บทความวิจัย

ผลของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

ครรชิต มุละสีวะ, วิทเวช วงศ์เพม และสำราญ ศรีสังข์
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง
Received: 11 April 2026 / Revised: 26 April 2026 / Accepted: 19 August 2026

บทคัดย่อ

บทนำ ในปัจจุบันมีรูปแบบการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักโดยเน้นความหนักในช่วงการยืดออกของความยาวกล้ามเนื้อแล้วส่งผลทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อในช่วงการหดตัวสั้นลงของความยาวกล้ามเนื้อมีแรงเพิ่มมากขึ้น พบว่าการฝึกรูปแบบนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไป (Cook et al., 2013; Douglas et al., 2017) แต่เนื่องจากการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกแบบต่อเนื่องที่ความหนักที่สูงส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้า ดังนั้นการฝึกแบบมีการแบ่งเวลาพักภายในเซตทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มและสามารถลดความล้าจากการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกได้ (Chae et al., 2024)

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

วิธีการดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ที่เตรียมตัวเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาพลศึกษาเกมส์ ประจำปี 2568 จำนวน 20 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ก่อนทำการทดลอง กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการฝึกด้วยแรงต้านในท่าแบคสควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน (Smith machine) ที่ความหนัก 60% ของน้ำหนักที่มากที่สุดที่ยกได้อย่างถูกต้อง 1 ครั้ง จำนวน 15 ครั้ง 3 เซต 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อพัฒนาความแข็งแรงและให้คุ้นเคยกับการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มแบบจับคู่โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเป็นเกณฑ์ กลุ่มที่ 1 กลุ่มทดลองฝึกเสริมด้วยโปรแกรมฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตในท่าแบคสควอท จำนวน 10 ครั้ง ที่ระดับความหนักเอกเซ็นตริกต่อคอนเซ็นตริก 110/60 % ของ 1 อาร์เอ็ม โดยการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1, 3, 5, 7, และครั้งที่ 9 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่มีการฝึกทักษะฟุตบอลแบบต่างๆ โดยไม่มีการฝึกซ้อมด้วยน้ำหนักใดๆ กลุ่มทดลองทำการฝึกในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 จำนวน 3 เซต สัปดาห์ที่ 3 และ 4 จำนวน 4 เซต และสัปดาห์ที่ 5 และ 6 จำนวน 5 เซตๆ ละ 10 ครั้ง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มโดยการทดสอบค่าทีแบบสัมพันธ์กัน และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบเป็นอิสระจากกัน กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) ขณะที่อัตราการพัฒนาแรงไม่พบความแตกต่าง โดยเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การพัฒนาในทุกๆ ตัวแปรพบว่ากลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีแนวโน้มดีกว่าในกลุ่มควบคุม

สรุปผลการวิจัย การฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถพัฒนาพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา ผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาของนักกีฬาฟุตบอลได้

คำสำคัญ: การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก / การแบ่งเวลาพักภายในเซต / สมรรถภาพกล้ามเนื้อขา / นักกีฬาฟุตบอลชาย

Corresponding Author: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ศรีสังข์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง E-mail: lotte1902@yahoo.co.th

Original Article

THE EFFECTS OF COMBINED ACCENTUATED ECCENTRIC LOADING TRAINING AND REST REDISTRIBUTION ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE SOCCER PLAYERS

Khanchit Mulasiwa, Withawet Wongphem and Sumran Sreesung

Faculty of Sports Science and Health, Thailand National Sports University, Angthong campus

Received: 11 April 2026 / Revised: 26 April 2026 / Accepted: 19 August 2026

Abstract

Background Currently, eccentric overload training a form of resistance training that emphasizes the lengthening phase of the muscle, thereby increasing force production during the subsequent shortening (concentric) phase has been found to improve muscle strength, muscle power, and muscle contraction velocity more effectively than traditional resistance training (Cook et al., 2013; Douglas et al., 2017). However, continuous eccentric overload training at high intensities leads to muscle fatigue. Consequently, implementing intra-set rest intervals allows the muscles to exert maximum force and mitigates the fatigue caused by eccentric overload training (Chae et al., 2024)

Purpose The purpose of this study was to compare effects of combined accentuated eccentric loading training and rest redistribution on leg muscular performance in male soccer player.

Method Twenty male soccer players, aged 18-25 years from Thailand National Sports University, Angthong campus participated in this study. Before the experiment, all subjects underwent a resistance training program at a load of 60% 1RM, twice a week for two weeks for familiarization. Thereafter, the participants were randomly assigned into 2 groups matched by 1RM relative back squat strength. The first experimental group (n=10), (AEL+RR), performed a combined accentuated eccentric loading training and rest redistribution program consisted of 10 repetitions at a load of eccentric/concentric was 110/60 % 1RM by accentuated eccentric loading in the 1st, 3rd, 5th, 7th and 9th combined with rest redistribution 15 seconds and 5 minutes rest between set with 3 sets in first and second week, 4 sets in third and fourth week and 5 sets in fifth and sixth week. The second was control group (n=10), (CON), continued their regular soccer training program. AEL+RR group continued to train twice a week for a total of 6 weeks. Peak power, peak ground reaction force, rate of force development, peak velocity, and relative strength were measured before and after 6 weeks of training. Data were expressed as means±S.D. and were analyzed using independent sample t-test and paired sample t-test. The statistically significant was set at p-value<0.05

Results The results demonstrated that after 6 weeks of training, the AEL+RR presented significant increases in peak power, peak ground reaction force, rate of force development, peak velocity, and relative strength ($p<0.05$), while CON showed improvements in peak power, peak ground reaction force, rate of force development, peak velocity, and relative strength. Interestingly, The AEL+RR revealed greater improvement in peak power, peak ground reaction force, peak velocity, and relative strength compared to CON group.

Conclusion Our results demonstrated that combined accentuated eccentric loading training and rest redistribution have favorable effects on peak power, peak ground reaction force, rate of force development, peak velocity, and relative strength, and could therefore be used as an adjunctive exercise program for improving leg muscular performance in male soccer player.

Key Words: Accentuated eccentric loading / Rest redistribution / Leg muscular performance / Male soccer player

Corresponding Author: Asst. Prof. Sumran Sreesung, Ph.D., Faculty of Sports Science and Health, Thailand National Sports University Angthong campus. Angthong, Thailand; Email: lotte1902@yahoo.co.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตบอลเป็นกีฬายอดนิยมระดับโลก เนื่องจากมีรูปแบบการเล่นและการแข่งขันที่ตื่นเต้นเร้าใจอยู่ตลอดเวลา และมีลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นแบบเกมรุกสลับกับเกมรับ ซึ่งนักกีฬามีการเคลื่อนไหวร่างกายระหว่างการเล่นที่หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการเตะลูกฟุตบอล การวิ่งถอยหลัง การหมุนตัว การวิ่งเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ การกระโดดสกัดกั้น กระโดดโหม่ง หรือการยิงประตู เป็นต้น โดยจังหวะการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอลมีความหนัก 3 ระดับ คือความหนักระดับต่ำ (Low-intensity) ความหนักระดับปานกลาง (Moderate-intensity) และความหนักระดับสูง (High-intensity) โดยมีการเคลื่อนไหวเป็นระยะทางประมาณ 9-12 กิโลเมตร มีการเคลื่อนไหวระยะทางสั้นๆ ตั้งแต่ 15-20 เมตร และมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวทุกๆ 3-6 วินาที ซึ่งระบบพลังงานที่ใช้เป็นทั้งแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิก สลับกันไปตามความหนักของเกมการแข่งขัน (Stølen et al., 2005) ดังนั้นการที่นักกีฬาจะสามารถแสดงความสามารถในการเล่นได้ตลอด 90 นาทีนั้นจึงจำเป็นต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดีเยี่ยมโดยเฉพาะสมรรถภาพของกล้ามขา และระบบพลังงานที่ได้จากการฝึกซ้อมที่มีความเฉพาะเจาะจงที่ต้องมีการวางแผนการฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบทั้งในช่วงก่อนฤดูการแข่งขัน และระหว่างฤดูการแข่งขัน ดังนั้นนักกีฬาฟุตบอลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับโปรแกรมการฝึกเสริมในการเพิ่มความแข็งแรง ความเร็ว และพลังกำลังของกล้ามเนื้อขา

ในปัจจุบันมีรูปแบบการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักโดยเน้นความหนักในช่วงการยืดออกของความยาวกล้ามเนื้อแล้วส่งผลทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อในช่วงการหดตัวสั้นลงของความยาวกล้ามเนื้อมีแรงเพิ่มมากขึ้น พบว่าการฝึกรูปแบบนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไป (Cook et al., 2013; Douglas et al., 2017) ด้วยเหตุผลที่ว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะช่วยเพิ่มการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีความยาวเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อที่มากขึ้น และมีการสะสมของพลังงานการยืดของกล้ามเนื้อในช่วงการทำงานแบบเอกเซ็นตริกแล้วทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกที่ทำงานสลับกันไปมีพลังและแรงมากยิ่งขึ้น (Komi & Bosco, 1978; Cronin et al., 2001) กลไกการทำงานดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อและส่งสัญญาณประสาทไปยังช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น (Bobbert et al., 1996) นอกจากนี้การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเรียกหน่วยยนต์ให้มารวมกันจึงทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังมีกระบวนการนำเข้าสัญญาณ

ประสาทที่หลากหลายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก (Moore et al., 2007; Duchateau & Enko, 2016) วิธีการฝึกนี้มีหลักฐานพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของไมโอซินเฮฟวี่เชนที่เร็วขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัด รวมไปถึงการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Aagaard et al., 2002; Friedmann et al., 2010; Phungern & Yimlamai, 2021) แต่เนื่องจากการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความหนักสูงส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้า ทำให้พลัง และความเร็วในการออกแรงลดลง จากการศึกษาการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่และสามารถลดความล้าได้ (Chae et al., 2024) สอดคล้องกับ Jukic et al. (2020) ที่พบว่าการฝึกแบบคลัสเตอร์เซตและการแบ่งเวลาพักภายในเซตช่วยลดความเหนื่อยล้าทั้งทางกล้ามเนื้อและช่วยลดการสูญเสียความเร็วในการออกแรงได้ตลอดช่วงของการฝึกในแต่ละครั้ง และสอดคล้องกับ Tufano et al. (2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการกระจายเวลาพักช่วยรักษาค่าเฉลี่ย และความเร็วสูงสุด และลดการสะสมของกรดแลคเตทในเลือดได้ เนื่องจากกลไกทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการฝึกแบบมีการแบ่งการพักออกเป็นช่วงๆ 10-30 วินาที จะช่วยให้เซลล์กล้ามเนื้อสามารถรีไซเคิลเอทีพีได้บางส่วนก่อนเริ่มครั้งถัดไป และช่วยชะลอการสะสมของไฮโดรเจนไอออน แลคเตท และฟอสเฟต ซึ่งเป็นตัวการขัดขวางการทำงานของสะพานข้ามแอคติน-ไมโอซิน ทำให้สามารถรักษาความเร็วและกำลังของกล้ามเนื้อเนื่องจากการสูญเสียความเร็วลดลง (velocity loss) ส่งผลให้คุณภาพการระเบิดพลัง และคุณภาพในการเคลื่อนไหวสูงตลอดทั้งเซต นอกจากนี้การแบ่งการพักออกเป็นช่วงๆ ยังช่วยลดทอนความล้าของระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ระบบประสาทสั่งการ (Motor unit recruitment & Firing rate) ยังมีประสิทธิภาพสูงโดยไม่ต้องทำงานหนักเพื่อชดเชยการล้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Brandenburg & Docherty (2002) ที่ได้ทำการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในช่วงเอกเซ็นตริก/คอนเซ็นตริก : 120/70 และ 120/75 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม พบว่า ช่วงคอนเซ็นตริกไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในทุกความหนักของการฝึก ขณะที่การศึกษาของ Godard et al. (1998) พบว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในช่วงเอกเซ็นตริก/คอนเซ็นตริก : 120/80 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อและมีการระดมหน่วยยนต์ที่ดีขึ้น และการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น (Hortobagyi et al., 1996; Vikne et al., 2006) ซึ่งสอดคล้องกับ (Cormie et al., 2010) ที่พบว่ามัสเซิล สปินเดิล (Muscle spindles) ทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้น รวมถึงการยืดติดของสะพานเชื่อม (Cross-bridges) ที่แคลเซียมไหลผ่านทำงานได้ดี

มากยิ่งขึ้น (Bobbert et al., 1996) ดังนั้นการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ เมื่อกำหนดความหนักช่วงเอกเซ็นตริกประมาณ 105-120 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม และช่วงคอนเซ็นตริกตั้งแต่ 80 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม เป็นต้นไป (Chakshuraksha & Apanukul, 2021) และจากการศึกษาของ (Merrigan et al., 2022) พบว่า การฝึกแบบเน้นความหนักช่วงเอกเซ็นตริกช่วยกระตุ้นการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ช่วยกระตุ้นการปรับตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อ ส่งเสริมการเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มการสะสมและปลดปล่อยพลังงานยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งกระตุ้นรีเฟล็กของมัสเซิลสปินเดิลในวงจรการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ (stretch-Shortening Cycle) ได้อย่างเป็นอย่างดีโดยไม่ติดขัดจังหวะการเคลื่อนไหวเหมือนวิธีแบบดังเดิม และในการฝึกระยะยาวจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพของแรงปฏิกิริยาสะท้อนกลับ เพิ่มพลังระเบิด ความคล่องตัว เพิ่มความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาได้

Chae et al. (2024) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต ในระดับความหนักสูงในท่าแบคสควอท ที่มีต่อตัวแปรด้านคิเนติกส์และคิเนมาติกส์ ทำการฝึกจำนวน 10 ครั้ง จำนวน 3 เซต โดยใช้ความหนักช่วงเอกเซ็นตริกต่อคอนเซ็นตริก 110 /60 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม โดยการแบ่งการฝึกเป็น 3 รูปแบบดังนี้ รูปแบบที่1 ทำการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1, 3, 5, 7, และ ครั้งที่9 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที พักระหว่างเซต 90 วินาที รูปแบบที่2 ทำการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 6 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที พักระหว่างเซต 135 วินาที และรูปแบบที่ 3 ทำการฝึกแบบไม่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความหนักช่วงเอกเซ็นตริกต่อคอนเซ็นตริก 60/60 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม พักระหว่างเซต 150 วินาที ผลการศึกษาพบว่า การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1, 3, 5, 7, และครั้งที่9 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที มีค่าความเร็วสูงสุด พลังสูงสุดในช่วงคอนเซ็นตริก และค่าเฉลี่ยของแรง มากกว่าการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 6 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที นอกจากนั้นยังพบว่าค่าความเร็วสูงสุด และพลังสูงสุดในช่วงคอนเซ็นตริก มากกว่าทุกครั้งในการฝึกในแบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการรวบรวมการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกที่มีการแบ่งช่วงเวลาพักภายในเซตเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิมของ Gür & Serter (2026) พบว่า การฝึกที่มีการแบ่งช่วงเวลาพักภายในเซตสามารถเพิ่มค่าพลังเฉลี่ย แรงสูงสุด และลดระดับการรับรู้การเหนื่อยล้า เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิม

จากเหตุผลข้อดีของการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก การฝึกแบบแบ่งเวลาพักภายในเซตและการศึกษาของ Chae et al. (2024) ซึ่งเป็นการศึกษาผลฉับพลันของการฝึกเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาผลของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย โดยกำหนดความหนักช่วงเอกเซ็นตริก 110 ของเปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม ซึ่งเป็นความหนักที่สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และเลือกความหนักช่วงคอนเซ็นตริก 60 เปอร์เซ็นต์ความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดพลังและความเร็วในช่วงคอนเซ็นตริกได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกเสริมด้วยการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่มีการฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ และไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ ในนักกีฬาฟุตบอลชาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย โดยคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ รับรองเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2568

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี ที่เตรียมตัวเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาพลศึกษาเกมส์ ประจำปี 2568 จำนวน 20 คน โดยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการเปิดตารางโคเฮน (Cohen, 1977) โดยกำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.80 ค่าประมาณขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ 0.60 และค่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 20 คน จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 10 คน ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มแบบจับคู่ (matched pair) โดยใช้ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเป็นเกณฑ์

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอล สังกัดมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง เพศชาย อายุ 18-25 ปี

2. ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ลมชัก และกล้ามเนื้ออ่อนแรง เป็นต้น

3. มีการฝึกซ้อมกีฬาฟุตบอลเป็นประจำอย่างน้อย 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงต่อครั้ง

4. สามารถเข้ารับการฝึกตามโปรแกรมการฝึกคือวันละ 45 นาที 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ต่อเนื่องกัน

5. ไม่มีประวัติได้รับการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการฝึกซ้อมหรือจากการแข่งขันอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนการเข้าร่วมทดสอบอย่างน้อย 6 เดือน

6. มีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาในท่าแบคสควอท ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า

7. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการทดสอบและลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการทดสอบด้วยความเต็มใจ

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ เช่น การได้รับการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรืออาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% ของระยะเวลาการฝึกหรือจำนวน 10 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง

3. ผู้เข้าร่วมการวิจัย ไม่สามารถทำการทดสอบได้ครบทุกรายการที่กำหนด

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สมัครใจทำการทดสอบต่อจนเสร็จสิ้น

ขั้นตอนการวิจัย

1. ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล และการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต

2. ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต

3. นำโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วประเมินความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง (Item Objective Congruence; IOC) และปรับปรุงโปรแกรมการฝึกให้มีความเหมาะสมได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00

4. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างจากรองอธิการบดีมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ประจำวิทยาเขตอ่างทอง แล้วดำเนินการประชาสัมพันธ์ผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยตนเองโดยวาจา ณ สนามฟุตบอลมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง โดยคัดรายชื่อนักกีฬาฟุตบอลที่อยู่ในเกณฑ์กำหนดไว้เบื้องต้น หลังจากนั้นจะดำเนินการเชิญผู้เข้าร่วมวิจัยตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านเกณฑ์คัดเข้าตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียดวิธีการวิจัย ตลอดจน

โปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซตให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัย เตรียมสถานที่ และอุปกรณ์ในการฝึก ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง

2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ผ่านคัดเข้ายินดีเข้าร่วมวิจัยลงนามใบเข้าร่วมงานวิจัย และกรอกข้อมูลทั่วไปเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น

3. อธิบายวัตถุประสงค์ และวิธีปฏิบัติและการเก็บข้อมูลให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนทราบ

4. ดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกในท่าแบคสควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน จำนวน 15 ครั้ง 3 เซต พักระหว่างเซต 2 นาที ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ในวันจันทร์ และวันศุกร์ เวลา 16.00 น. ใช้เวลาครั้งละ 45 นาที เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์เพื่อพัฒนาความแข็งแรง ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง

4.2) ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนทำการทดสอบหาค่า 1 อาร์เอ็ม ในท่าแบคสควอทด้วยท่าย่อเข่าทำมุม 90 องศา ด้วยเครื่องสมิธแมชชีน พร้อมแผ่นน้ำหนักยี่ห้อ Cybex รุ่น 5341-305B ประเทศอังกฤษ แล้วคำนวณหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative Strength) จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มด้วยวิธีจับคู่จากความแข็งแรงสัมพัทธ์โดยนำค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์มาเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วแบ่งเข้ากลุ่มเป็นรายคู่ได้แก่ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

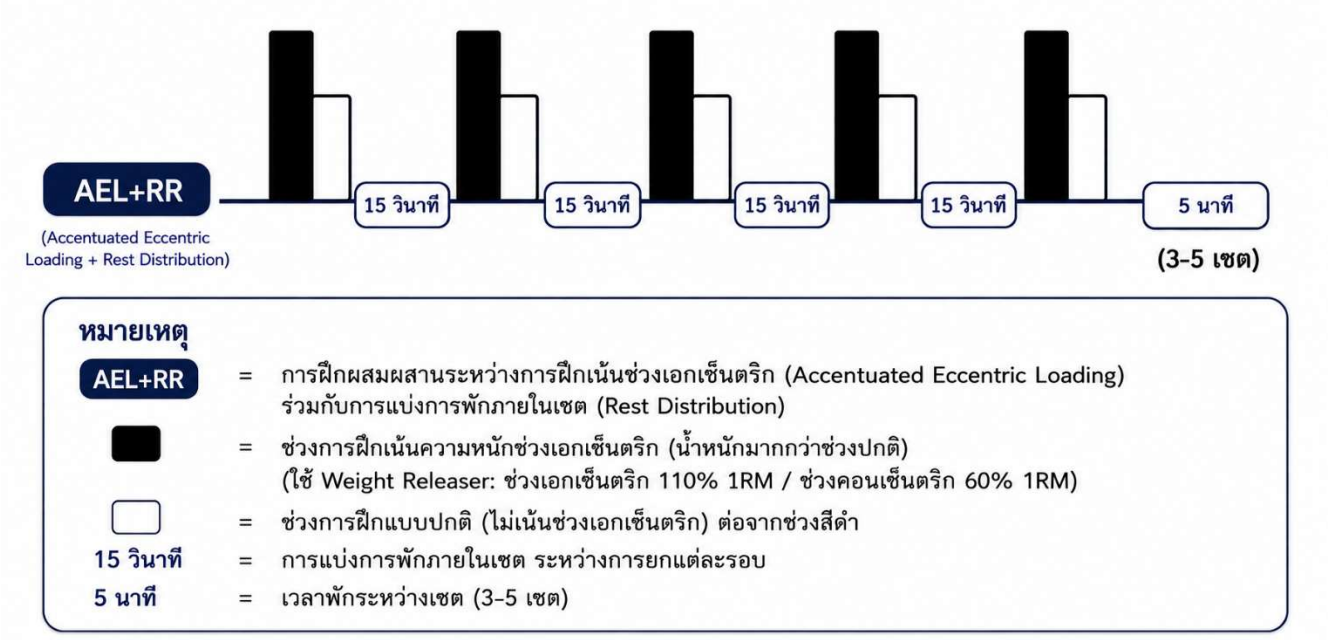
4.3) ทำการทดสอบก่อนการทดลอง ได้แก่ การชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง ทำการทดสอบการกระโดดเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ด้วยเครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Forcedecks) รุ่น FDMini Dual Force Plate System ยี่ห้อ Vald Performance ประเทศออสเตรเลีย ใช้ในการทดสอบพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรงในช่วงกระโดดขึ้น และความเร็วสูงสุดของกล้ามเนื้อ

5. ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เป็นกลุ่มทดลองทำการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซตในท่าแบคสควอท ด้วยอุปกรณ์สมิธแมชชีนกับอุปกรณ์เสริมน้ำหนักเวทรีลีสเซอร์ (Weight releaser) โดยกำหนดระดับความหนักเอกเซ็นตริกต่อคอนเซ็นตริก 110/60 เปอร์เซ็นต์ของความหนักหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 3 เซต ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 จำนวน 4 เซต ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 และจำนวน 5 เซต ในสัปดาห์ที่ 5 และ 6 โดยทำการฝึกเซตละ 10 ครั้ง โดยการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในครั้งที่ 1, 3, 5, 7, และ ครั้งที่ 9 ร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต 15 วินาที พักระหว่างเซต 5 นาที โดยทีมผู้วิจัยจะทำการแขวนอุปกรณ์เวทรีลีสเซอร์กลับเข้าไปในบาร์เบลทันทีอย่างรวดเร็ว เพื่อให้พร้อมสำหรับการยกครั้งถัดไป (ดังรูปที่ 1) ทำการฝึก 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน คือ วันจันทร์ และศุกร์ เวลา 16.00 น ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง แล้วกลับไป

ฝึกซ้อมตามโปรแกรมฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ พร้อมกลุ่มควบคุม และไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ

6. กลุ่มควบคุมทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติ คือ ฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ ของทีมฟุตบอลมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติวิทยาเขตอ่างทองเพียงอย่างเดียว และไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ

7. ทำการทดสอบหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เหมือนกับก่อนการทดลอง



รูปที่ 1 รูปแบบการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตของกลุ่มทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลทั่วไปและตัวแปรต่างๆ และทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์การกระจายตัว Shapiro-wilk Test

2. หากการทดสอบการแจกแจงข้อมูลเป็นปกติจะเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 โดยการทดสอบค่าทีแบบ Paired Samples T-test หาก

การทดสอบการแจกแจงข้อมูลไม่เป็นปกติจะใช้การทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test

3. หากการทดสอบการแจกแจงข้อมูลเป็นปกติจะเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 โดยการทดสอบค่าทีแบบ Independent Samples T-test หากการทดสอบการแจกแจงข้อมูลไม่เป็นปกติจะใช้การทดสอบ Mann-whitney U Test

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

1. ก่อนการทดลองกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั่วไปและความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบคสควอทก่อนการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 20.00±0.66 ปี และ 20.40±0.52 ปี ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 64.54±8.71 กิโลกรัม และ 69.17±7.86 กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยส่วนสูงเท่ากับ 169.35±4.68 เซนติเมตร และ 174.40±6.64 เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบคสควอท เท่ากับ 1.53±0.03 กิโลกรัม/น้ำหนักตัว และ 1.54±0.05 กิโลกรัม/น้ำหนักตัว ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปและความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบคสควอทของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตก่อนการทดลอง

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n=10)	กลุ่มทดลอง (n=10)	t	p
อายุ (ปี)	20.00±0.66	20.40±0.52	1.500	0.152
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.54±8.71	69.17±7.86	1.250	0.227
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	169.35±4.68	174.40±6.64	1.967	0.065
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบคสควอท (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.53±0.03	1.54±0.05	0.613	0.550

p>0.05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่มีการฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ และไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ มีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการทดสอบค่าที (Paired Sample T-test) ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มควบคุม

ตัวแปรของกลุ่มควบคุม (n=10)	ก่อนทดลอง $\bar{X}$±SD	หลังทดลอง $\bar{X}$±SD	% Change	t	p
พลังกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก					
1. พลังสูงสุด (วัตต์)	3,356.70±509.49	3,490.97±529.87	4.00	-20.83	0.001*
2. แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1,515.50±149.91	1,568.54±155.16	3.49	-31.97	0.001*
3. อัตราการพัฒนาแรงช่วงกระโดดขึ้น (นิวตัน/วินาที)	1,318.30±704.07	1,344.67±718.15	1.98	-5.92	0.001*
4. ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	2.78±0.18	2.82±0.18	1.43	-48.26	0.001*
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.53±0.026	1.61±0.027	5.23	-188.20	0.001*

*p<0.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการทดสอบค่าที (Paired Sample T-test) ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มทดลอง

ตัวแปรของกลุ่มทดลอง (n=10)	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	% Change	t	p
	$\bar{X}$±SD	$\bar{X}$±SD			
พลังกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก					
1. พลังสูงสุด (วัตต์)	3,776.20±468.35	4,342.63±538.61	14.98	-25.50	0.001*
2. แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1,704.30±296.36	1,908.82±331.92	12.00	-18.19	0.001*
3. อัตราการพัฒนาแรงช่วงกระโดดขึ้น (นิวตัน/วินาที)	1,799.80±549.98	1,979.78±704.98	10.00	-3.67	0.005*
4. ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	2.83±0.19	3.09±0.20	9.19	-47.65	0.001*
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.54±0.051	1.85±0.062	20.13	-95.10	0.001*

*p<0.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่ากลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ตัวแปรด้านอัตราการพัฒนาแรง ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบค่าทีแบบอิสระจากกัน (Independent Sample T-test) ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=10)	กลุ่มทดลอง (n=10)	t	p
พลังกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก				
1. พลังสูงสุด (วัตต์)	3,490.97±529.87	4,342.63±538.61	3.565	0.002*
2. แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1,568.54±155.16	1,908.82±331.92	2.937	0.009*
3. อัตราการพัฒนาแรงช่วงกระโดดขึ้น (นิวตัน/วินาที)	1,344.67±718.15	1,979.78±704.98	1.086	0.292
4. ความเร็วสูงสุด (เมตร/วินาที)	2.82±0.18	3.09±0.20	3.052	0.007*
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาแบบคอนเซนตริก (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.61±0.027	1.85±0.062	11.433	0.001*

*p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซต และการฝึกตามโปรแกรมปกติที่มีการฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ โดยไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซต มีค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด

และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และยังพบว่ากลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตมีการพัฒนาพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรงความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มทดลองมีแนวโน้มการพัฒนามากกว่ากลุ่มควบคุม โดยพลังสูงสุด (14.98% vs 4.00%) แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (12.00% vs 3.49%) อัตราการพัฒนาแรง (10.00% vs 1.98%) ความเร็วสูงสุด (9.19% vs 1.43%) และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา (20.13% vs 5.23%) ซึ่งผลจากการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่าการฝึกเสริมด้วยการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาดีกว่ากลุ่มที่ฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติที่มีการฝึกทักษะฟุตบอลรูปแบบต่างๆ และไม่มีการฝึกด้วยน้ำหนักใดๆ ในนักกีฬาฟุตบอลชาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด แข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดถึง 14.98%, 12.00%, 10.00%, 9.19% และ20.13% ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มทดลองทำการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่มีความหนักสูงจะช่วยเพิ่มการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีความยาวเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อที่มากขึ้น และมีการสะสมของพลังงานการยืดของกล้ามเนื้อในช่วงการทำงานแบบเอกเซ็นตริกแล้วทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกที่ทำงานสลับกันไปมีพลังและแรงมากยิ่งขึ้น (Komi & Bosco, 1978; Cronin et al., 2001) กลไกการทำงานดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อและส่งสัญญาณประสาทไปยังช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น (Bobbert et al., 1996) นอกจากนี้การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเรียกหน่วยยนต์ให้มารวมกันจึงทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังมีกระบวนการนำเข้าสัญญาณประสาทที่หลากหลายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก (Moore et al., 2007; Duchateau & Enko, 2016) และวิธีการฝึกนี้มีหลักฐานพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของไมโอซินเฮฟวี่เชนที่เร็วขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัด รวมไปถึงการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Aagaard et al., 2002; Friedmann et al., 2010; Phungern & Yimlamai, 2021) สอดคล้องกับ Cronin & Hansen (2005) และ Chakshuraksha & Apanukul (2021) ที่กล่าวว่าความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวเป็นผลมา

จากการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีการเพิ่มการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (fast twitch) มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถกระตุ้นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกความหนักที่สูงส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้า ดังนั้นการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความหนักสูงกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มและสามารถลดความล้าได้ (Chae et al., 2024)

ผลการวิจัยนี้ยังพบว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตส่งผลต่อพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (เพิ่มขึ้น14.98%, 12.00%, 10.00%, 9.19% และ20.13% ตามลำดับ) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Mulasiwa & Sreesung (2024) ที่แสดงให้เห็นว่าการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถ พัฒนาพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความแข็งแรงสัมพัทธ์ และเวลาในการวิ่งได้อย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Merrigan et al. (2022) พบว่าการฝึกแบบเน้นความหนักช่วงเอกเซ็นตริกช่วยกระตุ้นการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ช่วยกระตุ้นการปรับตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อส่งเสริมการเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มการสะสมและปลดปล่อยพลังงานยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งกระตุ้นรีเฟล็กของมัสเซิลสปินเดิล ในวงจรการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ (stretch-Shortening Cycle) ได้อย่างเป็นอย่างดีโดยไม่ติดขัดจังหวะการเคลื่อนไหวเหมือนวิธีแบบดังเดิม และในการฝึกระยะยาวจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มประสิทธิภาพของแรงปฏิกิริยาสะท้อนกลับเพิ่มพลังระเบิด ความคล่องตัว เพิ่มความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาได้ และ Chakshuraksha & Apanukul (2021) ที่กล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวเป็นผลมาจากการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีการเพิ่มการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถกระตุ้นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อแล้วส่งผลให้ประสิทธิภาพด้านความเร็วให้การหดตัวเพิ่มขึ้น

ขณะที่ Chae et al. (2024) ที่ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งการพักภายในเซต ในระดับความหนักสูงในท่าแบคสควอทพบว่า มีค่าความเร็วสูงสุด พลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยของแรงในช่วงคอนเซ็นตริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่แรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงมีค่าลดลงในครั้งถัดไปที่มีการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งการพักภายในเซต เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบทั่วไปที่แรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ครั้งที่สองถึงครั้งที่สิบ เมื่อเปรียบเทียบกับครั้งแรก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wagle et al. (2021) พบว่า

การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกไม่สามารถเพิ่มอัตราการพัฒนาแรงได้ เนื่องจากเป็นการฝึกเน้นความหนักช่วงเอกเซ็นตริกที่มีการแบ่งเวลาพักภายในเซตที่ความหนักที่สูงเน้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในบุคคลทั่วไปจึงทำให้กล้ามเนื้อเกิดความหล้า ซึ่งขัดแย้งกับผลการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้เป็นการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซต เพื่อพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อในเชิงนักกีฬาทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มและสามารถลดความล้าจากการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกได้ โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้งเป็นเวลา 6 สัปดาห์ จึงส่งผลทำให้มีการปรับตัวของกล้ามเนื้อและเพิ่มการระดมหน่วยยนต์จึงสามารถพัฒนาอัตราการพัฒนาแรงได้ สอดคล้องกับ Chae et al. (2024) ที่กล่าวว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกร่วมกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่และสามารถลดความล้าได้ และ Jukic et al. (2020) ที่พบว่าการฝึกแบบคลัสเตอร์เซตและการแบ่งเวลาพักภายในเซตช่วยลดความเหนื่อยล้าทั้งทางกล้ามเนื้อและช่วยลดการสูญเสียความเร็วในการออกแรงได้ตลอดช่วงของการฝึกในแต่ละครั้ง และสอดคล้องกับ Tufano et al. (2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการกระจายเวลาพักช่วยรักษาค่าเฉลี่ย และความเร็วสูงสุด และลดการสะสมของกรดแลคเตทในเลือดได้ เนื่องจากกลไกทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการฝึกแบบมีการแบ่งการพักออกเป็นช่วงๆ 10-30 วินาทีจะช่วยให้เซลล์กล้ามเนื้อสามารถรีไซเคิลเอทีพีได้บางส่วนก่อนเริ่มครั้งถัดไป และช่วยชะลอการสะสมของไฮโดรเจนไอออนแลคเตท และฟอสเฟตซึ่งเป็นตัวการขัดขวางการทำงานของสะพานข้ามแอคติน-ไมโอซิน ทำให้สามารถรักษาความเร็วและกำลังของกล้ามเนื้อเนื่องจากการสูญเสียความเร็วลดลง (velocity loss) ส่งผลให้คุณภาพการระเบิดพลัง และคุณภาพในการเคลื่อนไหวสูงตลอดทั้งเซต นอกจากนี้การแบ่งการพักออกเป็นช่วงๆ ยังช่วยลดทอนความล้าของระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ระบบประสาทสั่งการ (Motor unit recruitment & Firing rate) ยังมีประสิทธิภาพสูงโดยไม่ต้องทำงานหนักเพื่อชดเชยการล้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ และจากการรวบรวมการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกที่มีการแบ่งช่วงเวลาพักภายในเซตเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิมของ Gür & Serter (2026) พบว่า การฝึกที่มีการแบ่งช่วงเวลาพักภายในเซตสามารถเพิ่มค่าพลังเฉลี่ยแรงสูงสุด และลดระดับการรับรู้การเหนื่อยล้า เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบดั้งเดิม แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราการพัฒนาแรงระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมของทีมฟุตบอลมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทองมีความเข้มข้นของโปรแกรมการฝึกอยู่แล้วเนื่องจากเป็นช่วงการเตรียมทีมเข้าร่วมการแข่งกีฬาพลศึกษาเกมส์ จึงอาจส่งผลทำให้กลุ่มควบคุมมีการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในด้าน

อัตราการพัฒนาแรงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่มีการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซต

สรุปผลการวิจัย การฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตสามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาของนักกีฬาฟุตบอลชาย ได้แก่ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขา เนื่องจากการฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งการพักภายในเซตจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อและส่งสัญญาณประสาทไปยังช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่น และยังมีการกระตุ้นการปรับตัวของการระดมหน่วยยนต์มากขึ้น ด้วยเหตุนี้การฝึกผสมผสานระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการแบ่งเวลาพักภายในเซตจึงสามารถพัฒนาพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง ความเร็วสูงสุด และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

1. ควรมีการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางกายด้านอื่นๆของกีฬาฟุตบอลเพิ่มเติม

2. ควรเลือกช่วงของโปรแกรมการฝึกให้สอดคล้องและเหมาะสมกับช่วงของการแข่งขันของนักกีฬา

3. ควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักฟุตบอลอาชีพ

กิตติกรรมประกาศ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัยประจำปี พ.ศ. 2568 ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด ในการเป็นที่ปรึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาสาสมัครนักกีฬาฟุตบอลจากมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอ่างทอง ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

การมีส่วนร่วมในผลงานของผู้แต่ง

นายครรชิต มุละสีวะ เป็นผู้วิจัยหลัก ทำหน้าที่ศึกษาข้อมูลงานวิจัยก่อนหน้า ออกแบบการวิจัยประสานขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างและการขอใช้สถานที่ การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

นายวิทเวช วงศ์เพม เป็นผู้ร่วมวิจัยที่ 1 ทำหน้าที่ร่วมออกแบบการวิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูล

นางสาวสำราญ ศรีสังข์ เป็นผู้ร่วมวิจัย ที่ 2 ทำหน้าที่ร่วมออกแบบการวิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูล

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. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00283.2002

Brandenburg, J. P., & Docherty, D. (2002). The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16*(1), 25-32.

Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *28*(11), 1402-1412. https://doi.org/10.1097/00005768-199611000-00009

Chae, S., Long, S. A., Lis, R. P., McDowell, K. W., Wagle, J. P., Carroll, K. M., ... & Stone, M. H. (2024). Combined accentuated eccentric loading and rest redistribution in high-volume back squat: Acute stimulus and fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *38*(4), 648-655.

Chae, S., Long, S. A., Lis, R. P., McDowell, K. W., Wagle, J. P., Carroll, K. M., ... & Stone, M. H. (2024). Combined accentuated eccentric loading and rest redistribution in high-volume back squat: Acute kinetics and kinematics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *38*(4), 640-647.

Chakshuraksha, P., & Apanukul, S. (2021). Effects of accentuated eccentric loading combined with plyometric training on strength, power, speed, and agility in male rugby players. *Journal of Exercise Physiology Online*, *24*(3), 21-28.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 42*(8), 1566-1581. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181cf818d

Cohen, J. M. (1977). Sources of peer group homogeneity. *Sociology of Education*, *50*(4), 227-241. https://doi.org/10.2307/2112497

Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Developing explosive power: a comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *4*(1), 59-70. https://doi.org/10.1016/s1440-2440(01)80008-6

Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(2), 349-357. https://doi.org/10.1519/14323.1

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(5), 1280-1286. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182679278

Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2016). Neural control of lengthening contractions. *The Journal of Experimental Biology*, *219*(2), 197-204. https://doi.org/10.1242/jeb.123158

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine, 47*(4), 663-675. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0624-8

Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., Müller, H., Weber, M. A., Metz, J., Kauczor, H. U., Bärtsch, P., & Billeter, R. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European Journal of Applied Physiology, 108*(4), 821-836. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1292-2

Godard, M. P., Wygand, J. W., Carpinelli, R. N., Catalano, S., & Otto, R. M. (1998). Effects of accentuated eccentric resistance training on concentric knee extensor strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 12*(1),

26-29. https://doi.org/10.1519/1533-4287(1998)012<0026:EOAERT>2.3.CO;2

Gür, F., & Serter, B. (2026). Comparison of rest redistribution and traditional set configurations in terms of strength, power, and perceived exertion: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 18*(1), 269. https://doi.org/10.1186/s13102-026-01709-6

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. https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.3.765

Jukic, I., Ramos, A. G., Helms, E. R., McGuigan, M. R., & Tufano, J. J. (2020). Acute effects of cluster and rest redistribution set structures on mechanical, metabolic, and perceptual fatigue during and after resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 50*(12), 2209-2236. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01344-2

Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, *10*(4), 261-265.

Merrigan, J., Borth, J., Taber, C., Suchomel, T., & Jones, M. (2022). Application of accentuated eccentric loading to elicit acute and chronic velocity and power improvements: A narrative review: accentuated eccentric loading for power. *International Journal of Strength and Conditioning, 2*(1), 1-16. https://doi.org/10.47206/ijsc.v2i1.80

Moore, C. A., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Fry, A. C., & Li, Y. (2007). Acute effects of augmented eccentric loading on jump squat performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 372-377. https://doi.org/10.1519/R-18605.1

Mulasiwa, K., & Sreesung, S. (2024). The effect of accentuated eccentric loading training on leg muscular performance in youth sprinters. *Journal of Sports Science and Health, 25*(1), 67-82.

Phungern, A., & Yimlamai, T. (2021). Effects of plyometric and eccentric training on Achilles tendon stiffness in male long-distance runners. *Journal of Sports Science and Health, 22*(2), 217-229.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine, 35*(6), 501-536. https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11*(7), 885-892. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0602

Vikne, H., Refsnes, P. E., Ekmark, M., Medbø, J. I., Gundersen, V., & Gundersen, K. (2006). Muscular performance after concentric and eccentric exercise in trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 38*(10), 1770-1781. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000229568.17284.ab

Wagle, J. P., Cunanan, A. J., Carroll, K. M., Sams, M. L., Wetmore, A., Bingham, G. E., Taber, C. B., DeWeese, B. H., Sato, K., Stuart, C. A., & Stone, M. H. (2021). Accentuated eccentric loading and cluster set configurations in the back squat: a kinetic and kinematic analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research, 35*(2), 420-427. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002677