

## บทความวิจัย

ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา  
ในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชาย

ชัยวัฒน์ ศุจินรารธร และชนวัฒน์ สรรพลสิทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 20 June 2024 / Revised: 28 June 2024 / Accepted: 30 July 2024

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองขาที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชาย

**วิธีดำเนินการวิจัย** กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายหาดสมัครเล่นระดับสโมสร เพศชาย อายุ 18-35 ปี จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองขา โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการฝึกทำการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วระยะ 5 เมตร และ 10 เมตร ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบภายในกลุ่มโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที่แบบบรรยายคู่ (Paired Samples t-test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent Samples t-test) กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**ผลการวิจัย** หลังการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังสูงสุดทั้งแบบสองขา ขาข้างที่ถนัด และขาข้างที่ไม่ถนัด ความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วระยะ 5 เมตรและ 10 เมตร แตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของขาข้าง

เดียวที่ถนัดและข้างไม่ถนัด และความสูงในการกระโดดแบบขาข้างเดียวที่ไม่ถนัดเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัดและความสูงในการกระโดดแบบสองขาเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า หลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ 1 มีพลังสูงสุด ขาข้างเดียวที่ถนัด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ขาข้างเดียวที่ถนัดและข้างไม่ถนัด และความสูงในการกระโดดของขาข้างเดียวที่ถนัดและข้างไม่ถนัด มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**สรุปผลการวิจัย** การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา สามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถในการเร่งความเร็วได้ ทั้งนี้ การฝึก พลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างเหมาะสำหรับการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาข้างเดียว โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวทางการกีฬาที่เน้นการใช้ร่างกายเดียวของร่างกายเป็นหลัก ขณะที่หากต้องการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเมื่อต้องเคลื่อนที่แบบสองขา ก็ควรฝึกให้มีความเฉพาะเจาะจงแบบการฝึกทั้งสองข้างพร้อมกัน

**คำสำคัญ:** การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง / การฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา / พลังของกล้ามเนื้อขา / ฟุตบอลชายหาด

Original Article

## THE EFFECTS OF UNILATERAL PLYOMETRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE BEACH SOCCER PLAYERS

Chaiwat Sujinarathon and Chanawat Sanpasitt

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 20 June 2024 / Revised: 28 June 2024 / Accepted: 30 July 2024

### Abstract

**Purpose** The study aimed to determine and compare the effect of unilateral versus bilateral plyometric training on leg muscular performance in male beach soccer players.

**Methods** Twenty-four male amateur beach soccer player, aged 18-35 years, were enrolled by purposive sampling and were randomly allocated to two groups (The first experimental group; unilateral plyometric training (UPT), n=12 and the second experimental group; bilateral plyometric training (BPT), n=12). Both experimental groups were trained twice a week for 6 weeks in addition to their usual training. Muscular power, reactive strength index, balance, agility, and 5-m and 10-m sprint time were measured before and after the intervention. The data obtained were analyzed within group using a Paired sample t-test, and for comparisons between groups using an Independent samples t-test. The statistical significance of all tests was set at P-value < 0.05.

**Results** Following 6 weeks of training, both the UPT and BPT groups displayed similar improvements ( $p < 0.05$ ) in peak power (both legs, dominant leg and non-dominant leg), balance, agility, and 5-m and 10-m sprint times. Moreover, only the UPT group showed significant

improvement in peak barbell velocity for both the dominant and non-dominant legs. Additionally, the UPT group showed higher jump height in the non-dominant leg while the BPT group demonstrated improvements in both legs ( $p < 0.05$ ). Furthermore, the BPT group showed significantly better peak ground reaction force in the non-dominant leg ( $p < 0.05$ ) whereas the UPT group did not show these improvements. The UPT group exhibited greater peak power in the dominant leg, peak barbell velocity, and jump height in both the dominant and non-dominant legs compared to the BPT group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion** These findings indicate that both training styles are useful method for enhancing muscular power, balance, agility, and acceleration ability. However, we recommended a unilateral plyometric training program to improve unilateral leg muscular performance, while bilateral plyometric training should be selected to develop bilateral muscle performance.

**Key Word:** Unilateral Plyometric Training / Bilateral Plyometric Training / Leg Muscular Power / Beach Soccer

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตบอลชายหาด (Beach soccer) เป็นกีฬาฟุตบอลอีกรูปแบบหนึ่งที่เล่นบนชายหาดหรือบนพื้นทราย โดยเป็นที่รู้จักและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ทุกทวีปทั่วโลก จะเห็นได้ว่าลักษณะสำคัญของกีฬาฟุตบอลชายหาดนั้นเป็นกีฬาต้องใช้พละกำลังในการเล่นสูง การแข่งขันนั้นมีความเข้มข้นสูงเป็นช่วงๆ (Intermittent high intensity sport) และใช้ระบบพลังงานเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) เป็นส่วนใหญ่ (Rosario and Antonio, 2017) รวมทั้งสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาแน่นนับได้ว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการแข่งขันอีกด้วย หากนักกีฬาฟุตบอลชายหาดมีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาที่ดีก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแสดงทักษะต่างๆ ขณะทำการแข่งขัน เช่น การเลี้ยง (Dribbling) การควบคุมลูกบอล (Ball control) การเข้าสกัด (Tackling) และการยิงประตู (Shooting) เป็นต้น ตลอดจนมีอิทธิพลต่อสมรรถภาพทางกายด้านอื่นด้วย อาทิเช่น ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัว ซึ่งนักกีฬาจำเป็นต้องมีพื้นฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อที่ดี (de Lira et al., 2017) โดยทั่วไปแล้วลักษณะการเล่นของกีฬาฟุตบอลชายหาดนั้นนักกีฬามีการเคลื่อนไหวแบบใช้แรงระเบิดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับทักษะที่นักกีฬาแสดงออกมาในเกมการแข่งขัน ไม่ว่าจะเป็นการวิ่งด้วยความเร็ว (Sprinting) การเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) การกระโดด (Jumping) และการยิงประตู เป็นต้น ดังนั้น หากนักกีฬาฟุตบอลชายหาดที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดี ก็จะส่งผลให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะต่างๆ ได้ดีมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การแข่งขันฟุตบอลชายหาดนั้นนักกีฬาต้องแสดงทักษะที่มีความน่าสนใจ และเป็น

จุดเด่นของการแข่งขัน เช่น การจัดบอลขึ้นจากพื้นแล้วยิงประตู หรือการตีลังกายิงประตู (Bicycle shooting) เพราะฉะนั้นการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาสำหรับนักกีฬาฟุตบอลชายหาด จึงนับว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้สามารถปฏิบัติทักษะดังกล่าวข้างต้นได้อย่างมีคุณภาพ

ปัจจุบันทีมกีฬาต่างๆ ได้นำองค์ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การกีฬามาประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมนักกีฬามากขึ้น รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก็มีหลากหลายวิธี ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric training) นั้นก็เป็นวิธีหนึ่งที่มีความสำคัญที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างกำลังกล้ามเนื้อโดยมีลักษณะของการยืดตัวออกของกล้ามเนื้อและการหดสั้นเข้าอย่างรวดเร็วเพื่อกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเป็นการเชื่อมโยงความแข็งแรงกับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน (Puangmalai & Apanukul, 2024) ลักษณะของการฝึกสามารถกระทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การกระโดด (Jumping) หรือการเขย่ง (Hopping) ในรูปแบบต่างๆ เพื่อพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย (Chu, 1992) อย่างไรก็ตามในการฝึกพลัยโอเมตริกส่วนใหญ่ผู้ฝึกสอนจะเน้นไปที่การกระโดดด้วยขาทั้งสองข้างพร้อมกันเป็นหลัก (Bilateral training) แต่ทักษะการเคลื่อนไหวส่วนมากอาศัยพื้นฐานการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนล่างของลำตัวด้วยารยางค์ข้างเดียว เช่น การวิ่ง การขว้าง การกระโดดในแนวตั้งและแนวนอน และการเปลี่ยนทิศทางในการเคลื่อนที่ ซึ่งทั้งหมดจะเกิดกับยางค์ข้างเดียวที่ต้องรับน้ำหนักทั้งสิ้น ดังนั้นจึงมีวิธีการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งคือการฝึกด้วยแรงต้านที่ละข้าง (Unilateral resistance training) ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและ

มีความเฉพาะเจาะจงในการแข่งขันกีฬาได้ โดยเป็นฝึกด้วยแรงต้านที่มีการเคลื่อนไหวด้วยแรงต้านข้างเดียว ดังนั้นรูปแบบการฝึกนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาพัฒนาสมรรถนะทางการกีฬาได้เป็นอย่างดี (Appleby et al., 2020; Rodrigo et al., 2015) การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวนั้น ส่งผลให้พลังในการกระโดดและความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบสองข้าง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่า การฝึกพลัยโอเมตริกแบบที่ละข้างสามารถพัฒนาพัฒนาพลังระเบิดได้ดีกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองข้าง (Gregory et al., 2019) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Stern และคณะ (2020) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกความแข็งแรงและพลังแบบสองข้างและแบบที่ละข้างต่อสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชาย ซึ่งพบว่า กลุ่มที่ฝึกที่ละข้างมีการพัฒนาความแข็งแรง ความเร็วระยะ 10 เมตร และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าทั้งการฝึกด้วยแรงต้านที่ละข้างและการฝึกด้วยแรงต้านแบบสองขา นั้นเป็นวิธีการฝึกที่สามารถพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้อย่างไร้ก็ตามก็ยังไม่ชัดเจนถึงข้อสรุปว่ารูปแบบการฝึกแบบสองขาและแบบฝึกที่ละข้างส่งผลต่างกันหรือไม่ โดยในรายงานของ McCurdy และคณะ (2005) และ Moran และคณะ (2020) ไม่พบความแตกต่างของการฝึกแบบการฝึกความแข็งแรงแบบสองขาและแบบฝึกที่ละข้าง

จากข้อมูลและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงต้องการทราบว่า การฝึกทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และจากการศึกษาที่ผ่านมา ยังพบว่าการนำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างมาใช้ในกีฬาฟุตบอลชายหาดนั้นมียู้อย่าง

จำกัด จึงเป็นที่มาของการศึกษาค้นคว้าที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองขาที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชาย ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับฝึกสมรรถภาพทางกายสำหรับกีฬาฟุตบอลชายหาดและเป็นแนวทางการฝึกซ้อมให้กับผู้ฝึกสอนและนักกีฬาที่ต้องการยกระดับความสามารถและศักยภาพของนักกีฬาฟุตบอลชายหาดทั้งในระดับสโมสรและทีมชาติไทยต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองขาที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชาย

### สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและการฝึกพลัยโอเมตริกแบบสองขาส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชายแตกต่างกัน

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรม จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2566 เลขที่ 265/66

**กลุ่มตัวอย่าง** เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายหาระดับสโมสรสมัครเล่น เพศชาย อายุระหว่าง 18-35 ปี โดยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจีพาวเวอร์ (G\*Power) เวอร์ชัน 3.1.9.4 โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยของ Warasit (2021) กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of test;  $\beta$ ) ที่ 0.80 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error;  $\alpha$ ) ที่ 0.05 ค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ 1.17 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop Out) ของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 24 คน จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบจับคู่ (Matched pair) จากค่าความแข็งแรงสัมพันธ์ในท่าบาร์เบล แบ็คสควอท ประกอบด้วยกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาทีละข้างร่วมกับการฝึกซ้อมทักษะฟุตบอลชายหาดตามปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา ร่วมกับการฝึกซ้อมทักษะฟุตบอลชายหาดตามปกติ

**เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)**

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายหาระดับสโมสรสมัครเล่น เพศชาย อายุระหว่าง 18-35 ปี
2. มีประสบการณ์การแข่งขันฟุตบอลชายหาดลีกชิงแชมป์ประเทศอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป
3. มีความแข็งแรงสัมพันธ์ (Relative strength) ที่สามารถยกน้ำหนักด้วยท่าบาร์เบล แบ็คสควอท (Barbell back squat) โดยย่อตัวให้เข้ามามีการทำมูอยู่ที่ 110 องศา แล้วเหยียดขาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว (Todd, 2012)

4. ไม่มีอาการบาดเจ็บ ที่บริเวณกล้ามเนื้อเอ็นหรือกระดูก อย่างน้อย 2 เดือน ก่อนเข้าร่วมวิจัย

5. ไม่ได้อยู่ระหว่างโครงการวิจัยอื่นๆ และไม่ได้รับการฝึกร่างกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงหรือพลังของกล้ามเนื้ออย่างเป็นแบบแผน นอกเหนือจากการฝึกฟุตบอลชายหาด

6. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในใบยินยอม

**เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)**

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น มีปัญหาการบาดเจ็บ เกิดอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการฝึกต่อ

3. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยหรือเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 (เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 10 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง)

### ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาข้อมูลทฤษฎีและเอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกีฬาฟุตบอลชายหาดสมรรถภาพทางกายที่จำเป็นสำหรับกีฬาฟุตบอลชายหาด หลักการและแนวทางการฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา รวมถึงศึกษารายละเอียดวิธีการใช้เครื่องมือสำหรับการทดสอบทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ

2. ตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมการฝึกและหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยนำเสนอรูปแบบโปรแกรมการฝึกให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีคุณสมบัติเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา การฝึกสมรรถภาพทางกาย และมีความชำนาญในการฝึก

กีฬาฟุตบอลชายหาด จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยได้ผลดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.95

3. นำเสนอโครงการวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณาทางจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

4. ติดต่อประสานงานขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างกับประธานสโมสรและผู้ฝึกสอนของสโมสรฟุตบอลชายหาดในประเทศที่ทำการแข่งขันลีกชิงแชมป์ประเทศไทย

5. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ติดต่อประสานงานขอใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สถานที่ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ห้องปฏิบัติการ 2120 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสนามฟุตบอลชายหาด การกีฬาแห่งประเทศไทย หัวหมาก

6. ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย รวมทั้งชี้แจงขั้นตอนการเก็บข้อมูล และขอความร่วมมือกลุ่มตัวอย่างในการทำการวิจัย ก่อนที่จะมาทำการทดสอบทุกครั้ง ดังนี้

6.1) ไม่ออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง เพื่อให้ร่างกายมีความพร้อมและไม่เมื่อยล้าก่อนทำการทดสอบ

6.2) นอนหลับพักผ่อนให้เต็มที่อย่างน้อย 8-10 ชั่วโมง และดื่มน้ำให้เพียงพออย่างน้อย 6-8 แก้ว

7. ผู้วิจัยจัดเตรียมสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบและใบบันทึกผลการทดสอบ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

8. ผู้วิจัยทำการคัดกรอง โดยเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย จากนั้นกลุ่ม

ตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย เพื่อเตรียมทดสอบหาความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าบาร์เบล แบ็คสวอท (Barbell back squat) ให้เข้าท่ามุ่ม 110 องศาได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว โดยผู้ทดสอบจะปฏิบัติจนไม่สามารถยกน้ำหนักในครั้งที่ 4 ได้ ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างสามารถทำได้เกิน 4 ครั้ง ให้ทำการหยุดพักประมาณ 3-5 นาที ต่อเซต และพร้อมที่จะทำการยกน้ำหนักในครั้งต่อไปด้วยความหนักที่หนักขึ้น และนำน้ำหนักที่ทำได้มากที่สุดไม่เกิน 4 ครั้ง ไปเปรียบเทียบกับตารางประเมินค่าความแข็งแรงสูงสุด (Baechle and Earle, 2000)

9. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตัวแปรต่างๆ โดยทำการทดสอบก่อนการฝึก (Pre-test) และหลังการฝึก (Post-test) ซึ่งในการเก็บข้อมูลมีการเรียงลำดับและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

#### การเก็บข้อมูลงานวิจัยวันที่ 1

9.1) ทำการเก็บข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ (Age) มีหน่วยเป็นปี น้ำหนัก (Weight) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูง (Height) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) ยี่ห้อ Jawon Medical รุ่น ioi 353 ประเทศเกาหลีใต้

9.2) ทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Y-balance test) ของทั้งสองขา เพื่อประเมินความสามารถในการทรงตัว 3 ทิศทาง ประกอบด้วย ด้านหน้า (Anterior; ANT) ด้านหลังค่อนมาทางด้านใน (Posteromedial; PM) ด้านหลังค่อนมาด้านนอก (Posterolateral; PL) เริ่มทดสอบจากขาข้างถนัดก่อนแล้วตามด้วยขาข้างไม่ถนัด

9.3) ทดสอบดัชนีความแข็งแรงแบบ ปฏิกริยาตอบสนอง (Reactive strength index) ด้วย ท่ากระโดดดริ๊อปจั้ม (Drop jump) แบบสองขา แล้ว ทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกริยาตอบสนองด้วยขาที่ ละข้าง ด้วยท่ากระโดดดริ๊อปจั้มด้วยขาข้างเดียว (Single-leg drop jump) โดยจะมีสัมผัสพื้นเพียง ข้างเดียว เริ่มทดสอบจากขาข้างถนัดก่อนแล้วตามด้วย ขาข้างไม่ถนัด โดยใช้เครื่องทดสอบพลังของกล้ามเนื้อ (FT700 Power System) คู่กับ เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) และซอฟต์แวร์วิเคราะห์ พลังของกล้ามเนื้อ Ballistic Measurement System เวอร์ชัน 2012.0.0 ผลิตโดยบริษัท Fitness Technology ประเทศออสเตรเลีย

#### การเก็บข้อมูลงานวิจัยวันที่ 2

9.4) ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility T-Test) มีหน่วยเป็นวินาที โดยใช้อุปกรณ์จับ เวลา (Timing gate) รุ่น Swift Speed Light ผลิตโดย บริษัท Swift performance equipment ประเทศ ออสเตรเลีย

9.5) ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา ในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Countermovement jump) แบบขาสองข้าง โดยมีตัวแปรพลังของกล้ามเนื้อประกอบด้วย พลัง สูงสุด (Peak power) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม แรงปฏิกริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุด (Peak vertical ground reaction force) มีหน่วยเป็นนิวตันต่อกิโลกรัม ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด (Peak barbell velocity) มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที และความสูงในการกระโดด (Vertical jump displacement) มี หน่วยเป็นเซนติเมตร แล้วตามด้วยการทดสอบพลัง

กล้ามเนื้อด้วยท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Single-leg countermovement jump) แบบขาข้าง เดียว โดยเริ่มทดสอบจากขาข้างถนัดก่อนแล้ว ตามด้วยขาข้างไม่ถนัด โดยใช้เครื่องทดสอบพลัง ของกล้ามเนื้อ (FT700 Power System) คู่กับ เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) รุ่น 400S (400 series performance force plate) และซอฟต์แวร์วิเคราะห์พลังของกล้ามเนื้อ Ballistic Measurement System เวอร์ชัน 2012.0.0 ผลิตโดย บริษัท Fitness Technology ประเทศออสเตรเลีย

9.6) ทดสอบความเร็วระยะ 5 เมตร และ 10 เมตร มีหน่วยเป็นวินาที โดยใช้อุปกรณ์ จับเวลา (Timing gate) รุ่น Swift Speed Light ผลิต โดยบริษัท Swift performance equipment ประเทศออสเตรเลีย

ในการเก็บข้อมูลแต่ละตัวแปรทำการ ทดสอบ 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาที โดยเลือกครั้งที่ ดีที่สุดมาเป็นข้อมูล และการทดสอบทุกครั้งผู้วิจัย จะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมการทดลองให้ออกแรงในการ ทดสอบด้วยความพยายามสูงสุดทุกครั้งที่ทำการ ทดสอบและในการทดสอบจะมีผู้ช่วยการวิจัย 4 คน ที่เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ทำหน้าที่เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ และช่วยเหลือ ระหว่างการทดสอบสมรรถภาพทางกาย เพื่อให้ การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นมาตรฐาน เดียวกัน โดยจะเป็นคนเดิมทุกครั้ง

10. ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกด้วยโปรแกรม พัลลีโอเมตริก เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วันกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกโปรแกรมพัลลีโอเมตริก แบบขาที่ละข้าง และกลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึก โปรแกรมพัลลีโอเมตริกแบบสองขา ซึ่งการฝึก

ด้วยโปรแกรมพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง จะเริ่มการฝึกจากขาข้างหนึ่งก่อนแล้วตามด้วยขาข้างไม่ถนัด โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

11. นำผลการทดสอบของตัวแปรต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ จากนั้นรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ผล สรุปผลการวิจัย เสนอแนะข้อคิดเห็นที่ได้จากการวิจัยและเขียนรายงานการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ตารางที่ 1 โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกของกลุ่มทดลองที่ 1 (UPT) และกลุ่มทดลองที่ 2 (BPT)

| โปรแกรมการฝึก                 | กลุ่มทดลองที่ 1 (UPT)      |             |             | โปรแกรมการฝึก                 | กลุ่มทดลองที่ 2 (BPT) |             |             |
|-------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
|                               | โปรแกรมการฝึก              |             |             |                               | โปรแกรมการฝึก         |             |             |
|                               | พลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง |             |             |                               | พลัยโอเมตริกแบบสองขา  |             |             |
| สัปดาห์                       | 1 – 2                      | 3 – 4       | 5 – 6       | สัปดาห์                       | 1 – 2                 | 3 – 4       | 5 – 6       |
| ปริมาณการฝึก                  | ชุด x ครั้ง                | ชุด x ครั้ง | ชุด x ครั้ง | ปริมาณการฝึก                  | ชุด x ครั้ง           | ชุด x ครั้ง | ชุด x ครั้ง |
| ท่าการฝึก                     |                            |             |             | ท่าการฝึก                     |                       |             |             |
| - Single-leg squat jump       | 3 x 4                      | 3 x 5       | 3 x 6       | - Double-leg squat jump       | 3 x 8                 | 3 x 10      | 3 x 12      |
| - Single-leg tuck jump        | 3 x 4                      | 3 x 5       | 3 x 6       | - Double-leg tuck jump        | 3 x 8                 | 3 x 10      | 3 x 12      |
| - Single-leg deadlift to jump | 3 x 4                      | 3 x 5       | 3 x 6       | - Double-leg deadlift to jump | 3 x 8                 | 3 x 10      | 3 x 12      |
| - Single-leg hop              | 3 x 4                      | 3 x 5       | 3 x 6       | - Double-leg hop              | 3 x 8                 | 3 x 10      | 3 x 12      |
| - Single-leg side to side hop | 3 x 4                      | 3 x 5       | 3 x 6       | - Double-leg side to side hop | 3 x 8                 | 3 x 10      | 3 x 12      |
| เวลาพักระหว่างชุด             | 3 นาที                     | 3 นาที      | 3 นาที      | เวลาพักระหว่างชุด             | 3 นาที                | 3 นาที      | 3 นาที      |
| ปริมาณการฝึกทั้งหมด           | 120                        | 150         | 180         | ปริมาณการฝึกทั้งหมด           | 120                   | 150         | 180         |

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มทดลองที่ 1 (UPT) และกลุ่มทดลองที่ 2 (BPT)

| ตัวแปร                                      | กลุ่มทดลองที่ 1<br>(n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ | กลุ่มทดลองที่ 2<br>(n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ | t     | p    |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|------|
| อายุ (ปี)                                   | 20.17 $\pm$ 1.11                                | 19.58 $\pm$ 0.51                                | -1.25 | .226 |
| น้ำหนัก (กิโลกรัม)                          | 66.13 $\pm$ 5.02                                | 68.25 $\pm$ 12.54                               | -0.54 | .596 |
| ส่วนสูง (เซนติเมตร)                         | 173.75 $\pm$ 6.18                               | 171.00 $\pm$ 6.09                               | 1.09  | .284 |
| ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร <sup>2</sup> ) | 21.96 $\pm$ 1.40                                | 23.33 $\pm$ 4.16                                | -1.08 | .290 |

P>.05

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS Version 22.0) ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบการแจกแจงข้อมูลแบบโค้งปกติของทุกตัวแปรโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรภายในกลุ่มก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (Paired Samples t-test)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent Samples t-test)

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### ผลการวิจัย

1) จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูงเฉลี่ย และดัชนีมวลกาย ไม่แตกต่างกัน

2) จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแปรต่างๆ ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่าภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังสูงสุดแบบสองขา พลังสูงสุดขาข้างที่ถนัด พลังสูงสุดขาข้างที่ไม่ถนัด ความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วระยะ 5 เมตรและ 10 เมตร แตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 มีความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของขาข้างเดียวที่ถนัดและขาข้างไม่ถนัด และความสูงในการกระโดดแบบขาข้างเดียวที่ไม่ถนัดแตกต่างจากก่อนการฝึก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะกลุ่มทดลองที่ 2 ในตัวแปรด้านแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัดและความสูงในการกระโดดแบบสองขาเท่านั้น อย่างไรก็ตาม

ตามไม่พบความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดสองขาและขาข้างเดียวที่ถนัด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดสองขา ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ถนัด ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองขาข้างเดียวที่ถนัดและขาข้างไม่ถนัด

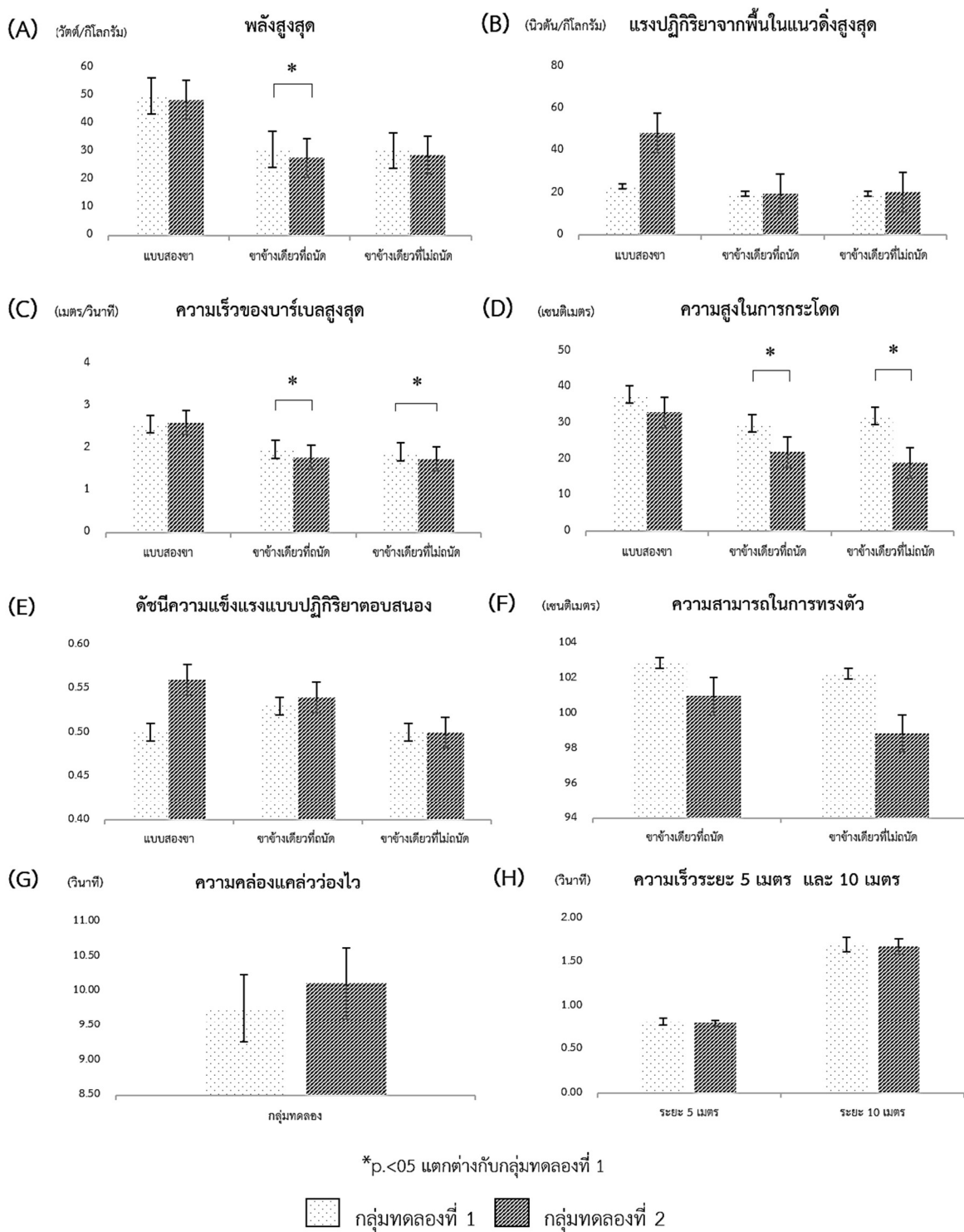
**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 (UPT) และกลุ่มทดลองที่ 2 (BPT)

| ตัวแปร                                                                    | กลุ่มทดลองที่ 1 (UPT)        |                              | p     |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
|                                                                           | ก่อนการทดลอง                 | หลังการทดลอง<br>สัปดาห์ที่ 6 |       |
|                                                                           | (n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ | (n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ |       |
| พลังสูงสุดสองขา (วัตต์/กิโลกรัม)                                          | 46.48±4.99                   | 49.80±5.50                   | .000* |
| พลังสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)                             | 27.94±2.26                   | 30.78±2.63                   | .000* |
| พลังสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)                          | 28.05±2.28                   | 30.29±3.12                   | .002* |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดสองขา (นิวตัน/กิโลกรัม)                 | 22.41±1.71                   | 23.14±1.62                   | .060  |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (นิวตัน/กิโลกรัม)    | 18.40±1.35                   | 19.69±2.89                   | .239  |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (นิวตัน/กิโลกรัม) | 18.57±1.12                   | 19.53±2.56                   | .480  |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดสองขา (เมตร/วินาที)                               | 2.52±0.18                    | 2.56±0.17                    | .358  |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (เมตร/วินาที)                  | 1.84±0.10                    | 1.97±0.15                    | .002* |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)               | 1.83±0.10                    | 1.91±0.12                    | .023* |
| ความสูงในการกระโดดสองขา (เซนติเมตร)                                       | 33±0.06                      | 38±0.05                      | .005  |
| ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ถนัด (เซนติเมตร)                          | 23±0.05                      | 30±0.07                      | .005  |
| ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)                       | 23±0.04                      | 32±0.08                      | .003* |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองแบบสองขา (เมตร/วินาที)                 | 0.45±0.04                    | 0.50±0.09                    | .084  |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองขาข้างเดียวที่ถนัด (เมตร/วินาที)       | 0.51±0.28                    | 0.53±0.15                    | .878  |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)    | 0.45±0.14                    | 0.47±0.18                    | .671  |
| ความสามารถในการทรงตัวขาที่ถนัด (เซนติเมตร)                                | 99.55±3.74                   | 102.87±4.01                  | .000* |
| ความสามารถในการทรงตัวขาที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)                             | 98.23±3.74                   | 102.25±4.87                  | .004* |
| ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)                                             | 10.09±0.71                   | 9.75±0.60                    | .023* |
| ความเร็วระยะ 5 เมตร (วินาที)                                              | 0.92±0.08                    | 0.82±0.08                    | .002* |
| ความเร็วระยะ 10 เมตร (วินาที)                                             | 1.76±0.93                    | 1.70±0.10                    | .002* |

ตารางที่ 3 (ต่อ)

| ตัวแปร                                                                    | กลุ่มทดลองที่ 2 (BPT)        |                              | p     |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
|                                                                           | ก่อนการทดลอง                 | หลังการทดลอง<br>สัปดาห์ที่ 6 |       |
|                                                                           | (n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ | (n=12)<br>$\bar{x} \pm S.D.$ |       |
| พลังสูงสุดสองขา (วัตต์/กิโลกรัม)                                          | 44.91±5.75                   | 48.45±6.35                   | .001* |
| พลังสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)                             | 23.95±3.25                   | 27.64±3.07                   | .000* |
| พลังสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)                          | 24.82±2.58                   | 28.58±3.20                   | .002* |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดสองขา (นิวตัน/กิโลกรัม)                 | 22.95±2.32                   | 23.97±2.79                   | .270  |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (นิวตัน/กิโลกรัม)    | 18.80±2.39                   | 19.63±1.35                   | .224  |
| แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (นิวตัน/กิโลกรัม) | 18.00±1.53                   | 20.42±4.25                   | .012* |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดสองขา (เมตร/วินาที)                               | 2.43±0.18                    | 2.60±0.39                    | .270  |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด (เมตร/วินาที)                  | 1.70±0.21                    | 1.78±0.15                    | .108  |
| ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)               | 1.73±0.16                    | 1.74±0.14                    | .841  |
| ความสูงในการกระโดดสองขา (เซนติเมตร)                                       | 33±0.06                      | 37±0.08                      | .034* |
| ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ถนัด (เซนติเมตร)                          | 22±0.14                      | 24±0.04                      | .083  |
| ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)                       | 19±0.07                      | 23±0.05                      | .066  |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองแบบสองขา (เมตร/วินาที)                 | 0.47±0.12                    | 0.56±0.84                    | .034* |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองขาข้างเดียวที่ถนัด (เมตร/วินาที)       | 0.53±0.10                    | 0.54±0.09                    | .583  |
| ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)    | 0.52±0.08                    | 0.50±0.10                    | .519  |
| ความสามารถในการทรงตัวขาที่ถนัด (เซนติเมตร)                                | 98.52±4.86                   | 100.99±5.07                  | .000* |
| ความสามารถในการทรงตัวขาที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)                             | 97.71±5.41                   | 98.87±5.47                   | .000* |
| ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)                                             | 10.41±0.78                   | 10.11±0.84                   | .002* |
| ความเร็วระยะ 5 เมตร (วินาที)                                              | 0.89±0.06                    | 0.80±0.07                    | .000* |
| ความเร็วระยะ 10 เมตร (วินาที)                                             | 1.79±0.07                    | 1.68±0.09                    | .000* |

\*p &lt; .05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ได้แก่ (A) พลังสูงสุด (B) แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุด (C) ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด (D) ความสูงในการกระโดด (E) ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (F) ความสามารถในการทรงตัว (G) ความคล่องแคล่วว่องไว (H) ความเร็วระยะ 5 เมตร และ 10 เมตร ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่าง พบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ขาข้างเดียวที่ถนัด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดขาข้างเดียวที่ถนัด และขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด ความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ถนัด และความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดแบบสองขา พลังสูงสุด ขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุด แบบสองขา แรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุด ขาข้างเดียวที่ถนัด และไม่ถนัด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดแบบสองขา ความสูงในการกระโดดแบบสองขา ความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วระยะ 5 เมตร และ 10 เมตร

### อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ตัวแปรของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านพลังของกล้ามเนื้อ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง และกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา มีพลังของกล้ามเนื้อสูงสุดที่พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จะเห็นได้ว่า นักกีฬากีฬาฟุตบอลชายหาดนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขันทั้งการวิ่งด้วยความเร็ว การเปลี่ยนทิศทางด้วยความเร็ว การกระโดด การยิงประตู และการ

ตีลังกายิงประตู ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็วโดยมีพื้นฐานมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออาศัยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fiber) เป็นหลัก (Bompa, 1993) ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นรูปแบบการฝึกที่กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อโดยกล้ามเนื้อจะยืดยาวออกและหดสั้นเข้าอย่างฉับพลันซึ่งจะก่อให้เกิดรีเฟล็กซ์ยืด หรือวงจรการยืดออก-การหดสั้นเข้า (Stretch Reflex) จะเห็นได้ว่าวงจรการยืดออก-การหดสั้นเข้า (Stretch shortening cycle) จะอาศัยองค์ประกอบของกลไกและกระบวนการของสรีรวิทยาระบบประสาทกล้ามเนื้อเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกไปเสริมคุณสมบัติของกล้ามเนื้อให้มีความยืดหยุ่น (Elasticity) และกระตุ้นกลไกการเกิดทำให้เกิดการเป็นสะพานเชื่อม (Cross bridge) ของโปรตีนแอกติน (Actin) และโปรตีนไมโอซิน (Myosin) เพิ่มขึ้น (Herzog et al., 2008) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการฝึกพลัยโอเมตริก โดยการที่กล้ามเนื้อมีการยืดออกอย่างรวดเร็วจะไปกระตุ้นการทำงานของรีเฟล็กซ์ยืดและสะสมไว้ในรูปของพลังงานยืดหยุ่น นำไปสู่การเพิ่มแรงขณะกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า (Ebben, 1998) สอดคล้องกับ Maijiu และ Daqing (2000) ที่กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับเส้นใยกล้ามเนื้อ ระบบประสาทสั่งการของกล้ามเนื้อ ขนาดหน้าตัดของกล้ามเนื้อ เพราะฉะนั้นการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและแบบฝึกสองขาสามารถช่วยพัฒนาแรงหดตัวสูงสุดและพลังของกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อได้

ในส่วนขององค์ประกอบด้านแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดที่เป็นส่วนสนับสนุนให้เกิดพลังสูงสุดนั้น หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่พบความแตกต่างจากก่อนการทดลอง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่างของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เหตุผลที่มีการพัฒนาของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งสูงสุดได้ดีขึ้นในกลุ่มทดลองที่ 2 เพียงกลุ่มเดียว อาจเป็นเพราะการฝึกแบบสองขา มีการกระจายแรงเมื่อเหยียดขาขึ้นจากพื้นซึ่งส่งผลต่อแรงที่ผลิตได้มากกว่า สอดคล้องกับ Katch และคณะ (2013) กล่าวว่า การออกแรงที่น้อยจะมีการระดมหน่วยยนต์จำนวนไม่มากแต่ถ้ามีการออกแรงที่มากจะมีการระดมหน่วยยนต์ที่มากตามไปด้วยทำให้ระบบส่งการ (Axon neurons) ทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการฝึกแบบสองขาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกระตุ้นประสาทและการประสานงานระหว่างร่างกายทั้งสองข้าง ส่งผลให้มีการผลิตแรงโดยรวมมากขึ้น เมื่อแขนขาทั้งสองข้างทำงานร่วมกัน สมองจะประสานการทำงานของหน่วยการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ (Botton et al., 2016)

ในส่วนขององค์ประกอบด้านความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ที่เป็นส่วนสนับสนุนให้เกิดพลังสูงสุดนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการทดลอง

สัปดาห์ที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง มีความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ขาข้างเดียวที่ถนัด และขาข้างเดียวที่ไม่ถนัด พัฒนาขึ้นดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างจะเป็นการฝึกโดยร่างกายเดียวทำให้ความหนักของการฝึกเข้มข้นมากกว่า ที่ส่งผลต่ออัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development: RFD) ซึ่งมีความสำคัญและมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อความเร็วสูงสุด (Baechele and Earle, 2000; McCurdy et al., 2004) นอกจากนี้การวิจัยในครั้งนี้เป็นการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ก็จะส่งผลโดยตรงต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของร่างกายด้วย (Cormie et al., 2011) สอดคล้องกับ Docherty และคณะ (2004) ได้กล่าวว่า แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดและความเร็วสูงสุด มีความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเกิดการพัฒนา

ในส่วนขององค์ประกอบด้านความสูงในการกระโดด ที่เป็นส่วนสนับสนุนให้เกิดพลังสูงสุดนั้น หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้าง มีความสูงในการกระโดด ขาข้างเดียวที่ถนัดและขาที่ไม่ถนัด ที่พัฒนาดีขึ้นมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจเป็นเพราะการฝึกด้วยขาข้างเดียวมีความเฉพาะเจาะจงในระหว่างการกระโดดขึ้นด้วยขาข้างเดียวในแนวตั้งซึ่งต้องใช้แรงมากกว่าขาสองข้าง ทำให้เกิดการกระตุ้นของ

กล้ามเนื้อและส่งผลต่อพลังของกล้ามเนื้อแบบบรรยายค์เดียวคือขาข้างที่ถนัดและไม่ถนัดที่มากกว่า สอดคล้องกับ McCurdy และคณะ (2010) กล่าวว่า การฝึกแบบขาที่ละข้างหรือการฝึกด้วยขาเพียงข้างเดียวนั้นเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเพิ่มการกระตุ้นการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อ ช่วยให้สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Gonzalo-Skok และคณะ (2017) ที่ศึกษาเปรียบเทียบแบบขาที่ละข้างและฝึกแบบสองขาในการฝึกผสมผสานด้วยแรงต้าน พบว่า หลังจากการฝึกด้วยน้ำหนักในท่าสควอทแบบขาที่ละข้างมีการพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อมากขึ้นกว่าการฝึกแบบฝึกสองขา และในการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มระหว่างก่อนการฝึกและภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ของกลุ่มทดลองที่ 1 มีความสูงในการกระโดด ขาข้างไม่ถนัด เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่การฝึกด้วยแรงต้านแบบฝึกสองขานั้นไม่พบความแตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างไรก็ตามกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา มีความสูงในการกระโดดแบบสองขา ที่พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การฝึกแบบขาที่ละข้างส่งผลต่อความสูงในการกระโดด ขาข้างไม่ถนัด น่าจะเป็นผลมาจากการศึกษาข้ามสาย (Cross education) หรือผลการฝึกข้ามสาย (Cross-training effect) ซึ่งเป็นการทำงานระหว่างแขนขา โดยอธิบายถึงการเพิ่มความสามารถในการสร้างแรงของแขนขาด้านตรงข้ามที่ไม่ได้รับการฝึกฝน เป็นผลมาจากการฝึกด้วยแรงต้านที่ละข้าง เมื่อทำการหกดัวที่ละข้างด้วยแรงสูงสุดแสดงให้เห็นว่ามีผลอย่างเฉียบพลันต่อองค์ประกอบของ

ระบบประสาทที่ควบคุมแขนขาที่ออกกำลังกาย เช่นเดียวกับแขนขาที่อยู่ตรงข้าม มีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางในประสาทสั่งการเอื้อหุ้มสมอง และกระดูกไขสันหลัง (Lee and Carroll, 2007) สอดคล้องกับ Ashlee และคณะ (2012) ที่กล่าวว่า การศึกษาข้ามสายเป็นกระบวนการถ่ายโอนความแข็งแรง โดยทั่วไปมีสาเหตุมาจากการปรับตัวของระบบประสาทจากการฝึกความแข็งแรงที่ละข้างของแขนขาข้างเดียวอาจช่วยรักษาความสามารถในการทำงานของแขนขาที่เคลื่อนไหวไม่ได้ ผ่านการฝึกความแข็งแรงข้ามสาย รวมถึงการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการเหยียดตัวออกอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหกดัวจะทำให้เกิดผลต่อการหกดัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้นการที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกเร็วเท่าใดก็ยิ่งมีการพัฒนาแรงหกดัวสั้นเข้าทันที่มากยิ่งขึ้นเท่านั้นและส่งผลต่อความสูงในการกระโดดด้วย (Markovic, 2007)

นอกจากนี้ยังพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 2 มีดัชนีความแข็งแรงแบบตอบสนอง การพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเป็นเพราะการฝึกพลัยโอเมตริกมีการไปกระตุ้นกลไกของวงจรการยืดออก-หกดัวสั้นเข้า ทำให้การตอบสนองของระบบประสาทได้เร็วขึ้น (Baechle and Earle, 2000) การฝึกพลัยโอเมตริกจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นข้อต่อทำให้สามารถกักเก็บและปล่อยพลังงานยืดหยุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พลังงานยืดหยุ่นนี้มีส่วนช่วยให้มีการเคลื่อนไหวที่ทรงพลังและรวดเร็วยิ่งขึ้นซึ่งช่วยเพิ่มดัชนีความแข็งแรงแบบตอบสนองได้โดยตรง (Ramirez-Campillo et al., 2023) อีกทั้งยังพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ความสามารถในการ

การทรงตัวพัฒนาขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง ทั้งกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยความสามารถในการทรงตัวถือเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญของการทำงานทางสรีรวิทยา ร่างกายสามารถรักษาสมดุลได้โดยอาศัยการประสานจากระบบรับรู้ความรู้สึกต่างๆ ดังนั้นระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular system) หรือ อวัยวะรับความสมดุลภายในหูชั้นใน กล้ามเนื้อ เส้นเอ็น ความรู้สึกที่ข้อต่อ การมองเห็น การประสานข้อมูลเหล่านี้ส่งผลต่อพื้นฐานการเคลื่อนไหวการทรงและการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำ (Peng, 2016) ผลที่พัฒนาขึ้นอาจเกิดจากกล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานมากขึ้นทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อขาทำงานเพิ่มขึ้นด้วย รวมถึงทำการฝึกนั้นเป็นการกระโดดที่จะต้องอาศัยความสมดุลของร่างกายขณะลงสู่พื้นด้วย อีกทั้งทำการฝึกมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่ต้องออกแรงเคลื่อนไหวอย่างเต็มที่ทั้งแนวตั้งและเคลื่อนที่ด้านข้างภายในระยะเวลาอันสั้นทำให้นักกีฬาต้องควบคุมและรักษาสมดุลของร่างกายไว้ให้ได้ เพื่อให้ทรงตัวและสามารถสร้างความมั่นคง สอดคล้องกับการศึกษาของ Ramachandran และคณะ (2021) ที่พบว่าการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้งานวิจัยนี้ทั้งสองกลุ่มมีการฝึกบนพื้นทราย ซึ่งเป็นสนามแข่งขันของกีฬาฟุตบอลชายหาดที่มีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เสถียร มีส่วนช่วยกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ความรู้สึกทางกาย (Proprioceptive systems) และระบบการรับผ่านการมองเห็น (Visual systems) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของระบบประสาทการรับรู้ความรู้สึก (Sensory systems) โดยอาศัยตัวรับสัญญาณ

ประสาทส่วนปลายจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ตัวรับรู้ความรู้สึกที่ข้อต่อ (Joint sense) ตัวรับรู้ความรู้สึกที่กล้ามเนื้อ (Muscle spindle) ที่มีอิทธิพลต่อการทรงตัว สอดคล้องกับรายงานของ Zemková (2016) ที่กล่าวว่า การฝึกบนพื้นผิวที่ไม่เสถียรจะกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทการรับรู้บริเวณข้อต่อ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการควบคุมการทรงตัวและรักษาสมดุลของร่างกาย ส่งผลให้มีการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวได้ดีขึ้น

การศึกษานี้ยังพบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ความคล่องแคล่วว่องไวและความเร็วระยะ 5 เมตร และ 10 เมตรพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสองกลุ่ม จะเห็นได้ว่าความคล่องแคล่วว่องไวเป็นอีกหนึ่งสมรรถภาพที่มีความสำคัญอย่างมากในกีฬาฟุตบอลชายหาด เนื่องจากกีฬาฟุตบอลชายหาดมีการพยายามช่วงชิงการครอบครองลูกเพื่อสร้างโอกาสในการทำประตูให้กับทีมและเปลี่ยนแปลงทิศทางอย่างรวดเร็ว โดยการฝึกพลัยโอเมตริกจะส่งผลต่อองค์ประกอบในการเคลื่อนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังระเบิดเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ James และ Wallin (2014) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาส่วนล่างของร่างกายแบบที่ละข้างและแบบสองขาของการฝึกแรงต้านและพลัยโอเมตริกที่มีต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนทิศทางด้วยความเร็วและความเร็วในการวิ่งทางตรง พบว่า กลุ่มที่ฝึกแบบที่ละข้างมีการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว และพบการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วระยะ 10 เมตร ในกลุ่มที่ฝึกแบบสองขา

นอกจากนี้ ในการวิจัยครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ความเร็วในทุกระยะของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มนั้นมีแนวโน้มการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าโปรแกรมการฝึกของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มนั้นเป็นการฝึกพลัยโอเมตริก ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทั้งความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อให้กับนักกีฬา ส่งผลต่อการเร่งความเร็วและเคลื่อนที่สั้นๆ สอดคล้องกับ Maćkata และคณะ (2015) ที่กล่าวว่า การฝึกกระโดดหลายๆครั้ง สามารถพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วได้ เมื่อนักกีฬาที่มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการวิ่งดีขึ้น สอดคล้องผลการวิจัยนี้ที่มีพลังกล้ามเนื้อพัฒนาขึ้นมาจนเกิดความแตกต่าง

**สรุปผลการวิจัย** การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและการฝึกพลัยโอเมตริกแบบฝึกสองขา สามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถในการเร่งความเร็วได้ทั้งสองรูปแบบ ทั้งนี้การฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างเหมาะสมสำหรับการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาข้างเดียวโดยเฉพาะการเคลื่อนไหวทางการกีฬาที่เน้นการใช้ร่างกายเดียวของร่างกายเป็นหลัก และยังส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาข้างที่ไม่ถนัดด้วย ขณะที่หากต้องการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเมื่อต้องเคลื่อนที่แบบสองขาก็ควรฝึกให้มีความเฉพาะเจาะจงแบบการฝึกทั้งสองข้างพร้อมกัน

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและแบบฝึกสองขา เป็นโปรแกรมที่นักกีฬาต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องถึงจะพัฒนาได้อย่างเหมาะสม
2. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและแบบฝึกสองขา สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้ โปรแกรมการฝึกนี้สามารถนำไปใช้ฝึกกับนักกีฬาที่มีความต้องการทางสมรรถภาพที่คล้ายกัน แต่ระยะเวลา 6 สัปดาห์อาจจะไม่เพียงพอควร เพิ่มเป็น 8 สัปดาห์ขึ้นไป

**กิตติกรรมประกาศ** ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวก อุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย และมูลนิธิพระบรมราชานุสรณ์พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัวและสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ประจำปี 2566 ที่ได้มอบทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และสโมสรฟุตบอลชายหาดที่ได้ให้ความร่วมมือส่งนักกีฬาเข้าร่วมงานวิจัย ตลอดจนผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำเป็นอย่างดี

### เอกสารอ้างอิง

- Appleby, B. B., Cormack, S. J., and Newton, R. U. (2020). Unilateral and bilateral lower-body resistance training does not transfer equally to sprint and change of direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 54-64.

- Ashlee, M. H., Michael, S., and Dawson, J. K. (2012). Cross education and immobilisation: Mechanisms and implications for injury rehabilitation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(2), 94-101.
- Baechle, T.R. and Earle, R.W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign: Human Kinetics.
- Bompa, T. (1993). *Periodization of strength: the new wave in strength training*. Toronto: Veritas.
- Botton, C. E., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Rech, A., Brown, L. E., and Pinto, R. S. (2016). Neuromuscular adaptations to unilateral vs. bilateral strength training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1924-1932.
- Chu, D. (1992). *Jumping into plyometrics*: Champaign: Leisure Press.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., and Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146.
- de Lira, C. A. B., Mascarín, N. C., Vargas, V. Z., Vancini, R. L., and Andrade, M. S. (2017). Isokinetic knee muscle strength profile in brazilian male soccer, futsal, and beach soccer players: a cross-sectional study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(7), 1103-1110.
- Docherty, D., Robbins, D., and Hodgson, M. (2004). Complex training revisited: a review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal*, 26(6), 52-57.
- Ebben W. P., and Watts P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(5), 18-27.
- Gregory, C. B., Athanasios, T., Olga, K., Gerasimos, T., Panagiotis, V., and Lee, E. B. (2019). Comparison between unilateral and bilateral plyometric training on single- and double-leg jumping performance and strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(3), 633-640.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., and Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: unilateral versus

- bilateral combined resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106-114. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0743>
- Herzog, W., Leonard, T. R., Joumaa, V., and Mehta, A. (2008). Mysteries of muscle contraction. *Journal of Applied Biomechanics*, 24(1), 1-13.
- Katch, V., McArdle, W.D., and Katch, F. (2013). *Essentials of exercise physiology: Fourth edition*. New York: Lippincott William & Wilkins.
- Lee, M., and Carroll, T. J. (2007). Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(1), 1-14.
- Maćkała, K., Fostiak, M., and Kowalski, K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of Human Kinetics*. 45, 135-148.
- Maijiu, T., and Daqing, L. (2000). *Sports training science*. Beijing: People's Sport Publishing House.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? a meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355.
- McCurdy, K. W., Langford, G. A., Doscher, M. W., Wiley, L. P., and Mallard, K. G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 9-15.
- McCurdy, K., Langford, G. A., Cline, A. L., Doscher, M., and Hoff, R. (2004). The reliability of 1- and 3rm tests of unilateral strength in trained and untrained men and women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3(3), 190-196.
- McCurdy, K., O'Kelley, E., Kutz, M., Langford, G., Ernest, J., and Torres, M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 19(1), 57-70.
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D. G., García-Hermoso, A., Izquierdo, M., and Granacher, U. (2021). Effects of bilateral and unilateral resistance training on horizontally orientated movement performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports*

- medicine (Auckland, N.Z.), 51(2), 225-242.*
- Peng, Z. (2016). *The comparative study on the impact of lower extremity maximum strength and power between deep squat and modified single-leg squat.* Beijing: Beijing Sport University.
- Puangmalai, P. & Apanukul, S. (2024). The Effect of Loaded Versus Unloaded Plyometric Training with Change of Direction on Physical Fitness Performance in Male Football Players. *Journal of Sports Science and Health, 25(2), 83-100.*
- Ramachandran, A. K., Singh, U., Ramirez-Campillo, R., Clemente, F. M., Afonso, J., and Granacher, U. (2021). Effects of plyometric jump training on balance performance in healthy participants: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology, 12, 730945.* <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.730945>
- Ramírez-Campillo, R., Burgos, C. H., Henríquez-Olguín, C., Andrade, D. C., Martínez, C., Álvarez, C., Castro-Sepúlveda, M., Marques, M. C., & Izquierdo, M. (2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29(5), 1317-1328.* <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000762>
- Ramirez-Campillo, R., Thapa, R. K., Afonso, J., Perez-Castilla, A., Bishop, C., Byrne, P. J., and Granacher, U. (2023). Effects of plyometric jump training on the reactive strength index in healthy individuals across the lifespan: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 53(5), 1029-1053.*
- Rosario, S., and Antonio, A. (2017). Match analysis of an elite beach soccer team. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness, 57(7-8), 953-959.*
- Stern, D., Gonzalo-Skok, O., Loturco, I., Turner, A., and Bishop, C. (2020). A comparison of bilateral vs. unilateral-biased strength and power training interventions on measures of physical performance

- in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(8), 2105-2111.
- Todd, M. (2012). *Guide to Tests and Assessments*. Colorado: In National Strength & Conditioning Association (U.S.) (Ed.).
- Warasit, N. (2021). *Effects of sport-specific unilateral complex training on spike performance in youth male sepak takraw players*. Master's Thesis, Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University. Bangkok.
- Zemková E. (2016). Instability resistance training for health and performance. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(2), 245-250.