

ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพ ของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

รณภพ ขาวปลายนา และทศพร ยิ้มลมัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 23 May 2562 / Revised: 4 July 2562 / Accepted: 9 November 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (ECC) และการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (CON) ที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย ระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี จำนวน 26 คนได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการฝึกด้วยแรงต้านก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการแบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่กลุ่ม ECC (13 คน) และกลุ่ม CON (13 คน) ด้วยวิธีการจับคู่โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์ กลุ่ม ECC ทำการฝึกเชิงซ้อนโดยออกแรงต้านในท่าเบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 120% ของ 1RM จำนวน 4 ครั้ง ขณะที่กลุ่ม CON ทำการฝึกเชิงซ้อนท่าเบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 6 ครั้ง โดยทั้งสองกลุ่มทำการฝึก จำนวน 4 ชุด 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ทำการทดสอบ

ความแข็งแรง พลัง ความเร็ว ระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว นำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยค่าที (t-test)

ผลการวิจัย หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่ม ECC มีความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่กลุ่ม CON มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า ความแข็งแรงในกลุ่ม ECC เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ตัวแปรอื่นไม่มีความแตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีแนวโน้มพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่า การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

คำสำคัญ : การฝึกแบบเอกเซนตริก / การฝึกเชิงซ้อน / สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา / นักฟุตบอล

THE EFFECT OF ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS

Ronnaphop Chaoplaina and Tossaporn Yimlamai

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 23 May 2019 / Revised: 4 July 2019 / Accepted: 9 November 2020

Abstract

Purpose The purpose of this study was to compare the effect of eccentric complex training (ECC) versus traditional complex training (CON) on leg muscular performance in soccer players.

Methods Twenty-six college soccer, aged range 18-22 years old, were allocated into either: ECC (n = 13) or CON (n=13) group. The subjects were familiarized with the smith-machine squat technique training for 2 weeks before the experiment. Then, the ECC group completed 4 sets of a 4-reps of half-squat training at 120% 1RM, followed by plyometric exercise while the control group performed 4 sets of a 6-reps of half-training at 80% 1RM, followed by a plyometric exercise. Both groups trained twice a week for 6 weeks. Before and after 6-wk of training, muscle strength and

power, 10-m and 20-m. speed, and agility were measured. Independent sample t-test and dependent sample t-test were applied, and a significant was set at p-value <.05.

Result The results demonstrated that after 6 weeks of training, muscle strength, muscle power and agility increased significantly ($p < .05$) in ECC group while only muscle strength was increased in CON group. Interestingly, a greater improvement of muscle strength was observed in ECC group compared to CON group.

Conclusion ECC was likely more effective in enhancing leg muscular performance and agility, compared to the traditional complex training.

Keywords: Eccentric training / Complex training / Muscular performance / Soccer player

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จในหลายชนิดกีฬา รวมทั้งกีฬาฟุตบอล จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่านักฟุตบอลต้องการทั้งความแข็งแรง (Strength) พลัง (Power) ความเร็ว (Speed) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) เพื่อที่สามารถปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบใช้แรงระเบิด (Explosive movement) เช่นการโหม่ง การยิงประตู และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprinting) เป็นต้น (Thomas, French, and Hayes, 2009)

พลังของกล้ามเนื้อเกิดจากแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อและความเร็วในการเคลื่อนไหว ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) ในการระดมหน่วยยนต์ (Motor units) ของการทำงานของกล้ามเนื้อในช่วงเวลาสั้นๆ (Stølen et al., 2005) งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกความแข็งแรงสูงสุด (Strength training) สามารถช่วยพัฒนาแรงระเบิดของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้ออาจไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งโดยทั่วไประยะเวลาของการหดตัวเพื่อให้ได้แรงสูงสุดจะมีค่าประมาณ 300 มิลลิวินาที ขณะที่ระยะเวลาที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะใช้แรงระเบิดนั้นใช้เวลา 50-150 มิลลิวินาที (Aagaard et al., 2002) ดังนั้นอัตราการสร้างแรง (Rate of force development) จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเคลื่อนไหวและปฏิบัติทักษะของนักกีฬา กล่าวคือนักกีฬาที่สามารถออกแรงสูงสุดได้มากในขณะที่ใช้เวลาน้อยจะได้พลังของกล้ามเนื้อสูงกว่า ซึ่งการเคลื่อนไหวแบบแรงระเบิดส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (Stretch-Shortening cycle) ที่ประกอบด้วย การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดออก (Eccentric contraction) แล้วตามมาด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric contraction) อย่างรวดเร็ว

ในทันที โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าได้แก่ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscular stiffness) ที่ทำหน้าที่เสมือนสปริงในการดูดซับพลังงาน ในขณะกล้ามเนื้อถูกยืดออก ถ้าหากกล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างรวดเร็วตามมาพลังงานที่ถูกสะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาเรียกว่าการหดตัวยืดหยุ่น (Elastic recoil) (Lindstedt, LaStayo, and Reich, 2001)

ปัจจุบันรูปแบบการฝึกเชิงซ้อน (Complex training) กำลังได้รับความนิยมมาก ทั้งนี้เนื่องจากการฝึกเชิงซ้อนสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ในการฝึกครั้งเดียวกัน โดยเกิดจากการกระตุ้นของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสต์แอคทีเวชัน-โพเทนทิเอชัน (Postactivation Potentiation) กล่าวคือกล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพในการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังจากการทำงานครั้งก่อนหน้า (Hodgson, Docherty, and Robbins, 2005) รูปแบบของการฝึกเชิงซ้อนประกอบด้วย การฝึกแบบใช้แรงต้านที่ระดับความหนักสูง (Heavy resistance training) ร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric exercise) (Chu, 1998) โดยการฝึกพลัยโอเมตริกจะเน้นการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและทรงพลัง ซึ่งอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์การยืด (Stretch reflex) ซึ่งเกิดจากมัสเซลสปินเดิล (Muscle spindle) ที่ทำหน้าที่รับรู้การยืดของกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดตัวออกอย่างรวดเร็ว จะเกิดรีเฟล็กซ์ (Reflex) สั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่ถูกยืดตัวออกนั้นหดตัว (Agonist muscle) ขณะที่ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) โดยยิ่งกล้ามเนื้อถูกยืดออกเร็วมาก จะยิ่งส่งผลให้แรงหดตัวที่เกิดจากรีเฟล็กซ์นี้เพิ่มมากขึ้น (McNeely, 2005) ตัวอย่างของการฝึกพลัยโอเมตริก เช่นการกระโดดขึ้นทันทีภายหลังจากย่อตัวลง (Counter-movement jump) เป็นต้น งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพ

ทางกาย เช่น ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวได้ (Potteiger et al., 1999; Burgess et al., 2007; Malisoux, Francaux, and Theisen, 2007; Negra et al., 2016) นอกจากนี้พบว่า การฝึกพลัยโอเมตริกที่มีรูปแบบเฉพาะเจาะจง ร่วมกับกิจกรรมการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction, COD) เช่น การกระโดดในแนวราบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนทิศทางได้ด้วย (Asadi et al., 2016) อย่างไรก็ตามในการฝึกเชิงซ้อนนั้น จะต้องมีการฝึกด้วยแรงต้านก่อนการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก ซึ่งการฝึกด้วยแรงต้านดังกล่าวจะประกอบทั้งช่วงการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (Eccentric contraction) และคอนเซนตริก (Concentric contraction) จากการศึกษาของ (Hortobagyi et al., 1996) พบว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองแบบ จะมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน จึงส่งผลทำให้กล้ามเนื้อและเอ็นยึดกล้ามเนื้อเกิดการปรับตัวที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกแบบเอกเซนตริก (Eccentric training) จะสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังได้ดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้านทั่วไป (Roig et al., 2008; Maroto-Izquierdo et al., 2017) โดยมีข้อมูลวิจัยสนับสนุนว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อได้ดีกว่า (Schoenfeld, 2010) และมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านทั่วไป (Friedmann-Bette et al., 2010) และยังพบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกยังสามารถพัฒนาเวลาในการวิ่ง (Sprint time) และลดความเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บได้ (de Hoyo et al., 2015) นอกจากนี้การฝึกแบบเอกเซนตริกยังทำให้เกิดความตื่นตัวและความเครียดต่อหน่วยยนต์มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบทั่วไป (Dartnall et al., 2009; Vogt and Hoppeler, 2014) ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของคุณสมบัติโพสแอคทีฟแชน-โพเทนทีเอชันจากการฝึก

เชิงซ้อนเพิ่มมากขึ้น จากที่ได้กล่าวมาสรุปได้ว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกน่าจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มสมรรถนะทางกีฬาและยังสามารถช่วยป้องกันการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝึกแบบทั่วไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการฝึกแบบเอกเซนตริกไปแทนที่การฝึกด้วยแรงต้านแบบทั่วไปในโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนโดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (Eccentric complex training: ECC) และการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training : CON) ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย (Hortobagyi et al., 1996)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของ ECC และ CON ที่มีต่อ ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่โครงการวิจัย 132.1/61 รับรองเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักฟุตบอลชายจากมหาวิทยาลัยราชภัฏ นครปฐม และมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ มีอายุระหว่าง 18- 22 ปี ได้มาจากการสุ่มเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 1.17 ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 และอำนาจการทดสอบ ($1-\beta$) เท่ากับ 0.80 ด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.2 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 13 คน เพื่อป้องกันการถอนตัวออกจากการวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกกลุ่มละ 2 คน ดังนั้นได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มด้วยวิธีจับคู่จากความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีน (Smith machine back squat) เนื่องจากในระหว่างการทดลองมีผู้เข้าร่วมการวิจัยขอลาออกจากการวิจัยจำนวน 5 คน (มีอาการบาดเจ็บไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบและ/หรือเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80) ดังนั้นจึงเหลือจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 25 คน ประกอบด้วย กลุ่ม ECC 13 คน กลุ่ม CON 12 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี
2. มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีนมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม
3. เคยเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลระดับชาติมาแล้วไม่น้อยกว่า 2 ปี
4. ไม่มีอาการบาดเจ็บ ที่บริเวณกล้ามเนื้อ เอ็น หรือกระดูก อย่างน้อย 2 เดือน ก่อนเข้าร่วมวิจัย

5. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในใบยินยอม

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัย เช่น ป่วย บาดเจ็บจากการวิจัย หรือสาเหตุอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกซ้อม
2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 (เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 9 ครั้งจากทั้งหมด 12 ครั้ง)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้า จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอล การฝึกแบบเอกเซนตริก และ การฝึกแบบเชิงซ้อน
2. ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ECC และ CON
3. นำโปรแกรมการฝึกให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโปรแกรม โดยวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง (Item Objective Congruence; IOC)
4. นำโปรแกรมการฝึกเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนการนำไปใช้
5. ผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย
6. ดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้
 - 6.1 การอบรมและฝึกปฏิบัติการยกน้ำหนัก ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีน รวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับข้อควรระวังให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเข้าร่วมการวิจัย

6.2 ทำการทดสอบหาค่า 1RM ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีน จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มด้วยวิธีจับคู่จากความแข็งแรงสัมพัทธ์ โดยนำค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์มาเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วแบ่งเข้ากลุ่มเป็นรายคู่ ได้แก่กลุ่ม ECC และกลุ่ม CON

6.3 ทำการทดสอบก่อนการทดลองได้แก่การวัดส่วนสูงและน้ำหนัก, การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic CON-TREX human kinetic (Physiomed, Switzerland) โดยกำหนดความเร็วเชิงมุมที่ 60 องศาต่อวินาที ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก (Higbie et al., 1996) ทดสอบการกระโดดเคอร์เตอร์มูฟเมนต์ จัมพ์ ด้วยเครื่อง FT 700 power system (Cook, Beaven, and Kilduff, 2013) ทดสอบความเร็วในการวิ่ง 10 และ 20 เมตร โดยใช้ Swift Speed Light timing and training system, (Little and Williams, 2005) ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอีลิทอยส์ (Negra et al., 2017)

6.4 กลุ่ม ECC ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยความหนัก 120% ของ 1RM โดยออกแรงต้านในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีนขณะที่กล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกเท่านั้น จนกระทั่งเข้าท่ามุม 90 องศา โดยมีผู้ช่วยวิจัย 2 คนช่วยยกบาร์เบลขึ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงต้านอีกครั้ง ปฏิบัติจนครบ 4 ครั้ง แล้วนั่งพัก 5 นาที จากนั้นจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริก

6.5 กลุ่ม CON ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิทแมชชีนที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยกด้วยตนเองจนครบ 6 ครั้ง แล้วนั่งพัก 5 นาที จากนั้น

จึงทำการฝึกพลัยโอเมตริก

6.6 ทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกพลัยโอเมตริกเหมือนกัน โดยใช้ท่า Alternate leg diagonal bounding กระโดดด้วยความพยายามสูงสุด อย่างเร็วและแรง จนครบ 12 ครั้ง แล้วนั่งพัก 5 นาที (Passive rest) จากนั้นทำการฝึกแรงต้านตามโปรแกรมของแต่ละกลุ่มต่อไป จนครบ 4 ชุด

6.7 ทั้งสองกลุ่มทำการฝึก สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์

7. ทำการทดสอบหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เหมือนกับก่อนการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS version 23 คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามภายในกลุ่ม (ก่อนและหลังการทดลอง) และระหว่างกลุ่ม ECC กับกลุ่ม CON โดยใช้สถิติ Dependent sample t-test และ Independent sample t-test โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ผลการทดลองดังนี้

1. จากตารางที่ 1 พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของส่วนสูงและอายุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่ม ECC และกลุ่ม CON ก่อนและหลังทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	ECC (n=13)					CON (n=12)				
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		P	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
อายุ (ปี)	19.08	1.61	19.08	1.61	1.00	18.83	1.4	18.83	1.4	1.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.73	6.37	63.92	6.47	0.00*	63.56	10.71	65.04	10.84	0.02*
ส่วนสูง(เซนติเมตร)	172.21	3.22	172.22	3.24	0.165	169.43	4.99	169.45	5.0	0.191

*p<0.05

2. จากตารางที่ 2 พบว่าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่ม ECC มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงสมบูรณ์แบบเอกเซนตริกและความแข็งแรงสมบูรณ์แบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสมบูรณ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ความแข็งแรงสมบูรณ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่ม ECC ก่อนและหลังทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	กลุ่ม ECC (n=13)				% เปลี่ยนแปลง	t	P
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง				
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	244.60	38.15	300.65	32.37	24.01	10.87	0.00**
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.95	0.74	4.75	0.83	21.71	-8.44	0.00**
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	199.95	14.22	215.39	23.48	7.91	-2.56	0.02*
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.22	0.33	3.40	0.51	5.93	-1.75	0.10
พลังกล้ามเนื้อขาสมบูรณ์ (วัตต์)	3392.15	233.60	3474.85	223.89	2.49	-3.74	0.00**

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่ม ECC ก่อนและหลังทดลอง 6 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม ECC (n=13)				% เปลี่ยนแปลง	t	P
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง				
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	54.32	3.80	54.60	3.42	0.59	-6.21	0.54
ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตร (วินาที)	1.760	0.057	1.745	0.055	-0.96	.894	0.39
ความเร็วในการวิ่ง 20 เมตร (วินาที)	3.100	0.096	3.061	0.066	-1.25	1.63	0.13
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.6	0.64	17.16	0.33	-2.42	2.52	0.02*

*p<0.05; **p<0.01

3. จากตารางที่ 3 พบว่าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่ม CON มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริกเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ขณะที่ค่าตัวแปรอื่นๆ มีแนวโน้มพัฒนาขึ้น ยกเว้นพลังกล้ามเนื้อที่มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่ม CON ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	กลุ่ม CON (n=12)				% เปลี่ยนแปลง	t	P
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง				
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	242.93	46.99	251.96	49.68	4.17	-1.21	0.25
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.85	0.61	3.89	0.62	1.89	-.34	0.74
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	198.09	36.63	211.33	35.47	7.41	-2.33	0.04*
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.14	0.53	3.29	0.56	4.98	-1.32	0.21
พลังกล้ามเนื้อขา สัมพันธ์ (วัตต์)	3635.00	607.52	3635.08	460.39	0.69	.00	0.99

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่ม CON ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม CON (n=12)				% เปลี่ยนแปลง	t	P
	ก่อนการทดลอง $\bar{x}$	S.D.	หลังการทดลอง $\bar{x}$	S.D.			
พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	57.36	4.17	56.37	5.08	-1.66	.934	0.37
ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตร (วินาที)	1.748	0.056	1.725	0.081	-1.31	1.08	0.30
ความเร็วในการวิ่ง 20 เมตร (วินาที)	3.078	0.118	3.028	0.141	-1.63	1.60	0.14
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.19	1.13	16.94	0.81	-1.34	1.69	0.48

*p<0.05

4. จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ระหว่างทั้งสองกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่ม ECC มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงสัมพันธ์แบบเอกเซนตริก เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่า ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขา พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ และความคล่องแคล่วว่องไว มีการพัฒนา (% การเปลี่ยนแปลง) มากกว่ากลุ่ม CON

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่ม ECC และกลุ่ม CON หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	กลุ่ม ECC (n=13)		% เปลี่ยนแปลง	กลุ่ม CON (n=12)		% เปลี่ยนแปลง	P
	$\bar{x}$	S.D.		$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	300.65	32.37	24.01	251.96	49.68	4.17	0.00**
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	4.75	0.83	21.71	3.89	0.62	1.89	0.00**
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	215.39	23.48	7.91	211.33	35.47	7.41	0.74
ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.40	0.51	5.93	3.29	0.56	4.98	0.62
พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ (วัตต์)	3474.85	223.89	2.49	3635.08	460.39	0.69	0.29

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่ม ECC และกลุ่ม CON หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม ECC (n=13)			กลุ่ม CON (n=12)			P
	$\bar{x}$	S.D.	% เปลี่ยนแปลง	$\bar{x}$	S.D.	% เปลี่ยนแปลง	
พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ (วัดต่อกิโลกรัม)	54.60	3.42	0.59	56.37	5.08	-1.66	0.31
ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตร (วินาที)	1.745	0.055	-0.96	1.725	0.081	-1.31	0.48
ความเร็วในการวิ่ง 20 เมตร (วินาที)	3.061	0.066	-1.25	3.028	0.141	-1.63	0.45
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	17.16	0.33	-2.42	16.94	0.81	-1.34	0.39

*p<.05, **p<.01

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของ ECC และ CON ที่มีต่อ ความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ในนักกีฬาฟุตบอล ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่ม ECC มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่ม ECC มีการพัฒนาของความแข็งแรงกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (24.0% vs 4.2%) และ ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบเอกเซนตริก (21.7% vs 1.9%) เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะเดียวกันความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก (7.9% vs 7.4%) ความแข็งแรงสัมพันธ์แบบคอนเซนตริก (5.9% vs 5.0%) พลังกล้ามเนื้อขา (2.5% vs 0.7%) พลังกล้ามเนื้อขาสัมพันธ์ (0.6% vs -1.7%) และ ความคล่องแคล่วว่องไว (-2.4% vs -1.3%) ของกลุ่ม ECC ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม CON หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ยกเว้นความเร็วในการวิ่ง 10 เมตร (-0.96 vs -1.31) และ 20 เมตร (-1.25 vs -1.63) ที่กลุ่ม CON มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า

กลุ่ม ECC แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลของการทดลองนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่า ECC มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่า CON ในนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งแบบเอกเซนตริกและความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก ในกลุ่ม ECC มีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากกลุ่ม ECC ทำการฝึกแบบเอกเซนตริกที่ความหนักสูง จึงอาจทำให้เกิดความเสียหายในระดับเซลล์ของกล้ามเนื้อลายมากกว่า ทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนโดยเพิ่มขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) ที่มากกว่า (Schoenfeld, 2010) นอกจากนี้การฝึกแบบเอกเซนตริกก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก ยังเพิ่มความเครียดต่อหน่วยยนต์และความตื่นตัวของหน่วยยนต์ให้สูงขึ้น (Dartnall et al., 2009; Vogt and Hoppeler, 2014) ซึ่งจะกระตุ้นให้คุณสมบัติโพสต์แอคทีฟเอน-โพเทนทีเอชันเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฝึกพร้อมกับการฝึกพลัยโอเมตริกในรูปแบบของการฝึกเชิงซ้อน ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในขณะที่ฝึกพลัยโอเมตริก หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กล้ามเนื้อจึงมีการปรับตัวโดยเพิ่มความแข็งแรงมากกว่า

กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ทั้งความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก โดยเฉพาะความแข็งแรงลัมบูร์นแบบเอกเซนตริกที่มีการเปลี่ยนแปลงถึง 24% ทั้งนี้ เนื่องจากการฝึกแบบเอกเซนตริกเป็นการฝึกโดยที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบเอกเซนตริก จึงทำให้ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ Schoenfeld (2010) ที่พบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริก เมื่อฝึกที่ความหนักสูงจะทำให้กล้ามเนื้อมีการปรับตัว โดยกระตุ้นการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้พบว่า การฝึกแบบเอกเซนตริกยังกระตุ้นการปรับตัวของของการระดมหน่วยยนต์ รวมถึงการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Friedmann-Bette et al., 2010) ด้วยเหตุนี้ การฝึกกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกจึงสามารถพัฒนาทั้งความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก ได้มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบทั่วไป

ผลการวิจัยนี้ยังพบว่าพลังกล้ามเนื้อซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จในนักกีฬาหลายชนิด รวมทั้งกีฬาฟุตบอล ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม ECC เท่านั้น (เพิ่มขึ้น 7%) ทั้งนี้ อาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่ม ECC ที่เป็นปัจจัยสนับสนุนโดยอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกแบบเอกเซนตริก (Friedmann-Bette et al., 2010) นอกจากนี้ผลจากความเครียดต่อหน่วยยนต์และความตื่นตัวของหน่วยยนต์ที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกแบบเอกเซนตริกก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก อาจกระตุ้นให้เกิดโพสต์แอคทีฟแซน-โพเทนทิเอชันเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฝึกพร้อมกับฝึกพลัยโอเมตริก จึงส่งผลให้มีผลกระทบมากขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (Stretch shortening cycle)

โดยมีปัจจัยที่สำคัญในช่วงเอกเซนตริกคือความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งจากการศึกษาของ (Lindstedt et al., 2001) พบว่า การฝึกแบบเอกเซนตริกทำให้ความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยจากสมการ (เมื่อ E_p คือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น และ k คือความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อ และ s คือระยะการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางมวล) ความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อทำหน้าที่ช่วยดูดซับพลังงานขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกอย่างรวดเร็ว และสามารถปลดปล่อยพลังงานนี้ออกมาขณะกล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างรวดเร็ว (Dalleau et al., 2004) ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวด้วยแรงที่มากขึ้น โดยในช่วงคอนเซนตริกมีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ความแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จึงส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้นตามสมการ พลังกล้ามเนื้อ = แรง $\times$ ความเร็ว

นอกจากนี้ความเร็วในการวิ่ง จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับกีฬาฟุตบอล ซึ่งความเร็วในการวิ่งขึ้นอยู่กับการวิ่งได้แก่ทักษะในการวิ่ง และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ เป็นต้น จากการศึกษานี้พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ความเร็วในการวิ่งที่ 10 และ 20 เมตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ECC และ CON ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ารูปแบบการฝึกเชิงซ้อนของทั้งสองกลุ่ม ECC และ CON ไม่มีความสัมพันธ์กับทักษะในการวิ่ง และระยะเวลาในการฝึกซ้อมอาจไม่มากเพียงพอ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการวิ่งที่ 10 เมตร (-0.96 vs -1.31) และ 20 เมตร (-1.25 vs -1.63) มีแนวโน้มลดลงในทั้งสองกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (Cronin and Hansen, 2005) อันเนื่องมาจากการฝึกเชิงซ้อนทั้งสองรูปแบบ

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้น (-2.4%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ในกลุ่ม ECC (2.4%) เมื่อเทียบกับกลุ่ม CON (-1.3%) ซึ่งอาจเป็นผลจากความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกที่เพิ่มขึ้น โดย Spiteri et al., 2014 พบว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง เนื่องจากความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางเป็นความสามารถในการเปลี่ยนโมเมนตัมในขณะที่เปลี่ยนทิศทางซึ่งต้องการความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) ในขณะที่เบรกหรือชะลอนอกจากนี้ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดขึ้นจากความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกแบบเอกเซนตริกที่สามารถซึมซับพลังงานขณะเบรกหรือชะลอและปลดปล่อยพลังงานในขณะที่เร่งความเร็วได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ de Hoyo et al., 2016 ที่ได้ทำการศึกษาโปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน ซึ่งผลของการทดลองพบว่า การให้โปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้ดีขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีแนวโน้มในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่วัดความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง รวมทั้งความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่า การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเป็นการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูง ดังนั้นจึงควรฝึกเพื่อเตรียมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนมีการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

2. ในการวิจัยนี้ได้ฝึกแบบเอกเซนตริกที่ความหนัก 120% ของ 1RM โดยให้ออกแรงขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซนตริกเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนที่กล้ามเนื้อทำงานขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบคอนเซนตริกและเอกเซนตริกที่ระดับความหนักอื่นๆ (Eccentric overload) ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงเจริญพระชนมายุครบ ๗๒ พรรษา ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา ทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุน ๙๐ ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ที่สนับสนุนทุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยศิลปากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม ที่ได้ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในด้านบุคลากร อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนผู้เข้าร่วมการวิจัยและผู้เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., & de Villarreal, E. S. (2016). The Effects of Plyometric Training on Change-of-Direction Ability: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 563-573.
- Burgess, K. E., Connick, M. J., Graham-Smith, P., & Pearson, S. J. (2007). Plyometric vs. isometric training influences on tendon properties and muscle output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 986.
- Chu, D. A., (1998). *Jumping into plyometrics: Human Kinetics*.
- Cook, C. J., Beaven, C. M., & Kilduff, L. P. (2013). Three weeks of eccentric training combined with overspeed exercises enhances power and running speed performance gains in trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1280-1286.
- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J.-R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International Journal of Sports Medicine*, 25(03), 170-176.
- Dartnall, T. J., Rogasch, N. C., Nordstrom, M. A., & Semmler, J. G. (2009). Eccentric muscle damage has variable effects on motor unit recruitment thresholds and discharge patterns in elbow flexor muscles. *Journal of neurophysiology*, 102(1), 413-423.
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46-52.
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380-1387.
- Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., Müller, H., Weber, M.-A., Metz, J., & Kauczor, H.-U. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 108(4), 821-836.

- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., 3rd, & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology* (1985), 81(5), 2173-2181. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2173
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 765-772.
- Lindstedt, S., LaStayo, P., & Reich, T. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76-78.
- Malisoux, L., Francaux, M., & Theisen, D. (2007). What do single-fiber studies tell us about exercise training? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(7), 1051-1060.
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943-951.
- McNeely, E. (2005). Introduction to plyometrics: Converting strength to power. *NSCA's Performance Training Journal*, 6(5), 19-22.
- Negra, Y., Chaabene, H., Amara, S., Jaric, S., Hammami, M., & Hachana, Y. (2017). Evaluation of the Illinois Change of Direction Test in Youth Elite Soccer Players of Different Age. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 215-224.
- Negra, Y., Chaabene, H., Stöggl, T., Hammami, M., Chelly, M. S., & Hachana, Y. (2016). Effectiveness and time-course adaptation of resistance training vs. plyometric training in prepubertal soccer players. *Journal of Sport and Health Science*, 1-8.
- Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder, J. M., & Zebas, C. J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 275-279.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, D. W. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 556-568.

- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
- Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
- Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1446-1454.