญ:** เวลาในการตอบสนอง, กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก, คาราเต้โด

© 2026 JISSD: Journal of Integration Social Sciences and Development

## บทนำ

เวลาในการตอบสนอง (Response Time) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับรู้สิ่งเร้าจนกระทั่งสามารถตอบสนองด้วยการเคลื่อนไหวได้เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งครอบคลุมทั้งระยะเวลาในการเริ่มตอบสนอง (Reaction Time) และระยะเวลาในการเคลื่อนไหว (Movement Time) ความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Response time) ถือเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนถึงความสามารถในการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในกีฬาที่ต้องใช้การตัดสินใจและการเคลื่อนไหวอย่างฉับพลัน เช่น ศิลปะการต่อสู้ (Combat sports) รวมถึงคาราเต้ (Dilekçi, 2023; Goethel et al., 2023) การตอบสนองที่รวดเร็วไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มโอกาสในการโจมตีหรือป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังเป็นปัจจัยที่สามารถชี้ขาดผลการแข่งขันได้ ในเชิงสรีรวิทยา เวลาในการตอบสนองสัมพันธ์กับการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดเร็ว (Fast-twitch fibers) ซึ่งมีคุณสมบัติในการหดตัวอย่างรวดเร็วและสร้างกำลังระเบิดสูง (Yuan et al., 2025) การกระตุ้นการทำงานของเส้นใยชนิดนี้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถเกิดขึ้นได้จากการฝึกที่อาศัยวงจรการยืด-หดของกล้ามเนื้อ (Stretch-shortening cycle: SSC) ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของการฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric movement activities) (Arede et al., 2025) การฝึกดังกล่าวช่วยเพิ่มอัตราการผลิตแรง (Rate of force

development) และส่งเสริมการปรับตัวของระบบประสาทส่วนกลาง (neural adaptation) เช่น การเพิ่มความเร็วในการส่งสัญญาณประสาท (motor unit firing rate) และการสรรหาเส้นใยกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในเชิงชีวกลศาสตร์ (biomechanics) การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกยังช่วยพัฒนาองค์ประกอบด้านความคล่องตัว (Agility) การทรงตัว (Balance) และการประสานงานระหว่างส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Intermuscular coordination) ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่นักกีฬาคาราเต้ต้องใช้ในการตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวของคู่ต่อสู้ที่คาดเดาไม่ได้ (Goethel et al., 2023) ความสามารถเหล่านี้เมื่อถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้การเคลื่อนไหวมีความรวดเร็ว แม่นยำ และคงประสิทธิภาพได้แม้ในสภาวะที่มีแรงกดดันสูงจากการแข่งขันจริง หลักฐานเชิงประจักษ์จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ยืนยันถึงประสิทธิภาพของการฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในหลากหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นความสูงในการกระโดด (Jump performance) ความเร็วในการวิ่ง (Sprint speed) หรือการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Response time) โดยพบว่า การฝึกในช่วง 6-8 สัปดาห์สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Yuan et al., 2025; Arede et al., 2025) ดังนั้น การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกในการฝึกซ้อมกีฬาคาราเต้ไม่เพียงแต่เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวและการตอบสนองเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในการยกระดับมาตรฐานการฝึกในเชิงหลักสูตรการพลศึกษาและการฝึกสมรรถภาพนักกีฬาศิลปะการต่อสู้อีกด้วย

กีฬาคาราเต้ (Karate) เป็นศิลปะการต่อสู้ที่มีต้นกำเนิดจากเกาะโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น โดยได้รับอิทธิพลจากศิลปะการต่อสู้ของจีนและพัฒนาเป็นระบบการฝึกที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ (Funakoshi, 1973) โดยคำว่าคาราเต้แปลว่ามือเปล่าสื่อถึงการป้องกันตัวโดยไม่ใช้อาวุธ โดยต้องอาศัยความสามารถด้าน เวลาในการตอบสนองเป็นปัจจัยสำคัญ กล่าวคือ นักกีฬาต้องสามารถรับรู้สิ่งเร้าจากคู่ต่อสู้ ตัดสินใจเลือกทักษะที่เหมาะสม และตอบสนองได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวขึ้นอยู่กับการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ส่งผลโดยตรงต่อความได้เปรียบในการแข่งขันทั้งในด้านการโจมตี การป้องกัน และการควบคุมจังหวะเกม ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกในการฝึกซ้อมคาราเต้ และประเมินผลต่อเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัย โดยคาดว่าผลการศึกษาก็คงจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบโปรแกรมฝึกซ้อมที่เน้นประสิทธิภาพสูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนานักกีฬาในระดับสูงต่อไป

แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการฝึกแบบพลัยโอเมตริกต่อสมรรถภาพทางกายในหลายด้าน แต่ยังขาดการศึกษาที่มุ่งเน้นเวลาในการตอบสนอง (Response Time) ในกีฬาคาราเต้โดยเฉพาะ รวมทั้งยังมีข้อจำกัดด้านกลุ่มตัวอย่างและบริบทการศึกษา ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีความจำเป็นเพื่อเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวและพัฒนาองค์ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมได้อย่างเหมาะสม (Yuan et al., 2025) ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกเพื่อพัฒนาความเร็วในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัย โดยหวังว่าจะสามารถนำผลลัพธ์ไปปรับปรุงแนวทางการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับนักศึกษาคาราเต้ระดับมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายโดยรวมของนักศึกษา เพิ่มความมั่นใจในการเคลื่อนไหว และลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬา (Yuan et al., 2025)

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกในการฝึกทักษะกีฬาคาราเต้ต่อเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัย
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัยระหว่างก่อนหลังการประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกก่อนฝึก หลังฝึกในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8

## ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้นแบบกลุ่มเดียววัดก่อน-หลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจได้รับอิทธิพลจากตัวแปรแทรกซ้อน เช่น การเจริญเติบโตตามธรรมชาติของผู้เข้าร่วม (maturation effect) และเหตุการณ์ภายนอกระหว่างการทดลอง (history effect) ส่งผลต่อความเที่ยงตรงภายใน (internal validity) ของ

การวิจัย นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนเพียง 15 คน ซึ่งอาจส่งผลต่ออำนาจทางสถิติ (statistical power) และการสรุปอ้างอิงไปยังประชากร (generalizability) แม้ว่าจะได้มาจากการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งมีความเสี่ยงต่ออคติในการคัดเลือก (selection bias) อีกทั้ง การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมตัวแปรกวนบางประการอย่างเข้มงวด เช่น กิจกรรมทางกายนอกโปรแกรม อาหาร และการพักผ่อน ซึ่งอาจมีผลต่อผลลัพธ์ของการฝึก

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกและคัดออกของกลุ่มตัวอย่างอย่างชัดเจน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะใกล้เคียงกัน และลดความแปรปรวนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง รวมถึงได้ดำเนินการเก็บข้อมูลภายใต้สภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันทุกครั้ง

นอกจากนี้ งานวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ (เลขที่รับรอง EDU 029/2567) เพื่อคุ้มครองสิทธิและสวัสดิภาพของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

## 1. ประชากร กลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาชมรมคาราเต้โด มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี จำนวน 71 คน มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยกรณีทราบขนาดประชากร (อรุณ จิรวัดน์กุล, 2560) ดังนี้

$$\text{จากสูตร } n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{d^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

$$\text{จากสูตร } n = \frac{71 (1.96^2) 4.6^2}{2.54^2 (71-1) + (1.96^2) 4.6^2}$$

$$= 11.05 \text{ ประมาณ 11 คน}$$

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 11 คน เพื่อป้องกันการถอนตัว (Drop-out) ผู้วิจัยเพิ่มขนาดตัวอย่าง ร้อยละ 30 รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 คน

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น อ้างอิงจาก วราภรณ์ แก้วเมฆ (2562) และผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ค่าเฉลี่ยความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 มีระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ ฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน (วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์) วันละ 1 ชั่วโมงครึ่ง รวม 4 ชั่วโมงครึ่งต่อสัปดาห์ กิจกรรมประกอบด้วย การอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก 40 นาที รวม 16 ท่า พร้อมระยะเวลาพักในแต่ละท่าประมาณ 6-7 นาที และปิดท้ายด้วยการผ่อนคลายร่างกาย (Cool-down) 10 นาที โดยมีโครงสร้างการฝึกในแต่ละช่วงดังนี้

2.1.1 สัปดาห์ที่ 1-2 ฝึก 6 ท่า ได้แก่ Jump with two legs forward, High knees forward, High knees to the side, Lateral jump over และ Stride jump crossover แต่ละท่าทำ 3 เซต ๆ ละ 4 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที และพักระหว่างท่า 1 นาที รวมเวลาทั้งหมดประมาณ 60 นาที

2.1.2 สัปดาห์ที่ 3-4 ฝึก 6 ท่า ได้แก่ Jump with two legs forward, High knees forward, High knees to the side, Lateral jump over, Jump with one leg forward และ Jump on one leg to the side โดยเพิ่มความหนักเป็น 4 เซต ๆ ละ 4 ครั้ง พักระหว่างเซต 1 นาที และพักระหว่างท่า 1 นาที รวมเวลาทั้งหมดประมาณ 60 นาที

2.1.2 สัปดาห์ที่ 5-6 ฝึก 6 ท่าเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 3-4 แต่เพิ่มความหนักเป็น 4 เซต ๆ ละ 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 1.30 นาที และพักระหว่างท่า 1.30 นาที รวมเวลาทั้งหมดประมาณ 60 นาที

2.1.3 สัปดาห์ที่ 7-8 ฝึก 4 ท่า ได้แก่ Step up, Plyo box step up, Box jumps และ Lateral Box Jumps โดยเพิ่มความหนักเป็น 4 เซต ๆ ละ 12 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที และพักระหว่างท่า 3-4 นาที รวมเวลาทั้งหมดประมาณ 60 นาที

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบเวลาในการตอบสนอง โดยใช้เครื่อง The FitLight device (FitLight Sports Corp, Aurora, Ontario Canada (Zemkova et al., 2013) ทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่าง การทดสอบ 3 นาที บันทึกผลครั้งที่ดีที่สุด

2.2.2 นำแบบทดสอบเวลาในการตอบสนอง ไปทำการหาคุณภาพ ด้วยวิธีทดสอบแล้วทดสอบซ้ำ (Test and re-test method) โดยทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปทำการหาค่าสหสัมพันธ์ ได้เท่ากับ 0.957

## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 สร้างความคุ้นเคยกับกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก ทั้ง 16 ท่า เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

3.2 เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง (เพื่อนำไปคำนวณดัชนีมวลกาย) ประสิทธิภาพการเล่นคาราเต้โด รวมถึงทำการทดสอบเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาคาราเต้โด ก่อนการทดลอง (Pre-test)

3.3 ดำเนินการกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน (วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์) วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที รวม 4 ชั่วโมง 30 นาทีต่อสัปดาห์ โดยลำดับการฝึกประกอบด้วย การอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ตามด้วยการกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก 40 นาที (16 ท่า รวมช่วงพักระหว่างท่าเฉลี่ย 6-7 นาที) และปิดท้ายด้วยการผ่อนคลายร่างกาย (Cool-down) 10 นาที

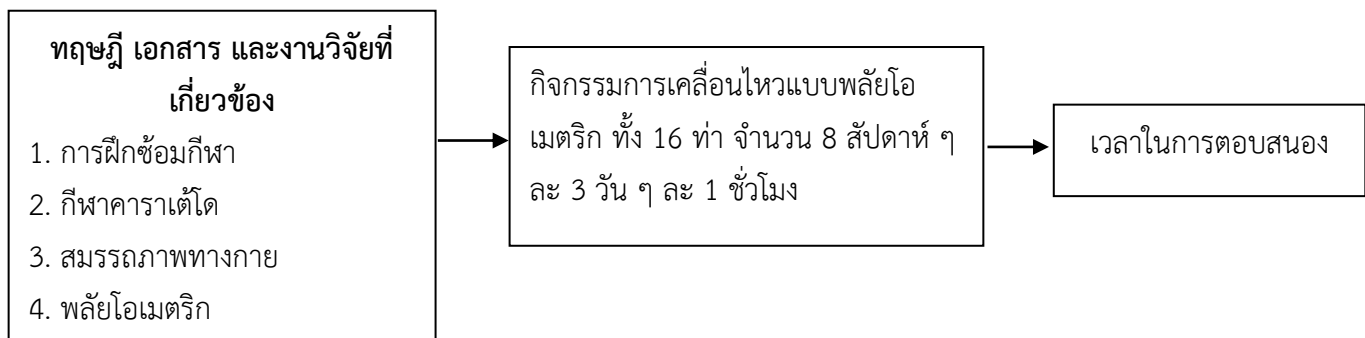
3.4 ทำการทดสอบเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาคาราเต้โดอีกครั้ง หลังสิ้นสุดการฝึกในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 (Post-test)

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ทั้งสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน โดยสถิติเชิงพรรณนาประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสถิติเชิงอนุมานใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measures) หากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกัน จะดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Multiple comparison) ด้วยวิธีของ Tukey โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ .05 นอกจากนี้ ก่อนการใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบสมมติฐานเบื้องต้นด้วย Shapiro-Wilk test หากไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าว จะใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ได้แก่ Kruskal-Wallis one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วย Wilcoxon rank sum test

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้ (Donders, 1969)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ผลการวิจัย

### 1. ผลการทดสอบเวลาในการตอบสนอง

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (n=15)

| รายการ                    | ช่วงเวลา          |                            |                            |
|---------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
|                           | ก่อนการฝึก        | หลังการฝึก<br>สัปดาห์ที่ 4 | หลังการฝึก<br>สัปดาห์ที่ 8 |
| เวลาในการตอบสนอง (วินาที) | 1.51<br>(SD=0.75) | 1.00 (SD=0.03)             | 0.70 (SD=0.02)             |

จากตารางที่ 1 พบว่า เวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก มีค่าเท่ากับ 1.51 (SD= 0.75) วินาที หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.00 (SD= 0.03) วินาที และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 0.70 (SD= 0.02) วินาที

### 2. ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง

**ตารางที่ 2** ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (n=15)

| แหล่งความแปรปรวน | SS    | df     | MS    | F      | p-value |
|------------------|-------|--------|-------|--------|---------|
| ภายในกลุ่ม       | 4.974 | 1.125  | 4.423 | 56.671 | <0.001* |
| ความคลาดเคลื่อน  | 1.229 | 15.746 | 0.078 |        |         |
| รวม              | 6.203 |        |       |        |         |

\*Friedman test

จากตารางที่ 2 เวลาในการตอบสนอง ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Tukey

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Tukey เวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (n=15)

| เวลาในการตอบสนอง<br>(วินาที) | $\bar{X}$ | ก่อนการฝึก | หลังการฝึก<br>สัปดาห์ที่ 4 | หลังการฝึก<br>สัปดาห์ที่ 8 |
|------------------------------|-----------|------------|----------------------------|----------------------------|
| ก่อนการฝึก                   | 1.51      | -          | 0.50*                      | 0.80*                      |
| หลังการสัปดาห์ที่ 4 (วินาที) | 1.00      |            | -                          | 0.30 <sup>#</sup>          |
| หลังการสัปดาห์ที่ 8 (วินาที) | 0.70      |            |                            | -                          |

\* แตกต่างจากก่อนการฝึก

<sup>#</sup> แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี Tukey พบว่า เวลาในการตอบสนอง ระหว่างก่อนการฝึก ( $\bar{x} = 1.51$ ) และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ( $\bar{x} = 1.00$ ) ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ( $\bar{x} = 0.70$ ) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เวลาในการตอบสนองเร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## อภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบด้านเวลาในการตอบสนอง ระหว่างก่อนฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า นักกีฬามีเวลาในการตอบสนองเร็วขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานงานวิจัย ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เวลาในการตอบสนองของนักกีฬาคาราเต้โดประเภทต่อสู้มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบความแตกต่างระหว่างก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของโปรแกรมการฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทั้งนี้ อาจอธิบายได้ว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 เป็นระยะเริ่มต้นของการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular adaptation) ส่งผลให้ผู้ฝึกมีความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เร็วขึ้นจากการพัฒนาความเร็วในการส่งสัญญาณประสาทและการประสานงานของกล้ามเนื้อ ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 8 การพัฒนาเกิดขึ้นอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากร่างกายมีการปรับตัวทั้งด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการหดตัวแบบระเบิด (explosive power) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วในกีฬาคาราเต้โด นอกจากนี้ การฝึกแบบพลัยโอเมตริกซึ่งเน้นการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและมีแรงระเบิด เช่น การกระโดดและการเคลื่อนที่อย่างฉับไว ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและการควบคุมการเคลื่อนไหว ทำให้การตอบสนองต่อสถานการณ์ในการต่อสู้มีความแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้จากแนวคิดพื้นฐานของการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ซึ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการสร้างแรงอย่างรวดเร็วผ่านกลไกการยืด-หดตัวของกล้ามเนื้อ (stretch-shortening cycle: SSC) โดย Chu (1998) อธิบายว่าการฝึกลักษณะนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการสร้างแรงระเบิด ขณะที่ Radcliffe and Farentinos (1999) ระบุว่า การฝึกพลัยโอเมตริกมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเร็ว ความคล่องแคล่ว และการตอบสนองของนักกีฬา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าความสามารถด้านเวลาในการตอบสนองมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาที่พบว่าเวลาในการตอบสนองดีขึ้นภายหลังจากการฝึกแบบพลัยโอเมตริก อาจอธิบายได้จากกลไกทางสรีรวิทยาหลายประการ โดยประการแรกคือการปรับตัวของระบบประสาท (neural adaptation) ซึ่งช่วยเพิ่มความเร็วในการส่งสัญญาณประสาทและการประสานงานระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ ทำให้สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้รวดเร็วมากขึ้น ประการที่สอง การฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีความเกี่ยวข้องกับกลไกการยืด-หดตัวของกล้ามเนื้อ (stretch-shortening cycle: SSC) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างแรงอย่างรวดเร็วผ่านการสะสมและปล่อยพลังงานยืดหยุ่น ส่งผลให้การเคลื่อนไหวมีความรวดเร็วและมีพลังมากขึ้น นอกจากนี้ การฝึกดังกล่าวยังส่งเสริมการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (fast-twitch muscle fibers) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความเร็วและแรงระเบิด จึงช่วยลดระยะเวลาในการตอบสนองและเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหว ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yuan et al. (2025) และ Arede et al. (2025) ที่รายงานว่า การฝึกแบบพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความสามารถด้านความเร็วและการตอบสนองได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยอธิบายว่าเกิดจากการพัฒนาระบบประสาทและกลไก SSC รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการสร้างแรงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษบางส่วนอาจแตกต่างกันในระดับของการพัฒนา ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับระยะเวลา ความเข้มข้นของการฝึก และลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา สอดคล้องกับแนวคิดของ Rodrigo et al. (2020) ที่ระบุว่า การฝึกลักษณะนี้สามารถเพิ่มความเร็วในการตอบสนองได้ ในขณะเดียวกัน การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและเอ็นยึดข้อต่อจากการฝึก ยังช่วยให้การตอบสนองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ying-Chun and Na Zhang (2016) ที่พบว่า การฝึกพลัยโอเมตริกช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและระบบโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง และยังสนับสนุนการพัฒนาเทคนิคการเคลื่อนไหวและความสามารถในการควบคุมทิศทาง (Francisco et al., 2023) ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ คือ การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความสามารถด้านเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาคาราเต้โดประเภทต่อสู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวโน้มการพัฒนาที่ชัดเจนมากขึ้นตาม

ระยะเวลาการฝึก (Behrens et al., 2014) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการฝึก Kenney et al. (2015) กล่าวว่า การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกหรือการออกกำลังกายของวงจร การยืด-เหยียดกล้ามเนื้อ (Stretch-shortening cycle exercise) ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงความสามารถในการกระโดด โดยใช้การฝึกร่วมกันระหว่างความเร็วและความแข็งแรง ปฏิบัติการสะท้อนแบบยืดเหยียดที่ส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของหน่วยยนต์ (Motor unit) พร้อมทั้งมีการเก็บสะสมพลังงานที่เป็นส่วนประกอบของการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ อติเทพ วิชาญ (2562) ที่พบว่า การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกให้กล้ามเนื้อเกิดแรงปฏิกิริยาสะท้อนแบบยืดตัวหรือการสะท้อนแบบหดตัวด้วยการกระโดดในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความเร็วการหดตัวของกล้ามเนื้อก่อให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ในขณะที่ ชนาธิป ช้อนขำ (2564) สรุปว่า เวลาในการตอบสนองเป็นความสามารถทางสมรรถภาพที่รวมทั้งเวลาปฏิกิริยาและเวลาในการเคลื่อนไหว ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของบุคคล โดยเฉพาะในกิจกรรมที่ต้องการความรวดเร็วในการตัดสินใจและตอบสนองต่อสิ่งเร้า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัชชัย ไกรทองสุข และคณะ (2565) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเวลาเวลาในการตอบสนองในการเตะขวากล้าตัวของนักกีฬาต่อสู้ พบว่า นักกีฬาเทควันโดเพศชาย และหญิง มีค่าเฉลี่ยของความเร็วในการเตะขวากล้าตัวที่ดีกว่านักกีฬาปันจักสีลัดและนักกีฬามวยไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานการศึกษาของ ปิยพงษ์ ชูจันทร์ (2563) ได้ศึกษาการฝึกด้วยเครื่องมือฝึกเวลาปฏิกิริยา พบว่า การฝึกด้วยเครื่องมือฝึกเวลาปฏิกิริยา มีผลทำให้มีเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มทดลองลดลงหลังการฝึกผ่านไป 4 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีแนวโน้มที่เวลาปฏิกิริยาจะลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ประจักษ์ อุดจันท (2558) ได้ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้บันไดลิงร่วมกับการเล่นพื้นเมืองไทยที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไว ความเร็ว และเวลาเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาฟุตบอล พบว่า ภายหลังการฝึกกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ฝึกโปรแกรมการฝึกบันไดลิง และกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ฝึกโปรแกรมการฝึก การเล่นพื้นเมืองไทย สามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว ความเร็ว และเวลาเวลาในการตอบสนองดีขึ้น แตกต่างไปจากก่อนการฝึก ภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การฝึกด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกจึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถด้านเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาคาราเต้โดประเภทต่อสู้ เนื่องจากช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เทคนิคการเคลื่อนไหว ความยืดหยุ่น และการกระตุ้นระบบประสาท

## สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกในการฝึกทักษะกีฬาคาราเต้โดสามารถพัฒนาเวลาในการตอบสนองของนักศึกษามหาวิทยาลัยให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภายหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเวลาในการตอบสนองลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก และมีแนวโน้มพัฒนาดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของโปรแกรมการฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการเสริมสร้างสมรรถภาพด้านการตอบสนอง

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 ควรส่งเสริมการบูรณาการการฝึกแบบพลัยโอเมตริกในหลักสูตรกีฬาคาราเต้โดอย่างเป็นระบบ โดยกำหนดโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน พัฒนาศักยภาพผู้สอนให้มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบและควบคุมการฝึก จัดกิจกรรมที่เน้นการพัฒนาแรงระเบิด ความเร็ว และการตอบสนองของนักกีฬา ควบคู่กับการฝึกทักษะเฉพาะ และให้ความสำคัญกับมาตรการป้องกันการบาดเจ็บ เช่น การอบอุ่นร่างกาย การใช้พื้นที่และอุปกรณ์ที่ปลอดภัย และการควบคุมความหนักของการฝึก เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการเรียนการสอนและสมรรถภาพของผู้เรียนอย่างยั่งยืน

### 2. ข้อเสนอแนะด้านการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากขึ้น และหลากหลายทั้งเพศ ระดับอายุ และประสบการณ์การเล่นกีฬา เพื่อให้ผลการวิจัยมีความครอบคลุมและสามารถนำไปอ้างอิงได้กว้างขึ้น

2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรออกแบบการทดลองโดยมีกลุ่มควบคุม เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงภายในของการวิจัย ควบคู่กับการขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเพิ่มอำนาจทางสถิติและความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังประชากร นอกจากนี้ ควร ศึกษาผลของการฝึกในระยะยาวและมีการติดตามผล (follow-up) เพื่อประเมินความคงทนของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- ชนาธิป ช้อนชา. (2564). ผลนับพลันของการให้ผลย้อนกลับและการตั้งเป้าหมายต่อความเร็วในการเตะเฉียงของนักกีฬาเทควันโดทีมชาติไทย. *วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ*, 47(1), 60-69.
- ธวัชชัย ไกรทองสุข ธวัชชัย กาญจนะทวีกุล และประกิต หงส์แสนยาธรรม. (2565). การเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยาตอบสนองในการเตะขวางลำตัวของนักกีฬาต่อสู้. *วารสารพุทธปรัชญาวิวัฒนา*, 6(1), 118-130.
- ประจักษ์ อุดจันท. (2558). ผลของการประยุกต์ใช้บันไดลิงร่วมกับการเล่นพื้นเมืองไทยที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวและความเร็วและเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของนักกีฬาฟุตบอล. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).
- ปิยพงษ์ ชูจันทร์. (2563). รายงานการวิจัยเรื่องเครื่องมือฝึกเวลาปฏิกิริยา. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- วรารณ แก้วเมฆ. (2562). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อขาในนักกีฬามวยปล้ำของโรงเรียนกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- อติเทพ วิชาญ. (2562). ผลการฝึกแบบผสมผสานที่มีผลต่อความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว ในนักกีฬาแฮนด์บอลหญิงสถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตลำปาง. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- อรุณ จิรวรรณกุล. (2560). สถิติทางวิทยาศาสตร์สุขภาพเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: วิทย์พัฒน์.
- Arede, J., Sevin, I. P., Williams, M., Mikolajec, K., Birrento, R., & Schöllhorn, W. (2025). Velocity and acceleration-based differential plyometric training effects on young basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 96(Spec Issue), 145–161.
- Chu, D. A. (1998). *Jumping into plyometrics* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Dilekçi, U. (2023). The comparison of reaction times in competing karate athletes. *International Journal of Disability, Sports & Health Sciences*, 6 (Special Issue 1), 125–133.
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, 30(3), 412–431.
- Francisco, J. B., Bartolomé, J. A., Eduardo, S. V., & Jorge, M. L. (2023). Effect of individualized strength and plyometric training on the physical performance of basketball players. *European journal of sport science*, 23(12), 2379-2388.
- Funakoshi, G. (1973). *Karate-do: My way of life*. Kodansha International.
- Goethel, M. F., Vilas-Boas, J. P., Machado, L., & Ervilha, U. (2023). Performance, perceptual and reaction skills and neuromuscular control indicators of high-level karate athletes in the execution of the gyaku tsuki punch. *Biomechanics*, 3(3), 415–424.
- Kenney, W. T., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Radcliffe, J. C., & Farentinos, R. C. (1999). *High-powered plyometrics* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Rodrigo, R. C., Antonio, G. H., Jason, M. Helmi, C., Yassine, N. & Aaron, T. S. (2020). The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: a meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 11(6), 656-670.
- Sultana, Z., Gilani, H. S. A., Ali, B., Rehman, A., & Gillani, S. M. B. (2025). Synergistic effect of elastic resistance bands and plyometric training on agility and reaction time in karate athletes. *Pakistan Journal of Social Science Review*, 4(4), 307–320.

- Ying-Chun, W. & Na. Z. (2016). Effects of plyometric training on soccer players. *Experimental and therapeutic medicine*, 12(2), 550-554.
- Yuan, Q., Deng, N., & Soh, K. G. (2025). A meta-analysis of the effects of plyometric training on muscle strength and power in martial arts athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 1-15.
- Zemkova, E., Vilman, T., Kovacikova, Z. & Hamar, D. (2013). Reaction time in the agilit test under simulated competitive and noncompetitive conditions. *The journal of strength & conditioning research*, 27(12), 3445-3449.