

บทความวิจัย

ผลของการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริกต่อ
สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายเตชะพงษ์ เพชรประภัสสร และสุทธิกร อภาณุกุล
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 25 April 2024 / Revised: 10 May 2024 / Accepted: 26 July 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอายุระหว่าง 21 ± 1.3 ปี จำนวน 21 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 11 คน ฝึกแบบผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริก และกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน ฝึกแบบผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริก ฝึกด้วยแรงต้านที่ 85% ของแรงสูงสุดที่ทำได้ 1 ครั้ง หรือหนึ่งอาร์เอ็ม (one-repetition maximum; 1RM) จำนวน 6 ครั้ง และตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก จำนวน 12 ครั้ง 3 ชุด ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงสูงสุด พลังสูงสุดกล้ามเนื้อ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง การทรงตัว ความเร็ว 10 และ 20 เมตร และความสามารถของการเปลี่ยนทิศทางก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Paired Samples t-test และ Independent Samples t-test หาก

ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นโค้งปกติวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Wilcoxon Sign Rank test และ Man-Whitney U test กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์พบว่าพลังกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ความเร็ว 20 เมตร ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่าง ความแข็งแรงสูงสุดสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด การทรงตัวขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ความเร็ว 10 เมตร และความสามารถของการเปลี่ยนทิศทาง

สรุปผลการวิจัย การฝึกแบบผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงของขาข้างที่ไม่ถนัด พลังของกล้ามเนื้อ และการทรงตัวได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านสองข้าง

คำสำคัญ: กีฬาฟุตบอล / สมรรถภาพกล้ามเนื้อขา / การฝึกเชิงซ้อน / การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียว

Original Article**THE EFFECT OF UNILATERAL TRAINING COMBINED WITH PLYOMETRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCES IN MALE FOOTBALL PLAYERS****Tachapong Patchprapatsorn and Suttikorn Apanukul**

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 25 April 2024 / Revised: 10 May 2024 / Accepted: 26 July 2024

Abstract

Purpose The purpose of this study was to investigate the effect of unilateral resistance training combined with plyometric training on leg muscular performance in male soccer players.

Methods Twenty-one competitive male soccer players (mean age=21±1.3 years) were subject in this study. All subjects were randomly assigned to 2 groups: (a) Unilateral resistance training combined with plyometric training group (UPT, n=11); and (b) Bilateral resistance training combined with plyometric training group (BPT, n=10). Boths group load 85% of one-repetition maximum (1RM) for 6 repetitions followed 12 plyometric training 3 set. The subjects were tested for maximum strength, peak power, reactive strength index, balance, speed 10 and 20 m, and change of direction, prior to the training and after the 6th-week of training. Analyzed using Paired Samples t-test statistics and Independent

Samples t-test. If the data was not normally distributed, analyzed using the Wilcoxon Sign Rank test and Man-Whitney U test. significance $p<0.05$

Results After 6 weeks, it was found the significant ($p<0.05$) power double legs, non-dominant and dominant legs, speed 20 m between groups and no differences of 1 RM double legs, non-dominant and dominant legs, reactive strength index, balance non-dominant and dominant legs, speed 10 m and change of direction.

Conclusion Hence, Unilateral resistance training combined with plyometric training is better than traditional complex training for developing non-dominant leg strength power and balance.

Key Words: Soccer / Leg muscular performance / Complex training / Unilateral training

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมากทั่วโลก ทั้งนี้เพราะฟุตบอลเป็นกีฬาเพื่อสุขภาพ เพื่อความบันเทิง และเพื่อความบันเทิง ในด้านการแข่งขันเพื่อความเป็นเลิศ นักฟุตบอลจะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะที่ดีไม่ว่าจะเป็นการครอบครองลูกบอล การเลี้ยง การเตะบอล การส่งบอล การยิงประตู เป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญของกีฬาฟุตบอล นอกจากนี้จะมีความสามารถทางทักษะที่ดีแล้วจะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดีอีกด้วยเพราะกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวหลายรูปแบบ (Sheppard et al., 2006) มีการปะทะกันอย่างรุนแรงและใช้เวลาในการแข่งขันนานถึง 90-120 นาที จากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวพบว่านักฟุตบอลวิ่งเปลี่ยนทิศทางหรือเปลี่ยนความเร็วทุกๆ 5-6 วินาที เป็นจำนวน 850-1,000 ครั้งและมีลักษณะการวิ่งที่หลากหลายรูปแบบโดยมีการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ด้านข้าง กลับตัวเปลี่ยนทิศทาง วิ่งซิกแซก เป็นต้น ซึ่งการวิ่งเปลี่ยนทิศทางก็เป็นอีกหนึ่งศักยภาพที่สำคัญในนักกีฬาฟุตบอล ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction หรือ COD) หมายถึง ความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็วเพื่อเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และเร่งความเร็วอีกครั้งในทิศทางใหม่ (Spiteri et al., 2013) ในกีฬาฟุตบอลความสามารถในการวิ่งเปลี่ยนทิศทางมักถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินหรือทดสอบนักฟุตบอลในผู้เล่นวัยต่างๆ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนทิศทาง ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักๆ ด้วยกัน คือ ความแข็งแรง (Strength) ความเร็ว (Speed) พลังกล้ามเนื้อ (Power) ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive

strength index) (Falch et al., 2019) และยังต้องมีกระบวนการรับรู้และการตัดสินใจที่ดีอีกด้วย การศึกษาของ Falch และคณะ (2019) พบว่า การฝึกที่จะพัฒนาการวิ่งเปลี่ยนทิศทางควรที่จะพัฒนาศักยภาพหลายด้านไปพร้อมๆ กันและเป็นการฝึกที่ต้องเฉพาะเจาะจงในกีฬานั้นๆ ซึ่งในกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีช่วงเวลาการแข่งขันที่ยาวนานและมีช่วงเวลาเตรียมความพร้อมก่อนการแข่งขันที่น้อยกว่าช่วงการแข่งขัน Mirkov และคณะ (2008) ช่วงการฝึกเฉพาะเจาะจงในกีฬาฟุตบอลควรเลือกโปรแกรมที่สามารถพัฒนาศักยภาพหลายด้านไปพร้อมๆ กัน

การผสมผสานการฝึกที่มีการฝึกสลับแบบชุดต่อชุด (Set by set) หรือเรียกว่า การฝึกเชิงซ้อน (Complex training) เป็นการฝึกที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ในชุดการฝึกครั้งเดียวกัน (Sittipan and Srihirun, 2024) โดยเกิดจากการกระตุ้นของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียก โปสต์แอคทีเวชัน-โพเทนทิเอชัน (Post-activation potentiation หรือ PAP) ผ่านกลไกของกระบวนการฟอสโฟไรเซชัน (Phosphorylation) หรือกระบวนการที่เกิดมายโอซินเรกูเลทอรีไลท์เชน (Myosin regulatory light chain) ซึ่งจะทำให้แอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) มีความไวต่อแคลเซียมไอออนมากขึ้นและเพิ่มความตื่นตัวของแอลฟาไมโอเตอร์กล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพในการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังจากการทำงานครั้งก่อนหน้า (Hodgson et al., 2005) โดยรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนนั้นจะประกอบด้วยการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง (High resistance training หรือ High-load) โดยทั่วไปจะใช้ความหนักที่ 80-100

เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 1-6 ครั้ง เพื่อระดมหน่วยยนต์กล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงาน และตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งเป็นการฝึกเพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วย หดตัวแบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาศัยกลไกของวงจรการเหยียด-สั้น (Stretch shortening cycle) ซึ่งอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์การยืด (Stretch reflex) ที่เกิดขึ้นที่มัสเซลสปินเดิล (Muscle spindle) ผ่านกลไกการยืดตัวออกของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ (Reflex) โดยสั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่กำลังยืดตัวออกเกิดการหดตัว (Agonist muscle) ขณะเดียวกันก็ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) โดยการฝึกเชิงซ้อนจะต้องใช้ท่าฝึกที่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน (Ebben and Watts, 1998; Docherty et al., 2004; Ebben, 2002; Roden et al., 2014)

การฝึกด้วยแรงต้านในการฝึกเชิงซ้อนทั่วไปในกีฬาฟุตบอลยังใช้การฝึกด้วยแรงต้านแบบสองข้าง (Bilateral training) ซึ่งไม่เฉพาะเจาะจงในกีฬาฟุตบอลเนื่องจากธรรมชาติของนักกีฬาฟุตบอลใช้กล้ามเนื้อหรือแขนขาที่ละข้างในการออกแรงหรือความสามารถของการวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (Maly et al., 2021) จากรายงานการศึกษาพบว่าการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียว (Unilateral training) ส่งผลได้ดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบสองข้างเนื่องจากการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวทำให้กลุ่มกล้ามเนื้อ Adductor major และ Vastus medialis ทำงานมากกว่าเมื่อฝึกด้วยแรงต้านสองข้างทำให้มีการ

ทรงตัวที่ดีกว่า (Núñez et al., 2018) การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวยังช่วยลดภาวะขาดดุลของการแบกน้ำหนักสูงสุด (Bilateral deficit) เนื่องจากการแบกน้ำหนักสูงสุดในตอนการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างทำให้เกิดการถ่ายโอนน้ำหนักไปยังทั้งสองข้างทำให้แบกน้ำหนักสูงสุดได้น้อยกว่าการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวทำให้ส่งผลในความสามารถด้านอื่นๆ ได้ดียิ่งขึ้น (Bishop et al., 2021) และยังพบว่า การศึกษาข้ามสาย (Cross-Education) การออกกำลังกายด้วยแขนหรือขาข้างเดียวโดยเฉลี่ยแล้วความแข็งแรงของ Contralateral เพิ่มขึ้น 11.9% ข้อเท็จจริงนี้อาจเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการป้องกันการลื่นและรักษาความแข็งแรงของแขนขาที่ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งอาจจำกัดปริมาณความไม่สมดุลระหว่างแขนทั้งสองข้างเมื่ออาการบาดเจ็บหายดี (Munn et al., 2004) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาผู้วิจัยเห็นว่า การฝึกเชิงซ้อนโดยใช้การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียว เหมาะสมมากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างในนักกีฬาฟุตบอล เพราะการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริก นอกจากจะพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิบัติการตอบสนอง การทรงตัวและความเร็วเพิ่มขึ้นยังเป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬาฟุตบอล ช่วยในเรื่องการทรงตัว การไหลدنน้ำหนักสูงสุดที่มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบสองข้าง รูปแบบการฝึกเชิงซ้อนที่ผ่านมาในส่วนของความแข็งแรงจะใช้เป็นการฝึกด้วยแรงต้านสองข้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนารูปแบบการฝึกเชิงซ้อนเพื่อให้เฉพาะเจาะจงในนักกีฬาฟุตบอลโดย

จะใช้การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวเข้ามาใช้แทนโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างของโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อน ฝึกเปรียบเทียบโดยใช้ท่า Single-leg squat กับอีกกลุ่มที่ฝึก Back squat ที่ความหนัก 85% ของหนึ่งอาร์เอ็มจำนวน 6 ครั้ง แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก 12 ครั้ง ทั้งสองกลุ่มโดยใช้ท่า Single leg zig-zag jump ฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ฝึก 3 เซต พักระหว่างท่า 30 วินาที และพักระหว่างเซต 5 นาที เพื่อทดสอบในสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกและการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

สมมติฐานของการวิจัย

1. การผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย
2. การผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายแตกต่างกับการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริก

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย ผ่านการรับรองและพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2566 เลขที่โครงการวิจัย 650187

กลุ่มตัวอย่าง นักกีฬาฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากงานวิจัยของ (Chaoplaina and Yimlamai, 2020) กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งมีการกำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ 1.17 กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of test)=.80 และระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*power เวอร์ชัน 3.1.9.7 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน รวมทั้งหมด 20 คน เพื่อป้องกันการ Drop out ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 20% ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 24 คน ก่อนเริ่มทำการวิจัยกลุ่มตัวอย่างเกิดการบาดเจ็บก่อนเข้าร่วมการวิจัยและเข้าร่วมการวิจัยน้อยกว่า 9 ครั้ง ทำให้กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 11 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

1. นักกีฬาฟุตบอลชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี
2. มีความแข็งแรงพื้นฐานในท่าบาร์เบล แบ็คสควอทมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม

3. ไม่มีอาการบาดเจ็บที่บริเวณกล้ามเนื้อ เอ็น หรือกระดูก อย่างน้อย 2 เดือน ก่อนเข้าร่วม วิจัยตามแบบประเมิน

4. ไม่เข้าร่วมงานวิจัยอื่นในขณะที่เข้าร่วม โปรแกรมฝึก

5. ได้รับการฉีดวัคซีนโควิด-19 ตาม มาตรการของรัฐบาล และมีจำนวนครั้งของการฉีดที่ สอดคล้องกับการอนุญาตให้เข้าพื้นที่เพื่อการวิจัย

6. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและลง ลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในใบยินยอม

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจาก การวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัย เช่น ป่วย บาดเจ็บจาก การวิจัยหรือสาเหตุอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการ ฝึกซ้อม

2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก น้อยกว่าร้อยละ 80 (เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 9 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มี คุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือกจากการเลือกแบบ เจาะจง (Purposive Sampling) จากนั้นใช้การสุ่ม กลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มด้วยวิธีจับคู่ (Matched pair) จากความแข็งแรงสัมพันธ์ในท่าแบ็คสควอทด้วยโอลิมปิก บาร์เบล (Olympic barbell)

2. ทำการทดสอบก่อนการทดลองผู้วิจัย ดำเนินการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 21 คน โดยทำการวัดและเก็บข้อมูลตัวแปรทาง สรีรวิทยาพื้นฐาน ความแข็งแรงสูงสุดสองขา ขาที่ไม่

ถนัดและขาถนัด พลังกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัด และขาถนัด การทรงตัวขาที่ไม่ถนัด และขาถนัด ความเร็ว 20 เมตรและความสามารถในการเปลี่ยน ทิศทาง

2.1) การวัด และเก็บข้อมูลตัวแปรทาง สรีรวิทยาพื้นฐาน ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ มวลกล้ามเนื้อขาถนัด มวลกล้ามเนื้อขาไม่ถนัด

2.2) ทดสอบความแข็งแรงสูงสุดในท่า Barbell back squat และท่า Single-leg barbell back squat ด้วยโอลิมปิกบาร์เบล

2.3) ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อโดย การกระโดดในแนวตั้งท่า Countermovement jump ด้วยเครื่อง FT700 ควบคู่กับ Force plate

2.4) ทดสอบดัชนีความแข็งแรงแบบ ปฏิกริยาตอบสนองโดยการกระโดดในแนวตั้งท่า drop jump ควบคู่กับกล่องและ Force plate

2.5) ทดสอบการทรงตัว Y-balance

2.6) ทดสอบวิ่งด้วยความเร็ว 10 20 เมตร และการเปลี่ยนทิศทางด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing gate รุ่น SW200 ประเทศ ออสเตรเลีย

3. ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม การวิจัยเหลือกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จำนวน 11 คน กลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน เนื่องจากมีอาการ บาดเจ็บและไม่สมัครใจเข้าร่วมวิจัย 3 คน ทั้งสอง กลุ่มทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดย

3.1) กลุ่มที่ 1 ทำการผสมผสานการฝึก ด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริก การ ฝึกด้วยแรงต้านท่า Single-leg barbell back

squat ที่ความหนัก 85% ของ 1RM ครั้ง พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกทำ Single leg zig-zag jump 12 ครั้ง รวมเป็น 1 ชุด พักระหว่างชุด 5 นาที ทำการฝึกทั้งหมด 3 ชุด ดังรูปที่ 1

3.2) กลุ่มที่ 2 ทำการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริกการฝึกด้วยแรงต้านทำ Barbell back squat ที่ความหนัก 85% ของ 1RM ครั้ง พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกทำ Single leg zig-zag jump 12 ครั้ง รวมเป็น 1 ชุด พักระหว่างชุด 5 นาที ทำการฝึกทั้งหมด 3 ชุด ดังรูปที่ 2

4. ทำการทดสอบหลังการทดลอง โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 21 คน จะได้รับการทดสอบตัวแปรสรีรวิทยาพื้นฐาน ความแข็งแรงสูงสุดสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด พลังกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด การทรงตัวขาที่ไม่ถนัด และขาถนัด การทรงตัว ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ความเร็ว 20 เมตร และความสามารถของการเปลี่ยนทิศทาง จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ



รูปที่ 1 แสดงท่าการฝึก Single-leg barbell back squat แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกทำ Single leg zig-zag jump



รูปที่ 2 แสดงท่าการฝึก Barbell back squat แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกทำ Single leg zig-zag jump

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบการแจกแจงข้อมูลแบบโค้งปกติของทุกตัวแปรโดยใช้ Shapiro-Wilk
2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
3. หากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Paired Samples t-test และหากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบโค้งไม่ปกติ

- วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Wilcoxon Sign Rank test ภายในกลุ่ม
4. หากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test และหากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบโค้งไม่ปกติ วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Man-Whitney U test ระหว่างกลุ่ม
 5. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาพื้นฐานระหว่างก่อนการฝึก และหลังการฝึกของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยา	กลุ่มที่ 1 (n=11)		กลุ่มที่ 2 (n=10)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
อายุ (ปี)	20.27±1.35	20.27±1.35	20.8±1.36	20.8±1.36
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	68.92±5.11	70.27±5.76*	67.18±9.07	68.22±9.36*
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	176.90±4.85	176.91±4.85	172.70±6.93	172.8±7.00
มวลกล้ามเนื้อขาหน้า (กิโลกรัม)	9.86±0.84	10.00±0.92	9.65±1.03	9.69±1.02
มวลกล้ามเนื้อขาไม่ถนัด (กิโลกรัม)	9.80±0.78	9.97±0.89*	9.71±1.00	9.67±1.03

*p<0.05 แตกต่างระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

ผลการวิจัย

จากการทดสอบการกระจายแบบโค้งปกติพบว่า มีตัวแปรความแข็งแรงสูงสุดขาไม่ถนัดและขาถนัด แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดของกล้ามเนื้อสองขา ขาไม่ถนัดและขาถนัด ดรีอปจัมพ์ขาที่ไม่ถนัด และขาถนัด การทรงตัวขาที่ไม่ถนัด ความเร็ว

10 และ 20 เมตร และการเปลี่ยนทิศทาง มีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ และตัวแปรความแข็งแรงสูงสุดสองขา พลังกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ความเร็วสูงสุดของกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด ดรีอปจัมพ์สองขา การทรงตัวขาถนัด มีการกระจายตัวแบบโค้งไม่ปกติ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	ก่อนการฝึก		P-Value
	กลุ่มที่ 1 (n=11)	กลุ่มที่ 2 (n=10)	
ความแข็งแรงสูงสุดสองขา (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.69±0.18	1.72±0.21	0.73*
ความแข็งแรงสูงสุดขาไม่ถนัด (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.08±0.17	1.08±0.16	0.83*
ความแข็งแรงสูงสุดขาถนัด (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.17±0.20	1.10±0.15	0.39*
พลังกล้ามเนื้อสองขา (วัตต์/กิโลกรัม)	54.82±5.55	58.22±9.20	0.40
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	37.28±11.07	45.92±12.96	0.34
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	2.55±0.25	2.69±0.40	0.48
พลังกล้ามเนื้อขาที่ไม่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)	31.71±4.83	31.37±6.28	0.53
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	33.57±7.80	37.76±5.00	0.45
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	1.77±0.25	1.76±0.31	0.36
พลังกล้ามเนื้อขาถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)	32.57±3.28	35.58±7.20	0.29
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	32.43±5.84	37.30±4.21	0.47
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	1.87±0.20	2.03±0.45	0.40
ดริอปจัมพ์สองขา (เมตร/วินาที)	0.60±0.20	0.70±0.33	0.71
ดริอปจัมพ์ขาที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)	0.43±0.18	0.42±0.53	0.74
ดริอปจัมพ์ขาถนัด (เมตร/วินาที)	0.39±0.18	0.35±0.11	0.13
การทรงตัวขาที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)	96.91±7.88	103.06±5.80	0.20
การทรงตัวขาถนัด (เซนติเมตร)	95.46±9.72	100.36±5.51	0.04#
ความเร็ว 10 เมตร (วินาที)	1.88±0.088	2.00±0.13	0.46
ความเร็ว 20 เมตร (วินาที)	3.19±0.14	3.31±0.15	0.72
การเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	6.30±0.21	6.34±0.36	0.14

*p<0.05 แตกต่างระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

#p<0.05 แตกต่างกันระหว่างกลุ่มการฝึก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตัวแปร	หลังการฝึก 6 สัปดาห์		P-Value
	กลุ่มที่ 1 (n=11)	กลุ่มที่ 2 (n=10)	
ความแข็งแรงสูงสุดสองขา (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.85±0.19	1.98±0.27	0.38*
ความแข็งแรงสูงสุดขาไม่ถนัด (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.37±0.19	1.33±0.16	0.61*
ความแข็งแรงสูงสุดขาถนัด (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.42±0.25	1.38±0.19	0.50*
พลังกล้ามเนื้อสองขา (วัตต์/กิโลกรัม)	60.40±3.50	63.08±9.97	0.002#
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	41.33±7.71	56.49±11.79	0.15
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	2.64±0.12	2.82±0.37	0.36
พลังกล้ามเนื้อขาที่ไม่ถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)	33.23±3.62	34.93±6.76	0.05*#
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	35.37±6.86	42.32±13.73	0.08
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	1.80±0.27	1.92±0.35	0.57*
พลังกล้ามเนื้อขาถนัด (วัตต์/กิโลกรัม)	34.08±1.94	39.40±7.16	0.001#
แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุด (นิวตัน/กิโลกรัม)	35.72±6.64	47.37±16.19	0.01#
ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	1.91±0.12	2.14±0.34	0.05#
ดริอปจัมพ์สองขา (เมตร/วินาที)	0.77±0.18	0.88±0.27	0.36
ดริอปจัมพ์ขาที่ไม่ถนัด (เมตร/วินาที)	0.43±0.09	0.49±0.13	0.38
ดริอปจัมพ์ขาถนัด (เมตร/วินาที)	0.40±0.09	0.46±0.10	0.07
การทรงตัวขาที่ไม่ถนัด (เซนติเมตร)	98.02±8.09	106.12±7.7	0.80
การทรงตัวขาถนัด (เซนติเมตร)	98.35±8.23	105.21±6.84	0.31
ความเร็ว 10 เมตร (วินาที)	2.07±0.43	1.99±0.19	0.94
ความเร็ว 20 เมตร (วินาที)	3.06±0.37	3.27±0.12	0.02#
การเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	6.29±0.29	6.06±1.00	0.67

*p<0.05 แตกต่างระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

#p<0.05 แตกต่างกันระหว่างกลุ่มการฝึก

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ 1 น้ำหนัก มวลกล้ามเนื้อขาไม่ถนัด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างค่าเฉลี่ย อายุ ส่วนสูง มวลกล้ามเนื้อขาถนัด มวลกล้ามเนื้อ และกลุ่มที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ย น้ำหนัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างค่าเฉลี่ย อายุ ส่วนสูง มวลกล้ามเนื้อขาถนัด มวลกล้ามเนื้อขาไม่ถนัด

จากตารางที่ 2 พบว่า ก่อนการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 มีการทรงตัวขาถนัดมากกว่ากลุ่มที่ 1 จนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 มีการพัฒนาการทรงตัวขาถนัดขึ้นมาจนไม่เกิดความแตกต่างกับกลุ่มที่ 2 และทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด จนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้ง 2 กลุ่มมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งกลุ่มที่ 1 มีพลังกล้ามเนื้อสองขาจนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มที่ 2 มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาไม่ถนัด ความเร็วสูงสุดขาไม่ถนัด พลังกล้ามเนื้อขาถนัด จนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดขาถนัด ความเร็วสูงสุดขาถนัด มากกว่ากลุ่มที่ 1 จนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มที่ 1 มีความเร็ว 20 เมตร แตกต่างกับกลุ่มที่ 2 จนเกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อน (Complex training) เป็นการผสมผสานการฝึกที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ในครั้งเดียวกัน โดยเกิดจากการกระตุ้นของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียกโพสแอกทีเวชัน-โพเทนทิเอชัน (Post-activation potentiation หรือ PAP) ผ่านกลไกของกระบวนการฟอสโฟรีเรชัน (Phosphorylation) ซึ่งหมายถึงกระบวนการที่เกิดมายโอซินเรกกูลาทอรีไลต์เชน (Myosin regulatory light chain) ซึ่งจะทำให้แอกติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) มีความไวต่อแคลเซียมไอออนมากขึ้นและเพิ่มความตื่นตัวของแอลฟ้ามอเตอร์กล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพในการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังจากการทำงานครั้งก่อนหน้า (Hodgson et al., 2005) ด้วยการใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง (High-load resistance training) 80-100 เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 1-6 ครั้ง เพื่อระดมหน่วยยนต์กล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงาน และตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric training) ซึ่งเป็นการฝึกเพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยหดตัวแบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch reflex) ที่เกิดขึ้นที่มัสเซลสปีนเดิล (Muscle spindle) โดยการฝึกเชิงซ้อนจะต้องใช้ท่าฝึกที่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน (Ebben and Watts, 1998; Docherty et al., 2004; Ebben, 2002; Roden et al., 2014) จากสมมติฐานงานวิจัยที่ว่า การผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาและส่งผลแตกต่าง

กับการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่าทั้งสองกลุ่มทดลองมีการพัฒนาขึ้นของพลังกล้ามเนื้อสองขาภายหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มที่ 1 มีพลังกล้ามเนื้อสองขาแตกต่างจากก่อนการฝึก (จาก 54.82 ± 5.55 เป็น 60.40 ± 3.50 วัตต์ต่อกิโลกรัม) และกลุ่มที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การพัฒนากล้ามเนื้อสองขาเพิ่มขึ้นที่ 8.35% แต่ไม่แตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเป็นไปตามทั้งสองสมมติฐานงานวิจัยที่ว่า การผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกับการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาและส่งผลแตกต่างกับการผสมผสานการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างกับการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งก็เป็นไปตามหลักการของการฝึกเชิงซ้อนที่ช่วยสามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงได้ในเวลาเดียวกัน โดยกลุ่มที่ 1 มีความแข็งแรงสูงสุดสองขาเพิ่มขึ้น (จาก 1.69 ± 0.18 เป็น 1.85 ± 0.19 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) และกลุ่มที่ 2 (จาก 1.72 ± 0.21 เป็น 1.98 ± 0.27 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ความหนักที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ (85 เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 6 ครั้ง) และการฝึกพลัยโอเมตริก (Single leg zig-zag jump จำนวน 12 ครั้ง) สามารถช่วยพัฒนาพลังกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ตามหลักการของการฝึกเชิงซ้อน สอดคล้องกับ Hodgson และคณะ (2005) ที่กล่าวว่า การฝึกเชิงซ้อน เป็นการฝึกที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ในชุดการฝึกครั้งเดียวกัน โดยเกิดจากการกระตุ้นของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียก

โพสต์แอกทิเวชัน-โพเทนทิเอชัน ผ่านกลไกของกระบวนการฟอสโฟไรเรชัน (Phosphorylation) Ebben และ Watts (1998) ได้กล่าวว่า กระบวนการฟอสโฟไรเรชัน ซึ่งหมายถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยโอซินเรกูลาทอรีไลต์เชน (Myosin regulatory light chain) ซึ่งจะทำให้แอกติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) มีความไวต่อแคลเซียมไอออนมากขึ้นและเพิ่มความถี่ตัวของแอลฟ้ามอเตอร์กล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพในการหดตัวเพิ่มขึ้น หลังจากฝึกด้วยแรงต้านครั้งก่อนหน้า และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อสองขามากกว่ากลุ่มที่ 1 (63.08 ± 9.97 และ 60.40 ± 3.50 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) อาจเป็นเพราะการฝึกเชิงซ้อนมีการฝึกแรงต้านเพื่อระดมหน่วยยนต์กล้ามเนื้อหดตัวเร็วมาทำงานและตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกเพื่อให้กล้ามเนื้อยืดออกและหดตัวด้วยความเร็ว ซึ่งอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch reflex) ที่เกิดขึ้นที่มีสเปคูล สปินเดิล (Muscle spindle) ผ่านกลไกการยืดตัวออกของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ (Reflex) โดยสั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่กำลังยืดตัวออกเกิดการหดตัว (Agonist muscle) ขณะเดียวกันก็ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) โดยการฝึกเชิงซ้อนจะต้องใช้ท่าฝึกที่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน (Ebben and Watts, 1998) แต่ว่าการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียวจะต้องมีการสร้างสมดุลการทรงตัว ดังนั้นอาจจะทำให้ฝึกด้วยแรงต้านเพื่อระดมหน่วยยนต์ทำได้ไม่เต็มที่ สอดคล้องกับ Anderson และ Behm (2005) ที่กล่าวว่า การฝึก

เชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียวร่างกายจะมีการสร้างสมดุคัลต์โนมิติ แรงจะถูกกระจายไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่นเพื่อช่วยรักษาสมดุคัล การฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียวถึงแม้จะสามารถพัฒนาความแข็งแรงได้แต่พลังกล้ามเนื้อ หรือการผลิตแรงมีโอกาสลดลงถึง 30% ซึ่ง Anderson และ Behm (2005) ได้กล่าวอีกว่า เมื่อฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวกกล้ามเนื้อแกนกลางจะทำงานมากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านสองข้างเพื่อรักษาสมดุคัลของร่างกายตรงจุดนี้อาจทำให้มีการกระจายแรงเกิดขึ้นทำให้ช่วงระดมหน่วยยนต์ทำได้ไม่เต็มที่ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่สังเกตได้จากมวลกล้ามเนื้อโดยรวมของกลุ่มที่ 1 ที่มีมากกว่ากลุ่มที่ 2 (32.55 ± 2.63 และ 31.5 ± 3.30 กิโลกรัมตามลำดับ) อาจเป็นเพราะกลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวมีการกระจายแรงไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ เพื่อรักษาสมดุคัลและไม่สามารถผลิตแรงได้เต็มที่ที่เป็นผลให้พลังกล้ามเนื้อสองขา น้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และผลการทดลองยังพบว่า กลุ่มที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การพัฒนาแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดและความเร็วสูงสุดของพลังกล้ามเนื้อสองขา 10.86% และ 3.53% ตามลำดับ แต่กลุ่ม 2 มีเปอร์เซ็นต์การพัฒนาถึง 23.02% และ 4.83% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากลุ่ม 1 ซึ่ง Docherty และคณะ (2004) ได้กล่าวว่าแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดและความเร็วสูงสุดมีความสัมพันธ์ที่ส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเกิดการพัฒนากว่ากลุ่มที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การพัฒนาแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดมากกว่ากลุ่มที่ 1 ถึง 12.16% อาจเป็นเพราะเกิดการกระจายแรง สอดคล้องกับ (Anderson and Behm, 2005) ที่ดูการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อฝึกการทรงตัวของร่างกายพบว่า มี

โอกาสสูงถึง 60% ที่แรงจะถูกกระจายไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่น และเมื่อมาดูพลังกล้ามเนื้อขาที่ไม่ถนัดและขาถนัดพบเหมือนกันว่ากลุ่มที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อขาที่ไม่ถนัด (34.93 ± 6.76 และ 33.23 ± 3.62 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และขาถนัด (39.40 ± 7.16 และ 34.08 ± 1.94 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) แตกต่างจากกลุ่มที่ 1 และทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดขาที่ไม่ถนัดและขาถนัด กลุ่มที่ 1 ขาที่ไม่ถนัด (จาก 1.08 ± 0.17 เป็น 1.37 ± 0.19 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) และขาถนัด (จาก 1.17 ± 0.20 เป็น 1.42 ± 0.25 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) กลุ่มที่ 2 ขาที่ไม่ถนัด (จาก 1.08 ± 0.16 เป็น 1.33 ± 0.16 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) และขาถนัด (จาก 1.10 ± 0.15 เป็น 1.38 ± 0.19 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) แต่ไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มซึ่งก็เป็นไปตามหลักการของการฝึกเชิงซ้อนที่ช่วยสามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงได้ในเวลาเดียวกัน และการที่กลุ่มที่ 1 มีความแข็งแรงสูงสุดขาที่ไม่ถนัดและขาถนัดมากกว่ากลุ่มที่ 2 อาจเป็นเพราะการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวจะทำให้เกิด Bilateral deficit การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวสามารถโหลดน้ำหนักได้มากกว่าทำให้กล้ามเนื้อมีการระดมหน่วยยนต์ที่มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านสองข้าง (Škarabot et al., 2016) สังเกตได้จากกลุ่มที่ 1 ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์มีการพัฒนามวลกล้ามเนื้อขาที่ไม่ถนัดเกิดความแตกต่าง (จาก 9.80 ± 0.78 เป็น 9.97 ± 0.89 กิโลกรัม) แต่ถึงแม้กลุ่มที่ 1 จะมีความแข็งแรงขาที่ไม่ถนัดและขาถนัดมากกว่ากลุ่มที่ 2 แต่ก็ไม่สามารถส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเกิดความแตกต่างได้ อาจเป็นเพราะการฝึกด้วยแรงต้านข้าง

เดี่ยวทำให้เกิด (Cross-Education) ที่ส่งผลถึงกล้ามเนื้อข้างที่ไม่ได้ฝึกไปด้วย (Nijem and Galpin, 2014) ซึ่ง Manca และคณะ (2017) ได้กล่าวว่าการศึกษาข้ามสาย (Cross-Education) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในด้านตรงกันข้าม (contralateral) ถึง 8-12% แต่ก็ไม่สามารถผลิตแรงได้อย่างเต็มที่สังเกตได้จากกลุ่มที่ 2 มีแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งสูงสุดและความเร็วสูงสุดของพลังกล้ามเนื้อขาหนีตมากกว่ากลุ่มที่ 1 จนเกิดความแตกต่าง (47.37±16.19 นิวตันต่อกิโลกรัม และ 35.72±6.64 นิวตันต่อกิโลกรัมตามลำดับ) (2.14±0.34 เมตรต่อวินาที และ 1.91±0.12 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ) ตรงจุดนี้อาจจะสรุปได้ว่าการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านสองข้างเหมาะสมและสามารถผลิตแรง พลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียว

ภายหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างของดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองสองขา ขาที่ไม่ถนัดและขาถนัดแต่มีแนวโน้มในการพัฒนา การที่ทั้งสองกลุ่มไม่เกิดความแตกต่างอาจเป็นเพราะทั้งสองกลุ่มมีการฝึกพลัยโอเมตริกท่าเดียวกันและมีทิศทางการกระโดดไปด้านหน้าเหมือนกัน อาจจะไปกระตุ้นกลไกของวงจรการเหยียด-สั้น (Stretch shortening cycle) ได้คล้ายๆกัน เช่นเดียวกับ Ramirez-Campillo และคณะ (2018) ได้กล่าวว่าการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถส่งผลโดยตรงต่อกลไกของวงจรการเหยียด-สั้น (Stretch shortening cycle) ทำให้มีเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้การตอบสนองของระบบประสาทเร็วขึ้น แต่งานวิจัยนี้ฝึกพลัยโอเมตริกท่า Single leg zig-zag jump ท่าเดียว จำนวน 12

ครั้ง แตกต่างกับงานวิจัยของ Krawczyk และคณะ (2019) ที่มีการฝึกพลัยโอเมตริกหลายท่า แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maćkała และคณะ (2015) ที่กล่าวว่าการฝึกกระโดดหลายๆครั้ง สอดคล้องและสามารถพัฒนาการวิ่งด้วยความเร็วสังเกตได้จากงานวิจัยนี้กลุ่มที่ 1 มีการวิ่งด้วยความเร็ว 20 เร็วกว่ากลุ่ม 2 จนเกิดความแตกต่าง (3.06±0.37 และ 3.27±0.12 วินาที) Comfort และคณะ (2014) ได้กล่าวว่า นักกีฬาที่มีการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดและพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างเพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการวิ่งดีขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่มีความแข็งแรงสูงสุดและพลังกล้ามเนื้อพัฒนาขึ้นมาจนเกิดความแตกต่าง และทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างความสามารถในการวิ่งเปลี่ยนทิศทางภายในและระหว่างกลุ่ม แต่มีแนวโน้มในการพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางเป็นทักษะหลายปัจจัยซึ่งประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงพลังกล้ามเนื้อ เทคนิคการวิ่ง การประสานงานของประสาทและกล้ามเนื้อ (Brughelli et al., 2008) การที่ทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาเพียงเล็กน้อยอาจเป็นเพราะการวิ่งเปลี่ยนทิศทาง นอกเหนือจากความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ยังมีปัจจัยอื่นๆเช่น มุมของการเปลี่ยนทิศทาง การชะลอตัวและความเร็วในการเข้าใกล้ก่อนที่จะเปลี่ยนทิศทาง การเปลี่ยนแปลงความเร็ว (Castillo-Rodríguez et al., 2012) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Appleby และคณะ (2019) พบว่า การแม้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างสามารถส่งผลต่อการวิ่งเปลี่ยนทิศทางได้แต่ควรคำนึงถึงเทคนิคในการวิ่ง

ก่อนการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ 2 มีการทรงตัวของขาหนีตมากกว่ากลุ่มที่ 1 จนเกิดความแตกต่าง (100.36 ± 5.51 และ 95.46 ± 9.76 เซนติเมตร ตามลำดับ) แต่ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่าการทรงตัวของขาหนีตไม่แตกต่างกัน (98.35 ± 8.23 และ 105.21 ± 6.84 เซนติเมตร) จึงเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่า การฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวสามารถช่วยพัฒนาการทรงตัวของร่างกายได้ การที่กลุ่มที่ 1 มีการพัฒนาการทรงตัวขึ้นมาเท่ากันหลังการฝึก 6 สัปดาห์ที่ 6 นั้นอาจเป็นเพราะกลุ่มที่ 1 มีความแข็งแรงขาหนีตมากกว่ากลุ่มที่ 2 (10.00 ± 0.92 และ 9.69 ± 1.02 กิโลกรัม ตามลำดับ) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Núñez และคณะ (2018) ได้กล่าวว่าการฝึกด้วยแรงต้านข้างเดียวส่งผลให้กล้ามเนื้อ Adductor major และ Vastus medialis ที่ส่งผลต่อการทรงตัวทำงานมากกว่าเมื่อฝึกด้วยแรงต้านสองข้างตรงจุดนี้อาจจะทำให้กลุ่มที่ 1 มีการพัฒนาการทรงตัวขาหนีตจนไม่เกิดความแตกต่าง

สรุปผลการวิจัย จากผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มสามารถส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย แต่มีความแตกต่างตรงที่การฝึกเชิงซ้อนแบบดั้งเดิมส่งผลต่อพลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่า และการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียวส่งผลต่อการวิ่งด้วยความเร็ว 20 เมตรได้ดีกว่า การฝึกเชิงซ้อนแบบดั้งเดิมจึงควรเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนด้วยแรงต้านข้างเดียวเพื่อที่ให้สมรรถภาพกล้ามเนื้อขาปรับตัวให้ได้มากที่สุดตลอดทั้งฤดูกาล

กิตติกรรมประกาศ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้และ ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านจากนักกีฬาฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเป็นอย่างดีงานวิจัยครั้งนี้จึงสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, K., and Behm, D. G. (2005). The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(1), 43-53.
- Appleby, B. B., Cormack, S. J., and Newton, R. U. (2019). Specificity and transfer of lower-body strength: influence of bilateral or unilateral lower-body resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 318-326.
- Bishop, C., Berney, J., Lake, J., Loturco, I., Blagrove, R., Turner, A., and Read, P. (2021). Bilateral deficit during jumping tasks: Relationship with speed and change of direction speed performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1833-1840.

- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., and Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(12), 1045-1063.
- Castillo-Rodríguez, A., Fernández-García, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., and Carnero, E. Á. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 725-732.
- Chaoplaina, R., and Yimlamai, T. (2020). The effect of eccentric complex training on leg muscular performance in soccer players. *Journal of Sports Science and Health*, 21(3), 327-341.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., and Clarkson, B. (2014) Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
- 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. *Strength and Conditioning Journal*, 20(5), 18-27.
- Ebben, W. P. (2002). Complex training: a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(2), 42-46.
- Falch, H. N., Rædergård, H. G., and van den Tillaar, R. (2019). Effect of different physical training forms on change of direction ability: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 1-37.
- Hodgson, M., Docherty, D., and Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(7), 585-595.
- Krawczyk, M., and Pocięcha, M. (2019). Influence of a 6-week mixed ballistic-plyometric training on the level of selected strength and speed indices of the lower limbs in young football players. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference*, 4, 198-206.
- Maćkała, K., and Fostiak, M. (2015). Acute effects of plyometric intervention performance improvement and

- related changes in sprinting gait variability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1956-1965.
- Maly, T., Ford, K. R., Sugimoto, D., Izovska, J., Bujnovsky, D., Hank, M., and Zahalka, F. (2021). Isokinetic strength, bilateral and unilateral strength differences: variation by age and laterality in elite youth football players. *International Journal of Morphology*, 39(1), 260-267.
- Manca, A., Dragone, D., Dvir, Z., and Deriu, F. (2017). Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2335-2354.
- Mirkov, D., Nedeljkovic, A., Kukolj, M., Ugarkovic, D., and Jaric, S. (2008). Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1046-1050.
- Munn, J., Herbert, R. D., and Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1861-1866.
- Nijem, R. M., and Galpin, A. J. (2014). Unilateral versus bilateral exercise and the role of the bilateral force deficit. *Strength and Conditioning Journal*, 36(5), 113-118.
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., and Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PloS One*, 13(3), e0193841. DOI: 10.1371/journal.pone.0193841
- Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Garcia-Pinillos, F., Sanchez-Sanchez, J., Yanci, J., Castillo, D., Loturco, I., Chaabene, H., Moran, J., and Izquierdo, M. (2018). Optimal reactive strength index: is it an accurate variable to optimize plyometric training effects on measures of physical fitness in young soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(4), 885-893.

- Roden, D., Lambson, R., and DeBeliso, M. (2014). The effects of a complex training protocol on vertical jump performance in male high school basketball players. *Journal of Sports Science*, 2(2014), 21-26.
- Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A., and Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 342-349.
- Sittipan, K. and Srihirun, K. (2024). Effects of complex training with resistance training combined with repeated sprint on muscular performance and sprint ability in futsal players. *Journal of Sport Science and Health*, 25(3), 22-43.
- Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V., and Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European Journal of Applied Physiology*, 116(11), 2057-2084.
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., and Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *European Journal of Sport Science*, 13(6), 646-652.