

บทความวิจัย**ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบขาข้างเดียวและขาสองข้างที่มีต่อ
สมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลชาย****ดุรงค์กร ธูว์พิรุฬห์ และคนางค์ ศรีหิรัญ**

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 14 June 2024 / Revised: 28 June 2024 / Accepted: 30 July 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวกับการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างที่มีผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลชาย

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย จากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม อายุระหว่าง 18–25 ปี จำนวน 20 คน ได้จากการสุ่มแบบเจาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน คือ กลุ่มที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว กลุ่มที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ด้วยวิธีการจับคู่ (Matched Pair) จากการวัดความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative Strength) เป็นเกณฑ์ ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนการฝึกและหลังการฝึกทดสอบความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัว หลังการฝึกนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที (Paired samples t-test) ก่อนและหลังการฝึกภายในกลุ่ม และค่าที (Independent samples t-test) ก่อนและหลังการฝึกระหว่างกลุ่ม กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย นักกีฬาฟุตบอลทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และการทรงตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึก และยังพบว่ากลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวมีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทุกตัวแปรระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์

สรุปผลการวิจัย โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและแบบใช้ขาสองข้างเป็นรูปแบบที่ช่วยพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และการทรงตัวได้ใกล้เคียงกันแต่โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว ช่วยพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว ได้ดีกว่า ดังนั้นจึงสามารถนำการฝึกนี้ไปประยุกต์เพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลได้

คำสำคัญ: กีฬาฟุตบอล / การฝึกเชิงซ้อน / สมรรถภาพกล้ามเนื้อ / การฝึกแบบใช้ขาข้างเดียว

Original Article

EFFECTS OF UNILATERAL AND BILATERAL COMPLEX TRAINING ON MUSCULAR FITNESS IN FUTSAL MALE PLAYERS

Durongkorn Thuwaphirun and Kanang Srihirun

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 14 June 2024 / Revised: 28 June 2024 / Accepted: 30 July 2024

Abstract

Purpose To investigate and compare the effects of unilateral and bilateral complex training on muscular fitness in futsal male players.

Methods Twenty male futsal players aged between 18-25 years from Chandrakasem Rajabhat University were recruited in this study. The participants, matched by their relative strength, were assigned into 2 groups (n=10/group). Group I received unilateral complex training program while group II completed bilateral complex training program for 2 days/week for a total of 6 weeks. The measurements of strength, muscular power, speed, agility and balance were assessed before and after 6 weeks of training. The obtained data were analyzed in term of means and standard deviations and verified by paired samples t-test (within-group), and independent samples t-test (between-group) at a significance level of 0.05.

Results After training, both of groups showed significant improvements in strength, muscular power, speed and balance compared with pre-training at the .05 level. The bilateral complex training program had the mean values of agility performance significantly higher than pre-training at the .05. However, no significant differences in all valuable were observed between the groups after training ($p>0.05$).

Conclusion Unilateral and bilateral complex training programs effectively enhance muscle strength and power, speed, and balance. However, the unilateral complex training program was more effective in improving agility. Therefore, this training method can be applied to improve leg muscle performance in futsal players.

Key Words: Plantar fasciitis / Risk factors for plantar fasciitis / Treatments for plantar fasciitis / Therapeutic exercise for plantar fasciitis

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตบอล หรือ ที่รู้จักในชื่อ ฟุตบอลในร่ม 5 คน เป็นกีฬาประเภททีมที่ได้รับอนุญาตอย่างเป็นทางการจากสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ และกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นทั่วโลก มีลักษณะเป็นกีฬาที่มีรูปแบบความเข้มข้นสูงอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยความสามารถของนักกีฬาทั้ง สมรรถภาพกล้ามเนื้อ กลยุทธ์ และจิตวิทยา Barbero-Alvarez และคณะ (2008) จากการศึกษาที่ผ่านมา ได้มีการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวในระหว่างการแข่งขันของกีฬาฟุตบอลจะประกอบด้วย การเปลี่ยนทิศทาง การเร่งความเร็ว และการลดความเร็ว และวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า นักกีฬาจะวิ่งเฉลี่ย $3,749 \pm 1,123$ เมตรต่อเกมส์ (Barbero-Alvarez et al., 2008) โดยจะวิ่งประมาณ 117.3 ± 11.6 เมตรต่อนาที วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดคิดเป็น 5.0 ± 3.9 เปอร์เซ็นต์ต่อการแข่งขัน และยังพบอีกว่า มีการวิ่งด้วยความสามารถสูงสุดที่ 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถึง 26.0 ± 13.0 ครั้ง ใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ย 2-4 วินาที ระยะทาง 8-20 เมตร (Caetano et al., 2015) โดยนักกีฬาฟุตบอลจะเปลี่ยนการเคลื่อนไหว 306-468 ครั้งต่อเกมส์ (Shimokochi and Shultz, 2008) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่ากีฬาฟุตบอลนั้นมีความต้องการ พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งขณะทีมเป็นฝ่ายรุก หรือ ฝ่ายรับ ตรงกับการศึกษาของ Castagna และคณะ (2009) จากข้อมูลยังพบอีกว่า นักกีฬาแข่งขันอาชีพมีความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ดีมากกว่านักกีฬาฟุตบอลในระดับสมัครเล่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (González-Villora et al., 2022) และ งานวิจัยหลายฉบับกล่าวไปในใน

ทิศทางเดียวกันคือ ความเร็ว ความคล่องตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และกำลังที่พัฒนาขึ้นมาเป็นอย่างดีเป็นสิ่งสำคัญในการเล่นกีฬาฟุตบอล ในทักษะที่เฉพาะเจาะจง (เช่น การยิง เลี้ยงบอล ส่งบอล) และการเคลื่อนไหว (เช่น การเร่งความเร็ว การชะลอตัว การวิ่ง การเปลี่ยนทิศทาง การกระโดด) (Álvarez et al., 2009; Castagna et al., 2009; Ribeiro et al., 2020; Young et al., 2011)

Bompa และ Buzzichelli (2019) กล่าวว่า สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ หมายถึง ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่สามารถทำงานได้ โดยอาศัยทุกระบบในร่างกายสนับสนุน ทั้งระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท และระบบพลังงาน โดยสมรรถภาพกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับความสามารถรวมกัน ซึ่งเป็นความสามารถที่สำคัญในการจะประสบความสำเร็จในกีฬา Newton และ Kraemer (1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ หรือที่เรียกว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุด คือ ผลรวมของความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เป็นปัจจัยในการแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วในการปล่อยวัตถุ การกระโดด หรือการเร่งความเร็ว นอกจากนี้แล้วยังใช้ในการเร่งความเร็วของการเปลี่ยนทิศทางในชนิดกีฬาต่างๆ เช่น การเร่งความเร็วหลบหลีกคู่ต่อสู้ การเบียดแย่งลูก การเข้าสกัดในกีฬาฟุตบอล โดยสามารถพัฒนาได้หลายวิธีทั้งการฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) การฝึกแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric) การฝึกบอลistik (Ballistic training) การฝึกด้วยการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนไหว (Velocity-Base

Training) และการฝึกเชิงซ้อน (Complex training) โปรแกรมการฝึกแรงต้านและพลัยโอเมตริกส่งผลถึงประสิทธิภาพในการพัฒนานักกีฬาประเภททีมโดยมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างร่างกาย ระบบประสาท ทำให้สามารถเพิ่มอัตรากำลังของกล้ามเนื้อสูงสุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Rate of Force Development) (Sujinarathon and Sanpasitt, 2024) เช่นเดียวกับ งานวิจัยของ Bogdanis และคณะ (2019) กล่าวว่า การฝึกแรงต้านความหนักระดับสูง (High Load) หรือการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งสามารถใช้ในพัฒนาการพลังกล้ามเนื้อและอัตรากำลังของกล้ามเนื้อสูงสุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างไรก็ตาม Adams และคณะ (1992) กล่าวว่า การผสมผสานวิธีการฝึกมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถดีกว่าทำแบบไม่ผสมผสาน ดังนั้นจึงได้มีการแนวคิดผสมผสานการฝึกร่วมกัน ระหว่างการฝึกในความหนักระดับสูงและการฝึกพลัยโอเมตริก อาจช่วยเพิ่มแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ เช่น การวิ่ง การกระโดด และการเปลี่ยนทิศทาง จึงทำให้การฝึก ณ ปัจจุบันมีการรวมการฝึกเพื่อให้เกิดการพัฒนาของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยเรียกการฝึกผสมนี้ว่า การฝึกเชิงซ้อน เป็นการฝึกร่วมกันเป็นชุด เริ่มต้นด้วยท่าออกกำลังกายที่มีความหนักในการฝึกสูง ก่อนตามด้วยท่าที่มีเป็นแรงระเบิด ภายใต้ลักษณะของท่าฝึกที่สอดคล้องกันตามหลักชีวกลศาสตร์ งานวิจัย Hodgson และคณะ (2005) พบว่า การออกกำลังกายที่มีความหนักสูง (เช่น สควอชน้ำหนักสูง การกระโดดด้วยการถ่วงน้ำหนัก) สามารถพลังกล้ามเนื้อได้ ส่งผลให้กระโดดได้สูงขึ้น และกระโดด

ไปด้านหน้าได้ไกลขึ้น เทคนิคการฝึกนี้ใช้ประโยชน์จาก โฟสแอคติเวชัน โฟเทนทิเอชัน (Post Activation Potentiation) อธิบายได้ถึงสภาวะของกล้ามเนื้อที่มีกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท และ เอนไซม์เพิ่มขึ้นหลังจากของการฝึกที่มีความหนักสูงในครั้งแรก แรงระเบิดที่เพิ่มขึ้นระยะสั้นภายหลังการฝึกเป็นผลรวมกันของ 2 หลักการทางสรีรวิทยา (1) เน้นการระดมเพิ่มขึ้นของมอเตอร์ยูนิตภายในกล้ามเนื้อเฉพาะที่ และฟอสโฟริเลชันของไมโอซินไลค์เซน ทำให้แอคตินและไมโอซินมีความไวต่อแคลเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกจากซาร์โคพลาสซึมแคดติกคูลัม (Sweeney et al., 1993) จึงทำให้เพิ่มอัตราการจับตัวของแอคตินและไมโอซิน ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วขึ้น (Rassier and Macintosh, 2000) (2) กล้ามเนื้อมีศักยภาพเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการถูกกระตุ้นของ เอ-โมโนนิวรอน ซึ่งสะท้อนจากการเปลี่ยนแปลงใน เอช-รีเฟคท์ เมื่อสัญญาณประสาทซ้นทับในการกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยระดมเพิ่มความแข็งแรงซึ่งอาศัยกระแสสัญญาณไฟฟ้ากระตุ้นหน่วยมอเตอร์ยูนิตได้มากขึ้น (Güllich and Schmidtbleicher, 1996) สอดคล้องกับ Kobal และคณะ (2017) ที่ได้เปรียบเทียบรูปแบบการฝึกร่วมกันระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน กับ การฝึกพลัยโอเมตริกต่อความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มฝึกแรงต้านก่อนฝึกพลัยโอเมตริก กลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกก่อนฝึกแรงต้าน และ กลุ่มฝึกแรงต้านแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันเป็นชุด ผลการทดลอง พบว่ากลุ่มฝึกแรง

ต้านก่อนฝึกพลัยโอเมตริก กลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกก่อนฝึกแรงต้านและกลุ่มฝึกแรงต้านแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันเป็นชุด สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อได้ ซึ่งมีข้อแนะนำว่ากลุ่มฝึกแรงต้านแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันเป็นชุดให้ผลดีกว่ากลุ่มอื่น ในปัจจุบันการฝึกเชิงซ้อนได้รับการยอมรับว่า สามารถช่วยในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวได้มากขึ้น จึงทำให้ผู้ฝึกสอนนำความรู้นี้ไปใช้ในการจัดโปรแกรมการฝึกให้กับนักกีฬาทั้งประเภทบุคคลและทีม โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักกีฬาที่ต้องการพลังกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวแบบแรงระเบิดที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางด้วยความเร็ว หรือเร่งอัตราเร็วไปยังเป้าหมายที่ต้องการ เช่น กีฬารักบี้ กีฬาฟุตบอล กีฬาวอลเลย์บอล เป็นต้น

ภายใต้หลักการความเฉพาะเจาะจง การเลือกท่าฝึกที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญในกระตุ้นให้เกิดการพัฒนากล้ามเนื้อเป้าหมายและทักษะที่สำคัญในกีฬา ในกีฬาฟุตบอลนั้นนักกีฬามีการเคลื่อนไหว ทั้งออกแรงด้วยขาสองข้าง (Bilateral) และ ขาข้างเดียว (Unilateral) แต่การฝึกในห้องยิมส่วนใหญ่จะเน้นไปที่ท่าฝึกด้วยขาสองข้างมากกว่า การฝึกด้วยขาข้างเดียวซึ่งสวนทางในเชิงทักษะการออกแรงด้วยขาข้างเดียวมักเกิดขึ้นน้อยกว่าทั้งทักษะในการวิ่ง เตะ เปลี่ยนทิศทาง กระโดดในแนวตั้ง กระโดดในแนวนอน และพบว่า ในการฝึกแบบขาข้างเดียวยังสามารถพัฒนาความแข็งแรงขาข้างเดียวได้มากกว่าการฝึกด้วยขาสองข้างพร้อมกัน (Gonzalo-Skok et al., 2017; Stern et al., 2020) ทั้งนี้ในวิจัย Nunes และคณะ (2018) ได้มีการทดสอบความ

แข็งแรงด้วยเครื่องไอโซคิเนติก เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแล้วพบว่านักกีฬาฟุตบอลมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของขาทั้งสองขาที่ไม่เท่ากัน ได้มีคำแนะนำว่า ควรปรับปรุงความแข็งแรงด้วยการฝึกด้วยขาข้างเดียวเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต จะเห็นได้ว่า หากฝึกโดยใช้ขาข้างเดียวรวมกับการฝึกเชิงซ้อนจะช่วยให้เกิดประโยชน์ทั้งเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อและช่วยปรับความสมดุลของขาไปในเวลาเดียวกัน

ทั้งนี้ การฝึกเชิงซ้อน แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มอัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเป้าหมายสู่การเพิ่มความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อเมื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการฝึกด้วยแรงต้านสูงตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกหรือลักษณะการเคลื่อนไหวแบบมีแรงระเบิดในกลุ่มกล้ามเนื้อมัดนั้นทั้งในผลระยะสั้นและระยะยาว ทั้งนี้การฝึกเชิงซ้อนเป็นรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับกีฬาฟุตบอลอย่างมากเนื่องจากเป็นกีฬาประเภทหนักแบบต่อเนื่องโดยในช่วงหนักจะมีความเข้มข้นของกล้ามเนื้อสูงและอาศัยพลังกล้ามเนื้อในการเปลี่ยนทิศทาง เร่งความเร็ว เข้าสกัดคู่ต่อสู้ รวมถึงการยิงประตู อย่างไรก็ตาม ถึงความก้าวหน้าของกีฬาฟุตบอลพัฒนาขึ้นต่อเนื่อง แต่ยังมีงานวิจัยในกีฬาชนิดนี้อยู่เพียงเล็กน้อยทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจการฝึกเชิงซ้อนในกีฬาฟุตบอลควรฝึกรูปแบบไหนถึงจะสอดคล้องกับกีฬามากกว่ากัน ยิ่งไปกว่านั้นผู้วิจัยยังมีการเปรียบเทียบรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างและขาข้างเดียวเพื่อเป็นแนวทางการฝึกต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวที่ส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว ความคล่องตัว และการทรงตัวในกีฬาฟุตบอล

2. เพื่อเปรียบเทียบการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวกับการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว ความคล่องตัว และการทรงตัวในกีฬาฟุตบอล

สมมติฐานของการวิจัย

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวสามารถเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว ความคล่องตัว และการทรงตัวในกีฬาฟุตบอล

2. การฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวกับการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว ความคล่องตัว และการทรงตัวในกีฬาฟุตบอล แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2567

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดให้ขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 1.23 กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอำนาจการทดสอบ .08 ด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.7 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มในการวิจัย จึงปรับเพิ่มจำนวนของกลุ่ม ตัวอย่างกลุ่มละ 2 คน ดังนั้นจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 24 คน กลุ่มละ 12 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบจับคู่ (Matched pair sampling) จากการทดสอบความแข็งแรงสัมพัทธ์ ค่าที่ได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว ด้วยการหาค่าวันอาร์เอ็ม (one repetition maximum; 1RM) ในท่าบาร์เบลแบคสควอท (Barbell back squat) แล้วหารน้ำหนักตัว

กลุ่มที่ 1 โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว

กลุ่มที่ 2 โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี

2. เคยผ่านการแข่งขันรายการชิงแชมป์แห่งประเทศไทยในระดับอุดมศึกษาหรือแข่งขันรายการกีฬา มหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย อย่างน้อย 1 ครั้ง

3. มีความแข็งแรงขั้นพื้นฐานในการแบกน้ำหนักในท่าบาร์เบลแบคสควอท ที่มุมเข่า 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. ไม่มีอาการกล้ามเนื้อฉีกขาดบริเวณหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า และต้องไม่มีโรคประจำตัว

5. นักกีฬาฟุตบอลจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการอื่นอยู่แล้วหรือไปฝึกกับโครงการอื่นในระยะเวลาเดียวกัน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจาก การวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เป็นต้น

2. เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 10 ครั้งจากทั้งหมด 12 ครั้ง (ฝึกอย่างน้อย 80% ของการฝึก)

3. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกีฬาฟุตบอล และการสร้างโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว และฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง

2. นำโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว และการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างในนักกีฬาฟุตบอล เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเรียบร้อยของโปรแกรมการฝึก

3. นำเสนอโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว และการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างในนักกีฬาฟุตบอลไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไข เพื่อหาค่าความตรง

เชิงเนื้อหา (Content validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านกีฬาฟุตบอล 2 ท่าน โดยค่า IOC เท่ากับ 0.94

4. นำเสนอโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนเพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2567 เลขที่โครงการวิจัย 660182

5. ติดต่อขอใช้สถานที่และเครื่องมือที่ห้องทดสอบสมรรถภาพทางกายของคณะจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องออกกำลังกายเวทเทรนนิ่งจากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

6. ผู้วิจัยติดต่อผู้ดูแลทีมฟุตบอลมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เพื่อค้นหานักกีฬาฟุตบอลที่มีความสนใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัยครั้งนี้

7. ก่อนวันเข้ารับการทดสอบ ผู้วิจัยชี้แจงและทำหนังสืออธิบาย วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยรวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่างและผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย กลุ่มตัวอย่างต้องผ่านแบบสอบถามทุกข้อ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แจ้งไม่ให้นักกีฬาก่อร่างกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง ก่อนวันที่จะมาทำการทดสอบ รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง ต้องนอน

หลับให้เต็มอิ่มที่ก่อนที่จะมีการฝึกในการทดสอบ และการฝึกนักกีฬาก็จะมีการบอกให้ออกแรงให้มากที่สุดและผู้วิจัยรับผิดชอบการรักษาพยาบาลความผิดปกติหรืออาการบาดเจ็บอันเนื่องจากการเข้าร่วมงานวิจัย ในวันที่ทำการทดสอบก่อนการฝึก โดยทดสอบและเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง และทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดในท่าบาร์เบลแบคสควอท เมื่อผ่านเกณฑ์คัดเข้าแล้ว จะมีการชี้แจงขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียดกับกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงการปฏิบัติก่อนวันเข้ารับการทดสอบ

8. ผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบทั้งหมดเป็น 2 วัน เพื่อให้ไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหนื่อยล้ามากเกินไป และป้องกันการบาดเจ็บ โดยในวันแรกจะทำการทดสอบพลังสูงสุด ความเร็วระยะ 5 และ 10 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไว ส่วนการทดสอบวันที่สอง จะทำการทดสอบการทรงตัว แรงหดตัวสูงสุด กล้ามเนื้อ Knee Extensor แรงหดตัวสูงสุด กล้ามเนื้อ Knee Flexor

9. การทดสอบพลังสูงสุด ขาข้างถนัด ขาข้างไม่ถนัด ขาสองข้าง และแรงปฏิกิริยาตอบสนองสูงสุด โดยใช้อุปกรณ์เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ยี่ห้อ Bertec พร้อมโปรแกรม Bertec digital acquire 4 เวอร์ชัน 4.0.11 ประเทศสหรัฐอเมริกา มีหน่วยเป็นวัตต์ แบบทดสอบแรงหดสูงสุดในกล้ามเนื้อ Knee Flexor และ Knee Extensor โดยใช้อุปกรณ์เครื่อง Isokinetic ยี่ห้อ CON-TREX รุ่น MJ ประเทศเยอรมันมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวด้วยแบบทดสอบความคล่องแคล่ว

ว่องไวที่เทส และทดสอบความเร็วในการวิ่งระยะทาง 5 และ 10 โดยใช้อุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate รุ่น SW200 ประเทศออสเตรเลีย มีหน่วยเป็นวินาที และทดสอบการทรงตัว โดยใช้การแบบทดสอบวบาลานซ์ มีหน่วยวัดเป็น เซนติเมตร

10. โปรแกรมการฝึกมีระยะเวลา 6 สัปดาห์ ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน จะทำการฝึกในวันอังคารและพฤหัสบดีใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง ก่อนและหลังการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายและคลายอุ่นทุกครั้ง โดยจะมีผู้วิจัยและผู้ควบคุมดูแลในการฝึก โดยในกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวก่อนการฝึกจะมีการหาค่าทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดในท่าบัลกาเรียนสปริทสควอท

10.1) กลุ่มที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวด้วยน้ำหนักในท่าบัลกาเรียนสปริทสควอท (Bulgarian Split Squat) จำนวน 5 ครั้ง (จังหวะย่อ เข้าท่ามุม 90 องศา) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยท่าบัลกาเรียนสปริทสควอทจัมพ์ จำนวน 10 ครั้งต่อข้างต่อชุด พักระหว่างรอบ 3 นาที ฝึกจำนวน 3 เซต

10.2) กลุ่มที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ด้วยน้ำหนักในท่าแบคสควอท (Back Squats) จำนวน 5 ครั้ง (จังหวะย่อ เข้าท่ามุม 90 องศา) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยท่าเคาท์เตอร์มูฟเมนต์จัมพ์ จำนวน 10 ครั้งต่อรอบ พักระหว่างรอบ 3 นาที ฝึกจำนวน 3 เซต

11. นำผลการทดสอบที่ได้คือ ข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา ตัวแปรสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้แก่ พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) ความเร็ว (Speed) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) และการทรงตัว (Balance) ของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

12. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการฝึก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD)

2. วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของ Shapiro-Wilk

3. เปรียบเทียบผลของการทดลองในตัวแปรทางสรีรวิทยา สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ก่อน

และหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ภายในกลุ่ม โดยใช้สถิติ Paired t-test และระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Independence t-test

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาพื้นฐานได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกายและความแข็งแรงสัมพันธ์ในท่าแบคสควอช ของนักกีฬาฟุตซอล ทั้งกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาพื้นฐาน

ตัวแปร	กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว (n=10)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
อายุ (ปี)	19.60±0.96	19.60±0.96
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67.50±7.66	67.60±7.48
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.00±3.57	177.00±3.57
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร ²)	21.54±2.38	21.57±2.29
ความแข็งแรงสัมพันธ์ในท่าแบคสควอช (น้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (กิโลกรัม) ต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม))	1.54±0.06	-

P>.05 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทั้งก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง (n=10)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
อายุ (ปี)	19.60±0.96	19.60±0.96
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	63.80±6.66	64.00±6.66
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	172.40±8.84	172.40±8.84
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตร ²)	21.50±3.28	21.57±3.21
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบคสควอช (น้ำหนักที่ยกได้สูงสุด (กิโลกรัม) ต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม))	1.56±0.05	-

$P > .05$ ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทั้งก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรพลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัว ช่วงก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ดังแสดงในตารางที่ 2

2.1) กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว พบว่า สมรรถภาพกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ภายในกลุ่มด้านพลังกล้ามเนื้อ ตัวแปรพลังสูงสุดขาสองข้าง พลังสูงสุดข้างถนัด พลังสูงสุดขาข้างไม่ถนัดและดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า ตัวแปรแรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Extensor ขาข้างถนัด แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Extensor ขาข้างไม่ถนัด และแรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor ขาข้างไม่ถนัด

เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor ขาข้างถนัด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ด้านความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัว พบว่า ตัวแปรการทดสอบทีเทส ความเร็วระยะ 5 เมตรและระยะ 10 เมตร และการทรงตัวแบบวายบาลานซ์เทส เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

2.2) กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง พบว่า สมรรถภาพกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ภายในกลุ่มด้านพลังกล้ามเนื้อ ตัวแปรพลังสูงสุดขาสองข้าง พลังสูงสุดข้างถนัด และดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่พลังสูงสุดขาข้างไม่ถนัด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า ตัวแปรแรงหดตัวสูงสุด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรพลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัว ช่วงก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง

ตัวแปร	กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว (n=10)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power)		
พลังสูงสุดขาข้างหนึ่ง (วัตต์)	1,916.83±267.17	2,087.23±280.29*
พลังสูงสุดขาข้างไม่ถนัด (วัตต์)	1,880.48±245.79	2,003.54±268.61*
พลังสูงสุดขาสองข้าง (วัตต์)	2,987.89±482.88	3,206.02±444.87*
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เวลาที่ลอยบนอากาศ (วินาที) ต่อเวลาที่เท้าติดพื้น (วินาที))	0.85±0.12	0.93±0.13*
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength)		
แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Extensor		
- ขาข้างถนัด (นิวตันเมตร)	183.98±20.20	190.20±16.41*
- ขาข้างไม่ถนัด (นิวตันเมตร)	179.69±15.14	186.56±18.26*
แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor		
- ขาข้างถนัด (นิวตันเมตร)	111.68±12.09	113.37±11.00
- ขาข้างไม่ถนัด (นิวตันเมตร)	106.91±7.43	109.05±6.53*
ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)		
การทดสอบทีเทส (วินาที)	11.55±0.96	11.40±0.90*
ความเร็ว (Speed)		
ระยะ 5 เมตร (วินาที)	1.15±0.13	1.08±0.14*
ระยะ 10 เมตร (วินาที)	1.93±0.16	1.89±0.14*
การทรงตัวแบบยบาลานซ์เทส (Y Balance Test)		
การทรงตัวขาข้างถนัด		
- Anterior (เซนติเมตร)	61.20±2.69	62.90±2.33*
- Posterolateral (เซนติเมตร)	81.40±3.37	83.20±3.52*
- Posteromedial (เซนติเมตร)	81.20±3.48	82.00±3.52*
- การทรงตัวขาข้างถนัด (%)	85.76±1.50	87.41±1.68*
การทรงตัวขาข้างไม่ถนัด		
- Anterior (เซนติเมตร)	61.40±2.50	62.60±2.45*
- Posterolateral (เซนติเมตร)	80.80±3.11	82.40±3.30*
- Posteromedial (เซนติเมตร)	81.20±3.48	82.00±3.52*
- การทรงตัวขาข้างไม่ถนัด (%)	85.42±1.72	86.79±1.85*

*P<.05 แตกต่างกับก่อนการฝึกภายในกลุ่ม

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง (n=10)	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 6 สัปดาห์
พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power)		
พลังสูงสุดขาข้างหนึ่ง (วัตต์)	1,958.89±215.18	2,083.14±234.20*
พลังสูงสุดขาข้างไม่ถนัด (วัตต์)	1,901.64±287.18	1,975.34±216.16
พลังสูงสุดขาสองข้าง (วัตต์)	3,193.89±456.78	3,330.84±363.42*
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เวลาที่ลอยบนอากาศ (วินาที) ต่อเวลาที่เท้าติดพื้น (วินาที))	0.79±0.24	1.00±0.23*
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength)		
แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Extensor		
- ขาข้างหนึ่ง (นิวตันเมตร)	184.76±15.88	192.39±12.91*
- ขาข้างไม่ถนัด (นิวตันเมตร)	178.99±15.46	182.17±14.08*
แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor		
- ขาข้างหนึ่ง (นิวตันเมตร)	102.76±11.00	103.28±10.71
- ขาข้างไม่ถนัด (นิวตันเมตร)	102.21±7.14	103.42±6.85
ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)		
การทดสอบทีเอส (วินาที)	11.31±0.71	11.23±0.71
ความเร็ว (Speed)		
ระยะ 5 เมตร (วินาที)	1.11±0.11	1.06±0.11*
ระยะ 10 เมตร (วินาที)	1.92±0.06	1.87±0.07*
การทรงตัวแบบวายบาลานซ์เทส (Y Balance Test)		
การทรงตัวขาข้างหนึ่ง		
- Anterior (เซนติเมตร)	61.40±3.59	62.30±3.52*
- Posterolateral (เซนติเมตร)	80.90±3.90	81.70±3.36*
- Posteromedial (เซนติเมตร)	80.7±2.86	81.60±2.45*
- การทรงตัวขาข้างหนึ่ง (%)	85.86±1.06	86.89±1.58*
การทรงตัวขาข้างไม่ถนัด		
- Anterior (เซนติเมตร)	61.60±3.20	62.50±3.27*
- Posterolateral (เซนติเมตร)	80.70±3.59	81.70±3.23*
- Posteromedial (เซนติเมตร)	80.70±2.86	81.50±2.54*
- การทรงตัวขาข้างไม่ถนัด (%)	85.67±1.21	86.72±1.43*

*P<.05 แตกต่างกับก่อนการฝึกภายในกลุ่ม

กล้ามเนื้อ Knee Extensor ขาข้างถนัด แรงแหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Extensor ขาข้างไม่ถนัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่แรงแหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor ขาข้างถนัดและแรงแหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor ขาข้างไม่ถนัด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ด้านความเร็ว ความคล่องแคล่ว ว่องไว และการทรงตัว พบว่า ตัวแปรความเร็วระยะ 5 เมตรและระยะ 10 เมตร และการทรงตัวแบบ วายบาลานซ์เทส เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่การทดสอบทีเทส ไม่พบว่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

2.3) กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ภายหลังจากฝึก 6 สัปดาห์ พบว่าสมรรถภาพของกล้ามเนื้อทั้ง พลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

สมรรถภาพกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายในกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึก ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้บางส่วน ทั้งสองกลุ่มมีการฝึกแรงต้านที่น้ำหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM โดยกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวใช้ท่าบัลแกเรียนสปริทสควอช จำนวน 5 ครั้ง แล้วตามด้วยท่าบัลแกเรียนสปริทสควอชจัมป์

จำนวน 10 ครั้ง ส่วนกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างใช้ท่าแบคสควอช จำนวน 5 ครั้ง แล้วตามด้วยท่าเคาท์เตอร์มูฟเม้นท์จัมป์ เมื่อเริ่มต้นด้วยความหนักสูงที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM จะเกิดปรับสภาพของกล้ามเนื้อหลายประการดังนี้ ระบบประสาทกล้ามเนื้อมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นผ่านการกระตุ้นหน่วยยนต์ (Motor Unit) ให้มีการระดมหน่วยยนต์และประสานงานกัน รวมถึงการใช้ความหนักสูงร่างกายจะเลือกใช้เส้นใยกล้ามเนื้อประเภทหดตัวเร็ว (Fast-twitch muscle fiber) มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Slow-twitch muscle fiber) เป็นผลทำให้กระตุ้นการสร้างแรงและพลังกล้ามเนื้อ ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับ Vann และคณะ (2022) ได้มีการเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยความหนักสูง 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM และความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ต่อความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อส่วนล่างร่างกาย พบว่า การฝึกทั้ง 2 แบบสามารถเพิ่มขนาดกล้ามเนื้ออัสตัสแลตเตอร์ลิส (Vastus Lateralis) ได้ แต่ยิ่งไปกว่านั้นการฝึกที่ 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM สามารถพัฒนาความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อในการเหยียดข้อเข่า สอดคล้องกับ Schoenfeld และคณะ (2014) ได้ศึกษาระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยคลื่นกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างการยกที่ความหนัก 75 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM และความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM พบว่า เมื่อยกด้วยความหนักสูง 75 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM หน่วยยนต์เริ่มใช้เส้นใยกล้ามเนื้อประเภทหดตัวเร็วตั้งแต่เริ่มฝึกในทางกลับกับการฝึกด้วยน้ำหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1RM

หน่วยยนต์เริ่มใช้เส้นใยกล้ามเนื้อประเภทหดตัวช้า ก่อน โดยเมื่อมีการฝึกในความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ ของ 1RM จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ฝึกอย่างต่อเนื่องกล้ามเนื้อจะมีการฝึกขาดระดับจุลภาค ทำให้ร่างกายมีการปรับตัวโดยมีการซ่อมแซม เพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและเพิ่มการสะสมพลังงาน (Androulakis-Korakakis et al., 2020) แม้ว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกจะน้อยกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง แต่เมื่อดูผลรวมของน้ำหนักที่ฝึกต่อข้างต่อรอบ จะมีปริมาณน้ำหนักที่ต้องรองรับมากกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง นั่นจึงเพิ่มปริมาณความเข้มข้นการฝึกให้การฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว เกิดการปรับตัวระบบประสาททั้งการระดมหน่วยยนต์ที่ควบคุมกล้ามเนื้อมัดใหญ่หรือกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรง ทำฝึกที่ใช้ของทั้งสองกลุ่มได้มีการเลือกให้สอดคล้องกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล ทั้งการยิง การวิ่ง หรือ กระโดด ทำบัลกาเรียนสปริทสคอวซ์ กับท่าฝึกแบบสคคอวซ์ พบว่า การทำงานของกล้ามเนื้อคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหลังด้านล่าง กล้ามเนื้อก้น และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Jones et al., 2012) ภายหลังฝึก 6 สัปดาห์ ผลวิจัยยังอีกพบว่า กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวพัฒนาแรงหดตัวกล้ามเนื้อสูงสุด Knee Flexor ขาข้างไม่ถนัด แต่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างไม่พัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ในขณะที่ฝึกท่าฝึกบัลกาเรียนสปริทสคอวซ์ การเริ่มต้นท่าต้องยกขาขึ้นวางบนกล่อง เลยทำให้เกิดการงอของข้อต่อสะโพก

และการหมุนของกระดูกเชิงกรานไปด้านหน้า ที่จุดเริ่มต้นฝึก ในขณะที่ปฏิบัติจึงอาจเป็นเหตุที่ทำให้เกิดการใช้งานของกล้ามเนื้อกลุ่ม Knee Flexor ที่มีอัตราการทำงานที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ McCurdy และคณะ (2010) ที่ได้วัดค่าคลื่นกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าฝึกบัลกาเรียนสปริทสคอวซ์ พบว่า มีการทำงานของกล้ามเนื้อก้น (Gluteus Medius) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) มากกว่าท่าฝึกบาร์เบลแบคสคคอวซ์ อาจเป็นเหตุผลที่แรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังฝึก

พลังของกล้ามเนื้อภายหลังจาก 6 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า ทั้งกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบขาข้างเดียว และแบบขาสองข้าง สามารถเพิ่มพลังสูงสุดของขาสองข้าง ขาข้างถนัดและดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ บางส่วน พลังกล้ามเนื้อคือผลรวมของความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เป็นปัจจัยในการแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวด้วยอย่างรวดเร็วเช่น การกระโดด หรือ การเร่งความเร็วหลบหลีกคู่ต่อสู้ การเบียดแย่งลูก การเข้าสกัดในกีฬาฟุตบอล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดอาจจะเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นและกระบวนการ การฝึกเชิงซ้อนที่เมื่อเริ่มต้นด้วยความหนักสูงทำให้มีการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โฟสแอคติเวชัน โฟเทนทิเอชันทำให้กล้ามเนื้อมีศักยภาพเพิ่มขึ้น เมื่อการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ กำหนดลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อ และควบคุมระดับการทำงานของ

กล้ามเนื้อ ให้เหมาะสม ส่งผลทำให้ระบบประสาทต้องสั่งการให้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องทำงานร่วมกันอย่างถูกจังหวะ และ ทำอย่างเต็มที่เพื่อให้เกิดพลังสูงสุด (Cormier et al., 2020; Rassier and Macintosh, 2000) ในงานวิจัยของ Ebben (2002) ยังพบอีกว่า การฝึกยกน้ำหนักสูง ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์นิวรอน ที่ส่งสัญญาณไปยังกล้ามเนื้อ และเพิ่มศักยภาพของรีเฟล็กซ์ ที่ตอบสนองของกล้ามเนื้อภายหลังจากเซลล์ประสาทส่งสัญญาณ โดยไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากสมองโดยตรง ผลลัพธ์เหล่านี้อาจเป็นผลให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในลำดับต่อไป เมื่อฝึกตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกในท่าบัลแกเรียนสปริทสควอจัมป์ และเคาท์เตอร์มูฟเม้นจัมป์ ที่เน้นการระเบิดแรง จึงเกิดการปรับตัวของระบบประสาทนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Cormie et al., 2011; Deschenes and Kraemer, 2002; Markovic and Mikulic, 2010) พลังขาข้างไม่ถนัดของกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวแตกต่างหลังฝึกแต่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างไม่แตกต่างหลังฝึก 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 อาจจะเกิดจากการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียว ต้องมีกล้ามเนื้อที่ช่วยควบคุมท่ามากกว่าเป็นขณะฝึกกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมท่าจึงมีการพัฒนาโดยระบบประสาทเกิดการเรียนรู้ และการประสานงานที่จะควบคุมกล้ามเนื้อขาข้างเดียว ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในพลังกล้ามเนื้อขาข้างเดียว ขณะกระโดดแบบขาข้างเดียวร่างกายจะเจอพื้นที่รับแรง

กระแทกมีขนาดน้อยกว่า ทำให้ต้องกระตุ้นกล้ามเนื้อช่วยทรงตัวร่วมกับกล้ามเนื้อหลักมากขึ้นเพื่อรักษาสมดุลของร่างกายให้เคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกันทั้งในจังหวะลงน้ำหนักและจังหวะกระโดดขึ้น การกระโดดสองข้างจะเจอสภาวะพื้นที่รับแรงกระแทกมีขนาดมากกว่าร่างกายอาจไม่จำเป็นต้องกระตุ้นกล้ามเนื้อช่วยทรงตัวมากเท่ากับการกระโดดข้างเดียว ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับ Bishop และคณะ (2021) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการฝึกแบบใช้ขาข้างเดียวและสองข้างต่อพลังกล้ามเนื้อ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการฝึกแบบขาข้างเดียวพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในการกระโดดแบบขาข้างเดียว และการฝึกแบบขาสองข้างพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาสองข้าง สอดคล้องกับ Bogdanis และคณะ (2019) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการฝึกพลัยโอเมตริกแบบใช้ขาข้างเดียวและแบบใช้ขาสองข้าง หลังการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกแบบใช้ขาข้างเดียวมีการเพิ่มประสิทธิภาพของพลังสูงสุดในการทดสอบทั้งแบบขาข้างเดียว และทั้งขาสองข้าง และสามารถพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกด้วย ในขณะเดียวกันการฝึกพลัยโอเมตริกแบบใช้ขาสองข้าง มีเพียงการทดสอบแบบใช้ขาสองข้างทั้งสองข้างเท่านั้นที่เพิ่มขึ้น

ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไวและการทรงตัว

ความเร็วภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มฝึกเชิงซ้อนทั้งกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ช่วยพัฒนาความเร็วระยะ 5 และ 10

เมตร เป็นผลมาจากความแข็งแรงและพลังสูงสุดที่เพิ่มขึ้น จึงเกิดการเพิ่มความสามารถด้านความเร็ว โดยการฝึกเชิงซ้อนช่วยให้เกิดความสามารถของกล้ามเนื้อในการสร้างแรงสูงสุดได้อย่างรวดเร็ว ปริมาณแรงที่สามารถสร้างได้ในช่วงออกวิ่ง เมื่อเกิดขึ้นซ้ำๆทำให้แรงขับเคลื่อนมากขึ้นส่งผลต่อการเร่งความเร็ว ทั้งนี้รูปแบบการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวอาจส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงในกลุ่มกล้ามเนื้อขนาดเล็กและกล้ามเนื้อด้านในที่มีบทบาทสำคัญต่อร่างกาย รักษาสมดุลรองรับการทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่โดยการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงนี้เกิดขึ้นผ่านกระบวนการกระตุ้นประสาทของกล้ามเนื้อโดยตรง ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับ Hammami et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนัก 70-90% ของความหนักสูงสุด (1RM) พบว่าเวลาในการวิ่งระยะทาง 5, 10 และ 20 เมตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่หลังการฝึก 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบระหว่างกลุ่ม

ความคล่องแคล่วว่องไว ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวเกิดการพัฒนาก้าวขึ้น แต่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้างไม่แตกต่าง ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบความคล่องแคล่วว่องไว คือการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทาง เมื่อฝึกเชิงซ้อนความสามารถด้านความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวพัฒนาขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่ในงานวิจัยครั้งนี้กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวเปลี่ยนแปลงเพียงกลุ่มเดียวอาจจะเกิดจาก

ท่าฝึกที่เจาะจงกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว พร้อมทั้งการเชิงซ้อนขาข้างเดียวพัฒนาแรงหดตัวสูงสุดกล้ามเนื้อ Knee Flexor ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็วเป็นผลทำให้เกิดความแตกต่างก่อนและหลังฝึก อย่างไรก็ตามผลการวิจัยในครั้งนี้แตกต่างกับ Stern และคณะ (2020) เปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวกับการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง ผลการวิจัยพบว่า ทั้งการฝึกแบบข้างเดียวและสองข้าง ความเร็วระยะ 10 และ 30 เมตร ความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผลพบว่าความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกัน

การทรงตัวภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ผลของงานวิจัย พบว่า การทรงตัวพัฒนาขึ้นทั้งกลุ่มฝึกเชิงซ้อนทั้งกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาสองข้าง โดยการทรงตัว ถือเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญของการทำงานทางสรีรวิทยา ร่างกายสามารถรักษาสมดุลได้โดยอาศัยการประสานงานจากระบบรับรู้สัมผัสต่างๆ ดังนั้น ระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular system) หรือ อวัยวะรับรู้ความสมดุลภายในหูชั้นใน กล้ามเนื้อเส้นเอ็น ความรู้สึกที่ข้อต่อ การมองเห็น การทำงานของระบบที่กล่าวมานี้ส่งผลต่อการทรงตัวและการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำ (Zhang et al., 2023) ทั้งนี้เนื่องจากการฝึกเชิงซ้อนช่วยในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นส่วนประกอบที่จะประสานงานระบบรับรู้สัมผัสต่างๆของการทรงตัว

สรุปผลการวิจัย การศึกษาในครั้งนี้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวในนักกีฬาฟุตซอล ช่วยให้กล้ามเนื้อขาข้างที่ฝึกได้รับการกระตุ้นการทำงานประสานกันของระบบประสาทสั่งการ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบรับรู้การทรงตัว เป็นผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อขาข้างที่ไม่ถนัดของนักกีฬา มีผลอย่างชัดเจนในตัวแปรพลังกล้ามเนื้อขาข้างไม่ถนัด แรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อในการงอเข้าของขาข้างไม่ถนัด จึงสรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวเป็นรูปแบบที่ช่วยพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว คล่องแคล่วว่องไว และการทรงตัวได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้น โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวยังช่วยพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาข้างที่ไม่ถนัดในนักกีฬาฟุตซอลชายได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบใช้ขาข้างเดียวและขาสองข้าง เป็นโปรแกรมที่นักกีฬาต้องมีความแข็งแรงกล้ามเนื้อพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องถึงจะพัฒนาได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป ประยุกต์ทำการฝึกเชิงซ้อนให้ตอบสนองต่อความต้องการในกีฬานั้นๆ เช่น เปลี่ยนจากกระโดดเป็นการเร่งความเร็วหรือการยิงประตู เพราะอาจช่วยเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อและการเคลื่อนที่ได้เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์การ

กีฬา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ที่ได้ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกในด้านบุคลากร อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนผู้เข้าร่วมการวิจัย และผู้เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Adams, K., O'Shea, J. P., O'Shea, K. L., and Climstein, M. (1992). The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(1), 36-41.
- Álvarez, J. C. B., D'ottavio, S., Vera, J. G., and Castagna, C. (2009). Aerobic Fitness in Futsal Players of Different Competitive Level. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2163-2166.
- Androulakis-Korakakis, P., Fisher, J. P., and Steele, J. (2020). The minimum effective training dose required to increase 1rm strength in resistance-trained men: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(4), 751-765.
- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., and Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart

- rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63-73.
- Bishop, C., Abbott, W., Brashill, C., Read, P., Loturco, I., Beato, M., and Turner, A. (2021). Effects of pre-season strength training on bilateral and unilateral jump performance, and the bilateral deficit in premier league academy soccer players. *Professional Strength and Conditioning*. 2021(62), 7-14.
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligekas, P., and Brown, L. E. (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.
- Bompa, T. O., and Buzzichelli, C. (2019). *Periodization-: theory and methodology of training*. Champaign: Human kinetics.
- Caetano, F. G., de Oliveira, M. J., Marche, A. L., Nakamura, F. Y., Cunha, S. A., and Moura, F. A. (2015). Characterization of the sprint and repeated-sprint sequences performed by professional futsal players, according to playing position, during official matches. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(6), 423-429.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Vera, J. G., and Álvarez, J. C. B. (2009). Match demands of professional futsal: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(4), 490-494.
- 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 (Auckland, N.Z.)*, 41(2), 125-146.
- Cormier, P., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., and Alcaraz, P. E. (2020). Complex and contrast training: does strength and power training sequence affect performance-based adaptations in team sports? a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1461-1479.
- Deschenes, M. R., and Kraemer, W. J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(11), 3-16.

- Ebben, W. P. (2002). Complex training: a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(2), 42.
- González-Villora, S., Prieto-Ayuso, A., León, M. P., Marinho, J. L. C., and Travassos, B. (2022). Elite futsal players' perceptions of paths to expertise: a multidimensional and qualitative approach. *Motricidade*, 18(1), 20-30.
- 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.
- Güllich, A., and Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 1(4), 67-84.
- Hammami, M., Negra, Y., Billaut, F., Hermassi, S., Shephard, R. J., and Chelly, M. S. (2018). Effects of lower-limb strength training on agility, repeated sprinting with changes of direction, leg peak power, and neuromuscular adaptations of soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 37-47.
- Hodgson, M., Docherty, D., and Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(7), 585-595.
- Jones, M. T., Ambegaonkar, J. P., Nindl, B. C., Smith, J. A., and Headley, S. A. (2012). Effects of unilateral and bilateral lower-body heavy resistance exercise on muscle activity and testosterone responses. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1094-1100.
- Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., and Tricoli, V. (2017). Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1468-1476.

- Markovic, G., and Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(10), 859-895.
- 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.
- Newton, R. U., and Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Nunes, R. F., Dellagrana, R. A., Nakamura, F. Y., Buzzachera, C. F., Almeida, F. A., Flores, L. J., Guglielmo, L. G., and da Silva, S. G. (2018). Isokinetic assessment of muscular strength and balance in Brazilian elite futsal players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(1), 94.
- Rassier, D. E., and Macintosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508.
- Ribeiro, J. N., Gonçalves, B., Coutinho, D., Brito, J., Sampaio, J., and Travassos, B. (2020). Activity Profile and Physical Performance of Match Play in Elite Futsal Players. *Frontiers in Psychology*, 11, 1709. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01709>
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Willardson, J. M., Fontana, F., and Tiriyaki-Sonmez, G. (2014). Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men. *European Journal of Applied Physiology*, 114(12), 2491-2497.
- Shimokochi, Y., and Shultz, S. J. (2008). Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*, 43(4), 396-408.
- 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. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(8), 2105-2111.

- Sujinarathon, C. and Sanpasitt, C. (2024). The effects of unilateral plyometric training on leg muscular performance in male beach soccer players. *Journal of Sports Science and Health*, 25(3). 44-64.
- Sweeney, H., Bowman, B. F., and Stull, J. T. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 264(5), 1085-1095.
- Vann, C. G., Sexton, C. L., Osburn, S. C., Smith, M. A., Haun, C. T., Rumbley, M. N., Mumford, P. W., Montgomery, N. T., Rupple, B. A., and McKendry, J. (2022). Effects of high-volume versus high-load resistance training on skeletal muscle growth and molecular adaptations. *Frontiers in Physiology*, 13, 857555. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.857555>
- Young, W., Farrow, D., Pyne, D., McGregor, W., and Handke, T. (2011). Validity and reliability of agility tests in junior Australian football players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3399-3403.
- Zhang, W., Chen, X., Xu, K., Xie, H., Li, D., Ding, S., and Sun, J. (2023). Effect of unilateral training and bilateral training on physical performance: A meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14, 1128250. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1128250>