

การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กับ
นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ขณะโพสท่าบังคับ
COMPARISON OF ELECTROMYOGRAPHY BETWEEN ELITE AND NOVICE
BODYBUILDERS DURING THE MANDATORY POSES

ธเนษฐพงษ์ สุขวงศ์¹ พชร ชินสีห์^{1*} วรเมธ ประจงใจ¹ นงนภัส เจริญพานิช² และ ชำนาญ ชินสีห์³

Thanatpong Sukwong¹, Potchara Chinnasee^{1*}, Vorramate Prajongjai¹,

Nongnapas Charoenpanich² and Chamnan Chinnasee³

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร

²คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

³คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

¹Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok

²Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, Bangkok

³Faculty of Education, Mahasarakham University, Mahasarakham Province

*Corresponding Author: pchinnasee@gmail.com

Received: February 13, 2025

Revised: March 23, 2025

Accepted: March 26, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และนักเพาะกายฝึกใหม่ในขณะทำการโพส 7 ท่าบังคับ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเพาะกายชายระดับแชมป์ 10 คน ประกอบด้วย แชมป์โลก 3 คน แชมป์เอเชีย 7 คน และนักเพาะกายฝึกใหม่ 10 คน บันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) biceps brachii (BB), triceps brachii (TB), latissimus dorsi (LD), rectus abdominis (RA), rectus femoris (RF) และ pectoralis major (PM) ในขณะโพสท่าบังคับ 7 ท่า ได้แก่ front double biceps (FDB), front lat spread (FLS), side chest (SC), back double biceps (BDB), back lat spread (BLS), side triceps (ST) และ abdominals & thighs (AT) ทำการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มนักเพาะกายระดับแชมป์และกลุ่มนักเพาะกายฝึกใหม่ ผลการวิเคราะห์ EMG พบว่าค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยและสูงสุดของ TB ข้างซ้ายขณะโพส FDB และ BDB ในกลุ่มนักเพาะกายระดับแชมป์สูงกว่ากลุ่มนักเพาะกายฝึกใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.001$) ในขณะที่ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของ LD ข้างขวาและ LD ข้างซ้าย ขณะโพส FLS และ BLS ในกลุ่มนักเพาะกายฝึกใหม่กลับมีค่าสูงกว่ากลุ่มนักเพาะกายระดับแชมป์ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ พบว่า RF ข้างขวาขณะโพส AT ในกลุ่มนักเพาะกายระดับแชมป์สูงกว่ากลุ่มนักเพาะกายฝึกใหม่อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.001$) อย่างไรก็ตาม กล้ามเนื้ออื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่ม ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมฝึกที่มุ่งเน้นการกระตุ้นกล้ามเนื้อในขณะโพสท่าบังคับให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวิเคราะห์กล้ามเนื้อเพื่อช่วยปรับปรุงเทคนิคการโพสให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการฝึกและการแข่งขัน ในอนาคตควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อกระตุ้นกล้ามเนื้อ รวมถึงการขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเพิ่มความครอบคลุมและประโยชน์ในการปฏิบัติ

คำสำคัญ: คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ กีฬาเพาะกาย การโพสท่าบังคับ การกระตุ้นกล้ามเนื้อ

Abstract

This study aims to compare electromyographic (EMG) activity between elite bodybuilders and novice bodybuilders during the execution of seven mandatory poses. The sample consisted of 10 elite male bodybuilders, including 3 world champions and 7 Asian champions, as well as 10 novice bodybuilders. EMG signals were recorded from the biceps brachii (BB), triceps brachii (TB), latissimus dorsi (LD), rectus abdominis (RA), rectus femoris (RF), and pectoralis major (PM) while performing the seven mandatory poses: front double biceps (FDB), front lat spread (FLS), side chest (SC), back double biceps (BDB), back lat spread (BLS), side triceps (ST), and abdominals & thighs (AT). The study analyzed the mean and peak EMG values and compared them between the elite and novice bodybuilders. The EMG analysis revealed that the mean and peak TB activity on the left side during FDB and BDB was significantly higher in elite bodybuilders compared to novice bodybuilders ($p \leq 0.001$). In contrast, the mean and peak LD activity on both the right and left sides during FLS and BLS was significantly higher in novice bodybuilders than in elite bodybuilders ($p < 0.05$). Additionally, the mean and peak RF activity on the right side during AT was significantly greater in elite bodybuilders than in novice bodybuilders ($p = 0.001$). No significant differences were observed for other muscle groups between the two groups. These findings provide insights for developing training programs that optimize muscle activation during mandatory poses. Furthermore, the application of EMG analysis can enhance pose execution techniques, leading to greater precision in training and competition. Future research should explore additional factors influencing muscle activation and expand the sample size to improve the practical applicability of the findings.

Keywords: Electromyography, Bodybuilding, Mandatory poses, Muscle activation

บทนำ

กีฬาเพาะกาย (bodybuilding) ถือเป็นกีฬาสากลเนื่องจากการจัดการแข่งขันในระดับนานาชาติและเมืองครุควบคุมกฎเกณฑ์อย่างเป็นทางการ เช่น International Federation of Bodybuilding & Fitness (IFBB) และ World Bodybuilding and Physique Sports Federation (WBPF) นอกจากนี้กีฬาเพาะกายยังมีการแข่งขันในมหกรรมกีฬาระดับนานาชาติ เช่น Asian Games และ Southeast Asian Games (SEA Games) ในระดับโลกก็ถือว่าเป็นกีฬาที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย กีฬาเพาะกายมีเกณฑ์การให้คะแนนในการแข่งขันโดยพิจารณาจากองค์ประกอบหลัก ได้แก่ สมดุลและสัดส่วนร่างกาย ซึ่งเน้นความสมดุลของกล้ามเนื้อทุกส่วน มวลกล้ามเนื้อต้องมีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสม ความชัดเจนของกล้ามเนื้อ ซึ่งรวมถึงระดับไขมันต่ำและเส้นแยกกล้ามเนื้อที่ชัดเจน ท่วงท่าการโพสที่ต้องแสดงจุดเด่นของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพและการนำเสนอบนเวที ซึ่งรวมถึงความมั่นใจและบุคลิกภาพที่โดดเด่น นักกีฬาที่สามารถแสดงองค์ประกอบเหล่านี้ได้อย่างสมบูรณ์จะมีโอกาสได้รับคะแนนสูงสุดจากกรรมการ (International Fitness and Bodybuilding Federation, 2024)

การโพสท่าแต่ละท่าที่ใช้ในการแข่งขันของนักกีฬาจะต้องแสดงความโดดเด่นของกล้ามเนื้อผ่านการโพสท่าบังคับท่าทางเหล่านี้นั้นกลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนและต้องอาศัยการกระตุ้นกล้ามเนื้อ (muscle activation) การประสานงานของร่างกาย ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการโพสท่าได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการแข่งขันเพาะกาย เนื่องจากการโพสท่าแต่ละท่า นักกีฬาจะต้องมีการออกแรงกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง (isometric contraction) ในระหว่างการแข่งขัน (Sukwong et al., 2021) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของระดับการกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ในขณะที่โพสท่ายังเป็นประเด็นที่ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างแพร่หลาย คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography: EMG) เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างมากในการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อ (Coratella et al., 2020; Stastny et al., 2017; Sung et al., 2023) โดยการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อ การวิเคราะห์สัญญาณ EMG ทำให้นักวิจัยสามารถวัดระดับของการกระตุ้นกล้ามเนื้อและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างบุคคลที่มีประสบการณ์ฝึกซ้อมแตกต่างกันได้ งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อผ่าน EMG ในการออกกำลังกายรูปแบบต่าง ๆ แต่ยังมีงานวิจัยจำกัดเกี่ยวกับรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการโพสท่าของนักเพาะกาย (Sukwong et al., 2021) การทำความเข้าใจรูปแบบการทำงานเหล่านี้สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมเพาะกายในระยะยาว

นักเพาะกายระดับแชมป์มักมีประสบการณ์ฝึกซ้อมมาอย่างยาวนาน ส่งผลให้มีการควบคุมระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ดีขึ้น ประสิทธิภาพในการกระตุ้นกล้ามเนื้อสูงขึ้น การกระตุ้นกล้ามเนื้อในนักกีฬาเพาะกายเป็นกระบวนการที่ระบบประสาทสั่งการให้กล้ามเนื้อหดตัวเพื่อตอบสนองต่อแรงต้านหรือการออกแรงในระหว่างการฝึกซ้อมและแข่งขัน การกระตุ้นกล้ามเนื้อมีความสำคัญต่อการพัฒนามวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และความทนทานของนักกีฬาเพาะกาย โดยทั่วไปจะวัดจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เพื่อตรวจสอบระดับการทำงานของกล้ามเนื้อเป้าหมายในแต่ละท่าฝึก การกระตุ้นกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพช่วยให้นักกีฬาเพาะกายสามารถเพิ่มแรงดึงกล้ามเนื้อ ลดการใช้กล้ามเนื้อที่ไม่จำเป็น และเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการฝึกเพาะกาย นอกจากนี้ เทคนิคการเกร็งกล้ามเนื้อยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มระดับการกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยช่วยให้นักกีฬาสามารถควบคุมและเน้นไปที่กล้ามเนื้อเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การกระตุ้นกล้ามเนื้อของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ต้องอาศัยกระบวนการฝึกซ้อมแต่ละช่วง โดยเฉพาะช่วงของการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ ช่วงของการเพิ่มความชัดของกล้ามเนื้อ มีการควบคุมโภชนาการที่เหมาะสมของแต่ละช่วงการฝึกซ้อม (Lenzi et al., 2021) รวมถึงเทคนิคการโพสท่าที่สวยงามและมีความถูกต้องในแต่ละท่า ในทางกลับกันนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ อาจยังขาดทักษะในการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่เหมาะสม รวมถึงการฝึกเพื่อการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ การเสริมด้านโภชนาการ และประสบการณ์ในการโพสท่าในการแข่งขัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ไม่เต็มประสิทธิภาพระหว่างการโพสท่า การศึกษาความแตกต่างของการกระตุ้นกล้ามเนื้อระหว่างทั้งสองกลุ่มสามารถช่วยระบุปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการโพสท่าที่มีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬารวมถึงผู้ฝึกสอนที่ต้องการพัฒนาทักษะการโพสท่าและการแสดงความสวยงามของกล้ามเนื้อ เพื่อการแข่งขันท่าบังคับทั้ง 7 ท่าของการแข่งขันเพาะกาย ได้แก่ FDB, FLS, SC, BDB, BLS, ST, และ AT เป็นพื้นฐานสำคัญของการแข่งขันแต่ละรายการ ท่าทางเหล่านี้ต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อหลายส่วน เช่น BB, TB, LD, RA, RF และ PM (Sukwong et al., 2021) เนื่องจากท่าบังคับเหล่านี้มีความซับซ้อน การทำความเข้าใจระดับการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีความแตกต่างกันอย่างไรระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และมือใหม่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางการฝึกซ้อมโพสท่าเพื่อการแข่งขันที่มีประสิทธิภาพ

ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความแตกต่างของการกระตุ้นกล้ามเนื้อขณะโสมระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และฝึกใหม่ อาจเกิดจากความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อและระดับการหดตัวไว้อย่างต่อเนื่อง นักเพาะกายที่มีประสบการณ์สูงมักมีการพัฒนาการเชื่อมโยงระหว่างจิตใจกับกล้ามเนื้อที่ดีขึ้น เนื่องจากต้องนำเสนอบนเวทีที่ทำการแข่งขัน ทำให้สามารถควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Piatkowski et al., 2022) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการโสมท่าแข่งขัน ทำให้เห็นถึงความชัดเจนของกล้ามเนื้อระหว่างการแข่งขัน ในขณะที่นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่อาจขาดประสบการณ์และความสามารถในการคงการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ดี ส่งผลให้มีความแตกต่างของระดับสัญญาณ EMG และประสิทธิภาพในการโสมท่าโดยรวม นอกจากนี้ นักเพาะกายระดับแชมป์มักมีโปรแกรมฝึกซ้อมที่เข้มข้นซึ่งมุ่งเน้นทั้งการเพิ่มความแข็งแรง ความทนทานของกล้ามเนื้อ ร่วมกับการเสริมทางโภชนาการ (Hackett, 2022) ทำให้สามารถแสดงความสวยงามและระดับการกระตุ้นกล้ามเนื้อได้นานขึ้น ในขณะที่นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่อาจมีความล้าเกิดขึ้นเร็วกว่าขณะโสม เนื่องจากความทนทานของกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ต่ำกว่า อาจทำให้ระดับการกระตุ้นของ EMG ลดลงและส่งผลต่อความสามารถในการโสมท่าได้อย่างเหมาะสมตลอดการแข่งขัน

นอกจากปัจจัยทางด้านการควบคุมกล้ามเนื้อแล้ว ความแตกต่างของชีวกลศาสตร์ระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และฝึกใหม่อาจส่งผลต่อค่าสัญญาณ EMG ได้เช่นกัน นักเพาะกายที่มีประสบการณ์สูงมักมีการฝึกซ้อมการโสมท่าอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความสมดุลของกล้ามเนื้อและการควบคุมร่างกายที่ดียิ่งขึ้น (Sukwong et al., 2022) ในขณะที่นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่อาจมีการเคลื่อนไหวที่ไม่สมดุลหรือเกิดการชดเชยของกล้ามเนื้อบางส่วน อันเป็นผลมาจากการควบคุมร่างกายที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจทำให้เกิดความแตกต่างของค่าสัญญาณ EMG ในแต่ละกลุ่มการสามารถทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อได้สูงสุด ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญของการแข่งขันเพาะกาย เนื่องจากรวมการจะพิจารณานักกีฬาไม่เพียงแค่ว่าขนาดและความสมดุลของกล้ามเนื้อเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความสามารถในการเกร็งกล้ามเนื้อและการนำเสนอกกล้ามเนื้อในแต่ละท่า การวิเคราะห์ EMG สามารถให้ค่าทางปริมาณของการกระตุ้นกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งช่วยให้สามารถเปรียบเทียบระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ได้อย่างชัดเจน

การทำความเข้าใจรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อในการเพาะกายยังสามารถช่วยให้นักกีฬาและโค้ชออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมได้อย่างตรงจุด หากพบว่ากล้ามเนื้อบางส่วนมีการกระตุ้นที่ต่ำกว่านักกีฬาคณะอื่น ๆ โปรแกรมการฝึกสามารถถูกปรับแต่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อนั้น ๆ ได้ ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคพิเศษที่ช่วยเพิ่มการใช้กล้ามเนื้ออย่างเต็มประสิทธิภาพในการแข่งขัน นอกจากนี้ ความรู้ที่ได้จากการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้ EMG สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกีฬาประเภทอื่น ๆ ที่ต้องการการควบคุมกล้ามเนื้อที่แม่นยำ เช่น ยิมนาสติก การเต้นรำ และศิลปะการต่อสู้ ซึ่งล้วนแต่ต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ ดังนั้น การศึกษาสัญญาณ EMG ในกีฬาวงการเพาะกายอาจช่วยนำเสนอหลักการทั่วไปเกี่ยวกับการควบคุมระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่สามารถนำไปใช้ได้ ในหลายชนิดกีฬา การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะโสมท่าบังคับ ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กับนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ประชากร คือ นักกีฬาเพาะกายที่ขึ้นทะเบียนในสมาคมกีฬาเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทยหรือเคยแข่งขันในรายการที่จัดโดยสมาคมกีฬาเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเพาะกาย ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จากนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ที่ขึ้นทะเบียนในสมาคมกีฬาเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทย และนักกีฬาเพาะกายระดับฟิกใหม่ที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันในรายการที่จัดโดยสมาคมกีฬาเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 20 คน คือนักเพาะกายชายระดับแชมป์ จำนวน 10 คน ประกอบด้วยแชมป์โลก 3 คน และแชมป์เอเชีย 7 คน กับนักเพาะกายฟิกใหม่ จำนวน 10 คน ผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกคนได้อ่านและลงนามในหนังสือยินยอมก่อนเข้าร่วมการศึกษาที่ผ่านการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์เลขที่ 006/2563 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม มีเกณฑ์คัดเข้า (inclusion criteria) คือ นักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ เพศชาย ที่มีประสบการณ์การเล่นมากกว่า 5 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย และนักกีฬาเพาะกายระดับฟิกใหม่ เพศชาย มีประสบการณ์การเล่นน้อยกว่า 5 ปี และที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ไม่มีอาการบาดเจ็บใด ๆ รบกวนหรือส่งผลต่อการวิจัยครั้งนี้ มีเกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) คือ ผู้เข้าร่วมการวิจัยขอถอนตัวออกจากการวิจัย ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย เกิดอุบัติเหตุหรือเกิดการบาดเจ็บขณะทำการวิจัย ผู้วิจัยรับผิดชอบโดยนำส่งโรงพยาบาลฉุกเฉินและผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดจนผู้เข้าร่วมวิจัยหายเป็นปกติ

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องและระบบติดตามการเคลื่อนไหวพร้อมโปรแกรมการควบคุม Qualisys Track Manager พร้อมกล้องวิดีโอ รุ่น Oqus 210c ตราสินค้า Qualisys ประเทศสวีเดน
2. เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรุ่น Mini Wave Infinity ตราสินค้า Cometa's ประเทศอิตาลีบันทึกที่ความถี่ 2,400 Hz
3. อุปกรณ์รับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ อิเล็กโทรด Ag-AgCl ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. (Blue Sensor, Ambu, ประเทศเดนมาร์ก)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบภายหลังจากอบอุ่นร่างกายทำการเตรียมตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่จะติดอิเล็กโทรดตามวิธีของ Rash (2002) ทำการติดอิเล็กโทรดบริเวณกล้ามเนื้อของ BB, TB, LD (ด้านซ้ายและขวา), PM, RA, RF (ด้านขวา) ตามวิธีการติดอิเล็กโทรดของ Konrad (2005) ทำการทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากค่าความสามารถสูงสุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary isometric contraction: MVIC) โดยมีการพัก 3 นาทีระหว่างการทดสอบ MVIC แต่ละมัดของกล้ามเนื้อ (Maeo et al., 2013) จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองโพสท่าบังคับ 7 ท่า ได้แก่ front double biceps (FDB), front lat spread (FLS), side chest (SC), back double biceps (BDB), back lat spread (BLS), side triceps (ST), and abdominals & thighs (AT) (Sukwong et al., 2021) เพื่อให้คุ้นเคยกับลำดับการเคลื่อนไหว พื้นที่และอุปกรณ์ที่ใช้ หลังจากนั้นทำการโพสท่าบังคับในแต่ละท่า พร้อมบันทึกวิดีโอการเคลื่อนไหวร่วมกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไปพร้อมกัน (synchronized) ด้วยกล้องวิดีโอ รุ่น Oqus 210c กับโปรแกรมควบคุม Qualisys Track Manager โดยปฏิบัติตามขั้นตอนของ Sukwong et al. (2021) หลังจากบันทึกข้อมูลเสร็จแล้ว นำวิดีโอการโพสให้ผู้ตัดสินจากสมาคมกีฬาเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทยคัดเลือกท่าที่ดีที่สุดของกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การให้คะแนนของ International Fitness and Bodybuilding Federation (2024) เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้านซ้ายและด้านขวาของ biceps brachii (BB), triceps brachii (TB), latissimus dorsi (LD) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้านขวาของ rectus abdominis (RA), rectus femoris (RF) และ pectoralis major (PM) ได้ถูกนำมาวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากค่าคลื่นไฟฟ้าจากความสามารถสูงสุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (MVIC) และการโพส 7 ท่าบังคับ หลังจากนั้นข้อมูลทั้งหมดนำมาจัดการสัญญาณและวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยโปรแกรม 3D motion kinematic & kinetic analyzer (Barre & Armand, 2014) ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าจะถูกกรองสัญญาณรบกวน (Noise) ด้วย Butterworth digital filter (4th order zero-lag) ที่ 10-500 Hz หลังจากนั้นสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการ full-wave rectification และ smoothing ด้วยวิธี moving average ที่ 100 มิลลิวินาที (Konrad, 2005) ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยและค่าสูงสุดของกล้ามเนื้อ BB, TB, LD, RA, RF และ PM ในระหว่างการโพส 7 ท่าบังคับถูกเทียบกับ MVIC และนำเสนอในรูปแบบร้อยละของ MVIC การศึกษาทำการวิเคราะห์ทั้งสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน โดยทำการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลด้วย Shapiro-wilk test เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ หากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จะใช้สถิติ Independent t-test ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) และค่าสูงสุดระหว่างกลุ่มนักเพาะกายระดับแชมป์และกลุ่มนักเพาะกายฝึกใหม่ ในทางกลับกัน หากข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ จะใช้สถิติ Mann-Whitney U test ในการเปรียบเทียบค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างทั้งสองกลุ่ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้วพบว่ารูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อจากการวัด EMG ระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และนักเพาะกายฝึกใหม่ในระหว่างการโพสท่าบังคับทั้ง 7 ท่า จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์และกลุ่มที่เป็นนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ กลุ่มละ 10 คน พบว่ามีข้อมูลทั่วไปคือ มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 31.40 ± 7.34 ปี และ 22.20 ± 2.20 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 170.20 ± 7.24 เซนติเมตร และ 170.10 ± 5.76 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 81.33 ± 7.91 กิโลกรัม และ 77.26 ± 11.39 กิโลกรัม ประสบการณ์ในการเล่นกีฬาเพาะกายและฟิตเนส เฉลี่ยเท่ากับ 10.20 ± 4.61 ปี และ 3.00 ± 0.82 ปี ตามลำดับ นอกจากนี้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดระหว่างกลุ่มนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์และกลุ่มนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ได้ผลเป็นดังนี้

1. จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยขณะโพส 7 ท่าบังคับระหว่างกลุ่มนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กับกลุ่มนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ BB ด้านซ้ายขณะโพส FDB ของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (35.22 ± 9.91 %MVIC) มากกว่า นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (18.94 ± 8.47 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) เช่นเดียวกับ ขณะโพส BDB ของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (38.49 ± 5.97 %MVIC) มากกว่า นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (19.06 ± 8.80 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ส่วนคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ BB ด้านขวาขณะโพส FDB และ BDB ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ LD ด้านขวาและ LD ด้านซ้าย ขณะโพส FLS ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (2.85 ± 2.60 %MVIC และ 2.42 ± 0.72 %MVIC) น้อยกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (7.12 ± 5.70 %MVIC และ 5.19 ± 3.80 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนคลื่นไฟฟ้าเฉลี่ยของกล้ามเนื้อดังกล่าวทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ขณะโพส BLS ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ย ของกล้ามเนื้อ

RF ด้านขวาขณะโผล่ AT ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (35.73 ± 17.08 %MVIC) มากกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (11.59 ± 7.33 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) ส่วนคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉื่อยของกล้ามเนื้อ RA ด้านขวาขณะโผล่ AT กล้ามเนื้อ PM ด้านขวาขณะโผล่ SC และ กล้ามเนื้อ TB ด้านขวาขณะโผล่ ST ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ดัง Table 1.

Table 1. Presents a comparison of the mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.) of mean electromyographic (EMG) activity during the seven mandatory poses between elite bodybuilders and novice bodybuilders.

mean EMG during the mandatory poses (%MVIC)	Elite bodybuilders		Novice bodybuilders		Statistical value	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
FDB ^γ						
Right BB [§]	31.63	7.77	29.95	12.91	$t^{\dagger}=0.35$	0.72
Left BB	35.22	9.91	18.94	8.47	$t=3.94$	0.001
BDB						
Right BB	30.25	8.19	26.12	11.32	$t=0.93$	0.36
Left BB	38.49	5.97	19.06	8.80	$t=5.77$	<0.001
FLS						
Right LD	2.85	2.60	7.12	5.70	$Z^{\ast}=-2.19$	<0.05
Left LD	2.42	0.72	5.19	3.80	$Z=-2.11$	<0.05
BLS						
Right LD	4.11	2.36	8.71	6.80	$Z=-1.74$	0.08
Left LD	4.15	3.82	8.25	7.88	$Z=-1.62$	0.10
SC						
Right PM	15.16	5.67	19.85	15.46	$Z=-0.11$	0.91
ST						
Right TB	27.47	7.51	28.88	18.92	$t=-0.22$	0.82
AT						
Right RA	28.96	9.33	21.99	5.41	$t=2.04$	0.06
Right RF	35.73	17.08	11.59	7.33	$Z=-3.17$	0.001

Note: [†]Independent t-test was conducted at a significance level of $p < 0.05$.

^{*}Mann-Whitney U test was conducted at a significance level of $p < 0.05$.

^γThe seven mandatory poses consist of FDB (front double biceps), FLS (front lat spread), SC (side chest), BDB (back double biceps), BLS (back lat spread), ST (Side triceps), AT (abdominals & thighs).

[§]The muscles measured for electromyographic (EMG) activity include BB (biceps brachii), TB (triceps brachii), LD (latissimus dorsi), RA (rectus abdominis), RF (rectus femoris), and PM (pectoralis major).

2. จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดขณะโพล 7 ท่าบังคับระหว่างกลุ่มนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กับกลุ่มนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อ BB ด้านซ้าย ขณะโพล FDB ของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (50.29 ± 9.21 %MVIC) มากกว่า นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (30.82 ± 15.46 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับ ขณะโพล BDB ของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (55.85 ± 7.19 %MVIC) มากกว่า นักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (32.18 ± 14.24 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อ BB ด้านขวา ขณะโพล FDB และ BDB ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อ LD ด้านขวาและ LD ด้านซ้าย ขณะโพล FLS ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (4.72 ± 3.99 %MVIC และ 4.83 ± 2.97 %MVIC) น้อยกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (14.41 ± 15.46 %MVIC และ 10.17 ± 9.36 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ LD ด้านขวา ขณะโพล BLS ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (6.43 ± 2.91 %MVIC) น้อยกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (15.74 ± 12.43 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นกัน ส่วนคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อดังกล่าวด้านซ้าย ขณะโพล BLS ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อ RF ด้านขวาขณะโพล AT ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ (59.09 ± 26.45 %MVIC) มากกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ (19.10 ± 12.25 %MVIC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) ส่วนคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อ RA ด้านขวาขณะโพล AT กล้ามเนื้อ PM ด้านขวา ขณะโพล SC และ กล้ามเนื้อ TB ด้านขวาขณะโพล ST ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ดัง Table 2.

Table 2. Presents a comparison of the mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.) of peak electromyographic (EMG) activity during the seven mandatory poses between elite bodybuilders and novice bodybuilders.

peak EMG during the mandatory poses (%MVIC)	elite bodybuilders		novice bodybuilders		Statistical value	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
FDB ^y						
Right BB ^s	48.73	16.78	50.64	31.29	$Z^* = -0.37$	0.70
Left BB	50.29	9.21	30.82	15.46	$Z = -3.10$	<0.01
BDB						
Right BB	45.83	12.02	44.48	21.69	$t^+ = 0.17$	0.86
Left BB	55.85	7.19	32.18	14.24	$t = 4.68$	<0.001
FLS						
Right LD	4.72	3.99	14.41	15.46	$Z = -2.04$	<0.05
Left LD	4.83	2.97	10.17	9.36	$Z = -1.96$	<0.05
BLS						
Right LD	6.43	2.91	15.74	12.43	$Z = -2.11$	<0.05
Left LD	7.17	8.33	13.42	12.91	$Z = -1.51$	0.13

Table 2. Presents a comparison of the mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.) of peak electromyographic (EMG) activity during the seven mandatory poses between elite bodybuilders and novice bodybuilders.

peak EMG during the mandatory poses (%MVIC)	elite bodybuilders		novice bodybuilders		Statistical value	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
SC						
Right PM	22.45	6.90	30.23	20.60	$Z=-0.22$	0.82
ST						
Right TB	43.10	8.21	42.69	22.52	$t=-0.05$	0.95
AT						
Right RA	50.19	16.23	42.12	13.63	$t=1.20$	0.24
Right RF	59.09	26.45	19.10	12.25	$Z=-3.32$	0.001

Note: [†]Independent t-test was conducted at a significance level of $p < 0.05$.

^{*}Mann-Whitney U test was conducted at a significance level of $p < 0.05$.

[‡]The seven mandatory poses consist of FDB (front double biceps), FLS (front lat spread), SC (side chest), BDB (back double biceps), BLS (back lat spread), ST (side triceps), AT (abdominals & thighs).

[§]The muscles measured for electromyographic (EMG) activity include BB (biceps brachii), TB (triceps brachii), LD (latissimus dorsi), RA (rectus abdominis), RF (rectus femoris), and PM (pectoralis major).

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะโพส 7 ท่าบังคับ ระหว่างนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กับนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่จากการโพสท่าบังคับกล้ามเนื้อทำงานหดตัวแบบค้างนิ่ง ซึ่งผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานที่พบว่า ท่าโพสที่เน้นการแสดงความสวยงามของกล้ามเนื้อด้านหน้าและด้านหลัง ได้แก่ ท่า FDB และ BDB สามารถเน้นความโดดเด่นของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า ได้อย่างชัดเจน โดยในนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้ามีค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและค่าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างในการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างทั้งสองกลุ่ม สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าความสามารถในการฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการหดตัวร่วมกันของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยเปรียบเทียบนักเพาะกายกับบุคคลทั่วไป ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านักเพาะกายมีระดับการทำงานของกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มบุคคลทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในกล้ามเนื้อ BB และ TB นอกจากนี้ยังพบว่าประสบการณ์ในการเพาะกายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งบ่งชี้ว่าการฝึกฝนในระยะยาวส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวร่วมกันสูงสุดได้ (Maeo et al., 2013)

ขณะที่กล้ามเนื้อ BB ข้างขวา ระหว่างนักกีฬาทั้งสองกลุ่มออกแรงเกร็งไม่ต่างกัน แต่กล้ามเนื้อ BB ข้างซ้ายนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ออกแรงเกร็งมากกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ ซึ่งอาจจะมีผลมาจากการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อข้างที่ถนัดส่งผลให้เกิดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มากกว่ากลุ่มนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่อาจเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้างที่ถนัด โดยพบว่าความแข็งแรงที่สูงกว่าเกี่ยวข้องกับอัตราการระดมหน่วยยนต์ และสัดส่วนการนำเข้าของกระแสประสาทที่ใช้ร่วมกันมากขึ้น ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่าความแตกต่างของความแข็งแรงระหว่างข้างที่ถนัดและไม่ถนัดอาจมาจากการ

ควบคุมของระบบประสาทส่วนกลางมากกว่าปัจจัยทางกายภาพของกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียว (Lecce et al., 2025) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Maeo et al. (2013) โดยการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะนี้อาจพัฒนาขึ้นได้จากการปรับตัวทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเป็นช่วงของนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์อยู่ในช่วงก่อนการแข่งขัน โดยมีโปรแกรมการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและลดไขมันได้ผิวหนัง (Bauer et al., 2023; Escalante et al., 2021) เช่นเดียวกับท่าโพส AT นักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ยังออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่เช่นกัน

นอกจากนี้การโพสท่า FLS และ BLS เป็นการแสดงสัดส่วนความสวยงามของกล้ามเนื้อ LD มีการระดมกระแสประสาทเพื่อเกร็งกล้ามเนื้อมด้น้อยมาก เนื่องจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ย เกิดขึ้นไม่ถึง 10% MVIC ทั้งในกลุ่มนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์และนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ หมายความว่าท่าโพสท่า FLS และ BLS อาจจะถูกกล้ามเนื้อมด้น้อยออกแรงเพื่อดึงหัวไหล่ไปทางด้านหน้าและขยายกล้ามเนื้อบริเวณแผ่นหลังให้เห็นได้อย่างชัดเจน ท่าโพสท่า FLS และ BLS เป็นสองท่าหลักในกีฬาเพาะกายที่เน้นการแสดงความกว้างและความหนาของกล้ามเนื้อ LD ซึ่งต้องอาศัยการเกร็งกล้ามเนื้ออย่างแม่นยำ ท่า FLS ต้องใช้พลังงานในการขยายปีกออกทางด้านหน้าโดยการหมุนไหล่เล็กน้อยและดันศอกไปด้านหน้า ขณะเดียวกันต้องรักษาความตึงของกล้ามเนื้อหน้าอก ไหล่ และต้นแขนด้านหน้า เพื่อให้รูปร่างของกล้ามเนื้อดูเต็มและสมดุล พลังงานที่ใช้ในท่านี้มาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบค้ำยั้ง ซึ่งต้องใช้แรงในการคงตำแหน่งท่าทางให้นิ่งที่สุดในทางกลับกัน ท่า BLS ต้องใช้พลังงานมากขึ้นในส่วนของกล้ามเนื้อหลัง เนื่องจากต้องอาศัยการดึงสะบักเข้าหากัน เพื่อเพิ่มความหนาของกล้ามเนื้อ rhomboids, trapezius และ erector spinae รวมถึงการขยาย LD ให้กว้างที่สุด ท่านี้ยังต้องใช้พลังงานในการรักษามุมของร่างกายและควบคุมกล้ามเนื้อแกนกลางให้มั่นคง ท่าโพสท่าทั้งสองยังใช้พลังงานจากระบบเมตาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก เนื่องจากการออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อในระยะเวลายาวนาน แต่ต้องใช้ความแข็งแรงสูง นักกีฬาเพาะกายที่สามารถบริหารพลังงานและความทนทานในการคงท่าได้ดีจะสามารถแสดงความโดดเด่นของมัดกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Peixoto et al., 2024) ขณะเดียวกันพบว่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ LD ของกลุ่มนักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์มีค่ามากกว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ นั้นหมายความว่าท่าโพสท่าเพื่อให้เห็นความสวยงามและขนาดของกล้ามเนื้อมด้นี้มีความสำคัญอย่างมากสำหรับนักกีฬาที่มีประสบการณ์สูง ดังนั้นนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ควรจะต้องออกแรงกล้ามเนื้อมด้นี้เพิ่มมากขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการโพสในท่า FLS และ BLS จึงจำเป็นสำหรับนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมด้นี้แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานจากการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อมด้นี้อาจจะใช้พลังงานน้อยกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ที่อาจจะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าจากที่กล่าวมาข้างต้น

นอกเหนือไปจากนี้ลักษณะของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ขณะโพส 7 ท่าบังคับมาตรฐานในนักกีฬาเพาะกาย เป็นตัวแปรที่ทำให้ทราบถึงกลไกและการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยส่วนใหญ่แล้วการศึกษาค้นคว้ากล้ามเนื้อสามารถจำแนกผลของการศึกษาออกเป็นสองลักษณะ คือ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและกลไกการทำงานแบบเฉียบพลันระยะใดระยะหนึ่ง (EMG acute response) ประกอบไปด้วย การระดมกระแสประสาท อัตราการกระตุ้นการทำงาน แรงที่เกิดขึ้น และแรงของกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ เป็นต้น และอีกด้านหนึ่งคือคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เป็นการติดตามผลระยะยาวจากการฝึกหรือการฟื้นฟู (EMG chronic response) เป็นแนวทางหนึ่งที่ได้นำคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมาใช้เป็นตัวแปรในการติดตามและการพยากรณ์ตัวแปรที่เกิดขึ้น เช่น ความแข็งแรงและขนาดของมัดกล้ามเนื้อ ที่เกิดขึ้นจากการฝึก จะทำให้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป ในทางปฏิบัติถ้าเป็นการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อติดตามผลลัพธ์ด้านดังกล่าวอาจจะเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลามากที่จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงและการเพิ่มขนาดของ

กล้ามเนื้อ (Arora et al., 2021; Vigotsky et al., 2022) อาจจะต้องใช้เวลาหลายเดือนหรือเป็นปีในการติดตามผลจากการฝึก ทั้งนี้หลายการศึกษาวิทยายามติดตามผลการฝึกที่มีต่อความแข็งแรงและขนาดของมัดกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น (Reiman et al., 2012; Tsaklis et al., 2015) จากการศึกษาที่ผ่านมามุ่งศึกษาถึงการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและผลการเปลี่ยนแปลงจากการฝึก ส่วนผลที่ได้จากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จากการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ เพื่อพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นในระยะยาวยังไม่มีข้อมูลที่สนับสนุนเพียงพอเพื่อการพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้น ซึ่งนักกีฬาเพาะกายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อมีความสวยงาม สมส่วนนั้น คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของการฝึก ยังมีความจำเป็นที่นักวิทยาศาสตร์การกีฬาจะต้องศึกษา ติดตาม ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่ปัจจุบันยังไม่มี การศึกษา ติดตามผลดังกล่าว ถ้ามีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจะทำให้เราทราบกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อนักกีฬาเพาะกายฝึกในแต่ละช่วง จนนำไปสู่ความสำเร็จในการแข่งขัน

ขณะเดียวกันยังพบว่าระดับประสบการณ์และระยะเวลาการฝึกซ้อมอาจจะเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการโพสท่าบังคับของนักเพาะกาย ซึ่งสะท้อนผ่านรูปแบบของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่แตกต่างกันระหว่างนักเพาะกายระดับแชมป์และนักเพาะกายฝึกใหม่ นักเพาะกายระดับแชมป์มักมีความสามารถในการกระตุ้นกล้ามเนื้อเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรักษาระดับแรงดึงของกล้ามเนื้อโพสท่าได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการแสดงกล้ามเนื้อที่ชัดเจนและการให้คะแนนจากกรรมการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดผลแพ้ชนะของการแข่งขัน ในทางกลับกันนักเพาะกายฝึกใหม่อาจมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ไม่สม่ำเสมอ หรือใช้แรงเกร็งที่มากเกินไปในกล้ามเนื้อบางส่วน ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าเร็วและลดทอนประสิทธิภาพของท่าทางการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับประสบการณ์ ระยะเวลาการฝึก และรูปแบบสัญญาณ EMG ระหว่างการโพสท่าบังคับสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาทางกายภาพของนักกีฬาวินิจฉัยก่อนหน้านี้นพบว่าการฝึกฝนที่ต่อเนื่องช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการกระตุ้นหน่วยมอเตอร์ ทำให้สามารถควบคุมแรงหดตัวของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น (Folland & Williams, 2007) ซึ่งอาจช่วยให้นักเพาะกายฝึกใหม่สามารถพัฒนาทักษะการโพสท่าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อมีการฝึกฝนที่เหมาะสม ดังนั้น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อและผลกระทบต่อคะแนนการแข่งขัน อาจนำไปสู่แนวทางการฝึกซ้อมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการโพสท่าของนักเพาะกายฝึกใหม่และลดความแตกต่างระหว่างนักกีฬาในระดับต่างๆ

อย่างไรก็ตามยังไม่มีกรนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มาใช้ในการพยากรณ์ผลของการฝึกที่มีต่อการเพิ่มขนาดของมัดกล้ามเนื้อ (Disselhorst-Klug & Williams, 2020) ในทางทฤษฎีแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออาจสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ขนาดของมัดกล้ามเนื้อได้โดยมีหลักฐานสนับสนุนจากความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อ และการเพิ่มขนาดของมัดกล้ามเนื้อ ปัจจุบันมีหลักฐานชี้ว่าการระดมหน่วยยนต์สูงสุด เป็นองค์ประกอบหลักของสัญญาณ EMG ซึ่งสามารถใช้ติดตามกระบวนการกระตุ้นหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขนาดของมัดกล้ามเนื้อ (Dankel et al., 2017) นอกจากนี้แอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อยังสามารถบ่งชี้ถึงการเพิ่มขนาดของมัดกล้ามเนื้อได้โดยแอมพลิจูดที่สูงขึ้นเป็นผลมาจากการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัวมากขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อและนำไปสู่การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Holm et al., 2010) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่พบว่าแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ไม่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อเมื่อฝึกภายใต้สภาวะความล้าสูงโดยการศึกษาของ Mitchell et al. (2012) พบว่าการฝึกที่ความหนัก 30% ของ 1RM จำนวน 3 เซต และการฝึกที่ 80% ของ 1RM จำนวน 3 เซต ในท่าเหยียดเข่า เพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ให้ผล EMG ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตาม การศึกษาของ Jenkins et al. (2015) รายงานว่าการฝึกที่ 80% ของ 1RM จำนวน 3 เซต ให้แอมพลิจูดของ EMG สูงกว่าการฝึกที่ 30% ของ 1RM จำนวน 3 เซต ดังนั้น ภายใต้เงื่อนไขการฝึกเพื่อกระตุ้นการเติบโตของกล้ามเนื้อ ที่นำไปสู่ภาวะความล้า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออาจไม่สามารถใช้

เป็นตัวพยากรณ์ผลลัพธ์ด้านการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อได้ (Looney et al., 2016; Schoenfeld et al., 2014; Schoenfeld et al., 2017) ด้วยเหตุนี้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง EMG และการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเพาะกายยังคงมีความจำเป็นเพื่อให้สามารถติดตามผลของการฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อวงการกีฬาเพาะกายในการกำหนดแนวทางการฝึกที่เหมาะสมให้เป็นไปตามเกณฑ์การตัดสินตลอดจนช่วยนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาไปใช้ในการติดตาม ประเมิน และเปรียบเทียบผลลัพธ์ทางสรีรวิทยาได้อย่างชัดเจนมากขึ้นในอนาคต

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่านักเพาะกายระดับแชมป์สามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อได้สูงกว่านักเพาะกายฝึกใหม่ในหลายกลุ่มกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า ในท่า FDB และ BDB กล้ามเนื้อ LD ในท่า FLS และกล้ามเนื้อ RF ในท่า AT สิ่งนี้สะท้อนถึงความสามารถในการควบคุมและกระตุ้นกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพมากกว่าซึ่งเป็นผลมาจากการประสบการณ์การฝึกซ้อมที่ยาวนาน อย่างไรก็ตาม ในบางกลุ่มกล้ามเนื้อ เช่นกล้ามเนื้อ PM ในท่า SC และกล้ามเนื้อ TB ในท่า ST ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทั้งสองกลุ่ม อาจเป็นเพราะลักษณะของท่าบังคับที่ไม่ได้เน้นการใช้กล้ามเนื้อเหล่านี้เป็นหลัก หรืออาจเป็นไปได้ว่านักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่สามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อในระดับที่ใกล้เคียงกับนักเพาะกายระดับแชมป์ผลลัพธ์จากการศึกษาช่วยให้เข้าใจถึงรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันในแต่ละระดับของนักเพาะกาย ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมฝึกซ้อมให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบโปรแกรมฝึกเพื่อเพิ่มขนาดและมวลกล้ามเนื้อ การพัฒนาเทคนิคการโพสท่าเพื่อให้การแสดงกล้ามเนื้อมีความชัดเจนและการใช้เทคโนโลยีช่วยวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อนอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อกระตุ้นกล้ามเนื้อ รวมถึงการขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้ข้อมูลที่ได้รับสามารถนำไปปรับใช้ได้อย่างกว้างขวางและเป็นประโยชน์ต่อการฝึกซ้อมนักเพาะกายในทุกระดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่สนับสนุนทุนการวิจัย สมาคมเพาะกายและฟิตเนสแห่งประเทศไทยที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์อนุญาตให้นักกีฬาเพาะกายระดับแชมป์ในการเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณนักกีฬาเพาะกายของสมาคมฯ และนักกีฬาเพาะกายฝึกใหม่ทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัย นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Arora, NK., Sharma, S., Saifi, S., Sharma, S., & Arora, IK. (2021). Effects of combined whole body vibration and resistance training on lower quadrants electromyographic activity, muscle strength and power in athletes. *The Foot*, 49, 101844.
- Barre, A., & Armand, S. (2014). Biomechanical ToolKit: Open-source framework to visualize and process biomechanical data. *Comput Methods Programs Biomed*, 114(1), 80-87.
- Bauer, P., Majisik, A., Mitter, B., Csapo, R., Tschan, H., Hume, P., Martínez-Rodríguez, A., & Makivic, B. (2023). Body composition of competitive bodybuilders: A systematic review of published data and recommendations for future work. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(3), 726-732.

- Coratella, G., Tornatore, G., Longo, S., Esposito, F., & Cè, E. (2020). An Electromyographic Analysis of Lateral Raise Variations and Frontal Raise in Competitive Bodybuilders. *Int J Environ Res Public Health*, 17(17).
- Dankel, S.J., Mattocks, K.T., Jessee, M.B., Buckner, S.L., Mouser, J.G., & Loenneke, J.P. (2017). Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? *Eur J Appl Physiol*, 117(11), 2125-2135.
- Disselhorst-Klug, C., & Williams, S. (2020). Surface Electromyography Meets Biomechanics: Correct Interpretation of sEMG-Signals in Neuro-Rehabilitation Needs Biomechanical Input. *Front Neurol*, 11, 603550.
- Escalante, G., Stevenson, S.W., Barakat, C., Aragon, A.A., & Schoenfeld, B.J. (2021). Peak week recommendations for bodybuilders: An evidence based approach. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13, 1-24.
- Folland, J.P., & Williams, A.G. (2007). Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
- Hackett, D.A. (2022). Training, Supplementation, and Pharmacological Practices of Competitive Male Bodybuilders Across Training Phases. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(4), 963-970.
- Holm, L., van Hall, G., Rose, A.J., Miller, B.F., Doessing, S., Richter, E.A., & Kjaer, M. (2010). Contraction intensity and feeding affect collagen and myofibrillar protein synthesis rates differently in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 298(2), E257-269.
- International Fitness and Bodybuilding Federation. (2024). IFBB Federation rules for bodybuilding and fitness [Online]. Retrieved March 22, 2025, from <https://ifbb.com/wp-content/uploads/2024/08/01-IFBB-General-Rules-2024-edition-1.pdf>
- Jenkins, N.D., Housh, T.J., Bergstrom, H.C., Cochrane, K.C., Hill, E.C., Smith, C.M., Johnson, G.O., Schmidt, R.J., & Cramer, J.T. (2015). Muscle activation during three sets to failure at 80 vs. 30% 1RM resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*, 115(11), 2335-2347.
- Konrad, P. (2005). The abc of emg. A practical introduction to kinesiological electromyography, 1(2005), 30-35.
- Lecce, E., Del Vecchio, A., Nuccio, S., Felici, F., & Bazzucchi, I. (2025). Higher dominant muscle strength is mediated by motor unit discharge rates and proportion of common synaptic inputs. *Scientific Reports*, 15(1), 8269.
- Lenzi, J.L., Teixeira, E.L., de Jesus, G., Schoenfeld, B.J., & de Salles Painelli, V. (2021). Dietary Strategies of Modern Bodybuilders During Different Phases of the Competitive Cycle. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(9), 2546-2551.
- Looney, D.P., Kraemer, W.J., Joseph, M.F., Comstock, B.A., Denegar, C.R., Flanagan, S.D., Newton, R.U., Szivak, T.K., DuPont, W.H., Hooper, D.R., Häkkinen, K., & Maresh, C.M. (2016). Electromyographical and Perceptual Responses to Different Resistance Intensities in a Squat Protocol: Does Performing Sets to Failure With Light Loads Produce the Same Activity? *J Strength Cond Res*, 30(3), 792-799.
- Maeo, S., Takahashi, T., Takai, Y., & Kanehisa, H. (2013). Trainability of muscular activity level during maximal voluntary co-contraction: comparison between bodybuilders and nonathletes. *PLOS ONE*, 8(11), e79486.
- Mitchell, C.J., Churchward-Venne, T.A., West, D.W., Burd, N.A., Breen, L., Baker, S.K., & Phillips, S.M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol* (1985), 113(1), 71-77.
- Peixoto, D.L., Nascimento, D., Moura, R.F., Moraes, W.M.A., Magalhães, B., Sousa, L.L., Rolnick, N., & Prestes, J. (2024). A quasi-experimental study on the energy expenditure, exercise intensity, and rating of perceived exertion of a male bodybuilding posing training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49(11), 1529-1538.
- Piatkowski, T.M., Obst, P.L., White, K.M., & Hides, L. (2022). The relationship between psychosocial variables and drive for muscularity among male bodybuilding supplement users. *Australian Psychologist*, 57(2), 148-159.
- Rash, G.S. (2002). Electromyography fundamentals. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*.
- Reiman, M.P., Bolgia, L.A., & Loudon, J.K. (2012). A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises. *Physiother Theory Pract*, 28(4), 257-268.

- Schoenfeld, B.J., Contreras, B., Willardson, J.M., Fontana, F., & Tiriyaki-Sonmez, G. (2014). Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. *Eur J Appl Physiol*, 114(12), 2491-2497.
- Schoenfeld, B.J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J.W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 31(12), 3508-3523.
- Stastny, P., Golaś, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., Pietraszewski, P., Petr, M., Uhler, P., & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLOS ONE*, 12(2), e0171632.
- Sukwong, T., Chinnasee, P., Prajongjai, V., Charoenpanich, N., & Chinnasee, C. (2021). EMG characteristics during 7 mandatory poses in Thai national male bodybuilders. *Journal of Sports Science and Health*, 22(3), 291-302. (In Thai)
- Sukwong, T., Prajongjai, V., Chinnasee, P., Charoenpanich, N., & Chinnasee, C. (2022). A Biomechanical analysis of seven mandatory poses in Thai national bodybuilding and fitness male players. *The 4th National Conference on Research Presentation in Science and Technology*. Bangkok: Chandrakasem Rajabhat University. (In Thai)
- Sung, J.H., Baek, S.H., Park, J.W., Rho, J.H., & Kim, B.J. (2023). Surface Electromyography-Driven Parameters for Representing Muscle Mass and Strength. *Sensors*, 23(12), 5490.
- Tsaklis, P., Malliaropoulos, N., Mendiguchia, J., Korakakis, V., Tsapralis, K., Pyne, D., & Malliaras, P. (2015). Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med*, 6, 209-217.
- Vigotsky, A.D., Halperin, I., Trajano, G.S., & Vieira, T.M. (2022). Longing for a Longitudinal Proxy: Acutely Measured Surface EMG Amplitude is not a Validated Predictor of Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 52(2), 193-199.