

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original articles)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

THE EFFECT OF POST ACTIVATION POTENTIATION WARM UP ON SPEED AND H-REFLEX

Pongsa POCHAI¹, Ratee RUANGTHAI² and Phornphon PHIMPAPHORN³

Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science,
Kasetsart University Kamphaeng saen campus., Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom. 73140

ABSTRACT

The purposes of this research were to study and compare the effect of Post Activation Potentiation (PAP) warm-up on speed of 40 meter running and H-reflex. Subject were eleven healthy males age between 18-22 years in the faculty of Sports Science at Kasetsart University, Kampaengsaen campus. Subjects performed 3 different warm-up protocols by using the cross-over design. The warm up protocols consisted of Program 1: back squat 3 repetitions at 90% of 1 RM (BS90), Program 2 countermovement jump 3 repetitions with load 40% of 1 RM (LCMJ40), and Program 3 countermovement jump 3 repetitions with load 50% of 1 RM (LCMJ50). There were running test speed 40 meter and H-reflex before and after completed each protocol at 4 minutes and 9 minutes. The data were analyzed by using one way ANOVA with repeated measures and the multiple comparisons testing using the Tukey's method. All testing used the 0.05 level of significance.

The results of this study showed that speed of 40 meter running test was significantly different that post-test at 9 minutes (5.93 ± 0.10) better than pre-test (6.05 ± 0.11) in LCMJ40 ($P < 0.05$). H amplitude was significantly different that post-test 4 minutes (2.95 ± 0.46) and 9 minutes (2.96 ± 0.58) decreased from pre-test (3.56 ± 0.56) in LCMJ40 ($P < 0.05$). However, there were significantly difference of H latency that post-test better than pre-test of 3 protocols ($P < 0.05$). There were no significant differences of speed and H-reflex among 3 different warm-up protocols ($P > 0.05$). In conclusion, the program of LCMJ40 resulted that speed of 40 meters had better after warm up and the H latency was decreased. It meant that the nerve conduction may be fast.

(Journal of Sports Science and Technology 2015; 15(2); 123-132)

Key words: Post Activation Potentiation (PAP), H-reflex, Speed

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original articles)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

ผลของการอบอุ่นร่างกายแบบโพสต์แอททีฟเวชั่น โฟเทนท์ไอออน ที่ส่งผลต่อความเร็ว และเฮซ รีเฟลิกซ์

พงศา โพชัย¹ ราตรี เรืองไทย² และ พรพล พิมพาพร³

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายโพสต์แอททีฟเวชั่น โฟเทนท์ไอออนที่ส่งผลต่อ ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และ เฮซ รีเฟลิกซ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น นิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อายุระหว่าง 18-22 ปี เป็นผู้มี สุขภาพร่างกายแข็งแรง จำนวน 11 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมที่ 1 แบ็คสควอช 90% ของ 1 RM (BS90) โปรแกรมที่ 2 เคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จัมพ์พร้อมน้ำหนัก 40% ของ 1 RM (LCMJ40) และโปรแกรมที่ 3 เคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จัมพ์พร้อมน้ำหนัก 50% ของ 1 RM (LCMJ50) โดยทำการทดสอบ ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ รีเฟลิกซ์ ก่อน และหลังได้รับโปรแกรมนาที่ที่ 4 และ 9 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ one way ANOVA with repeated measures และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธี Tukey ซึ่งกำหนด ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่าภายหลังจากการได้รับโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรม พบว่าในโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 มีความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังจากทดลองนาที่ที่ 9 (5.93 ± 0.10) ดีกว่าช่วงก่อนการทดลอง (6.05 ± 0.11) ($P < 0.05$) สำหรับค่าเฮซ รีเฟลิกซ์ พบว่า ค่า H amplitude ในโปรแกรมที่ 2 หลังจากการทดลองนาที่ที่ 4 (2.95 ± 0.46) และนาที่ที่ 9 (2.96 ± 0.58) ลดลงจากช่วงก่อนการทดลอง (3.56 ± 0.56) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$) แต่พบว่า ค่า H latency ก่อนการทดลองลดลงจากช่วงหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกัน ระหว่างโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P > 0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่า โปรแกรมที่ 2 LCMJ40 ส่งผลต่อการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น ซึ่งค่า H latency มีค่าลดลงแสดงว่า ความเร็วในการนำของกระแสประสาทเร็วขึ้นจึงส่งผลต่อความเร็วในการทดสอบการวิ่ง 40 เมตรดีขึ้น

(Journal of Sports Science and Technology 2015; 15(2); 123-132)

คำสำคัญ: โพสต์แอททีฟเวชั่น โฟเทนท์ไอออน เฮซ รีเฟลิกซ์ ความเร็ว

บทนำ

ในการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายปัจจุบันคนส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญกับการอบอุ่นร่างกายมาก เนื่องจาก การอบอุ่นร่างกายเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับร่างกายเพื่อให้พร้อมกับการทำงานที่จะทำ และยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่เกิดจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย⁵ ซึ่งการอบอุ่นร่างกายจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับร่างกายทำ เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของอวัยวะระบบต่างๆให้พร้อมที่จะทำงานมากขึ้น^{1,5} ในการอบอุ่นร่างกายสำหรับนักกีฬาจะมีความแตกต่างกับคนทั่วไป โดยที่จะเน้นรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับทักษะของแต่ละประเภทกีฬา¹ ในปัจจุบันมีการนำวิธีต่างๆมาเป็นการอบอุ่นร่างกายให้กับนักกีฬาก่อนการแข่งขันตามที่ Needham et al. (2009)¹⁶ ได้ศึกษาผลของการอบอุ่นร่างกายที่แตกต่างกันที่มีผลต่อสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชั้นเลิศ ผลพบว่าสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Faigenbaum et al. (2006)⁸ ที่ได้ทำการศึกษา รูปแบบของการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (dynamic warm up) ที่ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาหญิง พบว่าสมรรถภาพด้านพลังดีขึ้น เนื่องจากว่าการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหวจะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังจากการทำงานของระบบประสาท กล้ามเนื้อซึ่งเกี่ยวข้องกับโพสต์แอกทิเวชัน โฟเทนทิเอชัน¹⁹ (Post Activation Potentiation; PAP)

PAP เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหลังจากที่กล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นด้วยความหนักสูงสุด หรือใกล้สูงสุด ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของพลัง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่แอกทินและไมโอซิน จับกันได้เร็วขึ้นหลังจากที่กล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้น¹⁷ และ PAP ยังส่งผลทำให้มีส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นทำให้มีการระดมของมอเตอร์ยูนิตเพิ่มมากขึ้น¹⁴ จากการศึกษาของ Folland et al. (2008)¹⁰ ที่ศึกษาความเป็นไปได้ของ PAP ที่เพิ่มประสิทธิภาพของระบบประสาทกล้ามเนื้อโดยวัดแรงการหดตัวสูงสุด และ เฮซรีเฟล็กซ์ (H-reflex) พบว่าแรงการหดตัวสูงสุด และ เฮซรีเฟล็กซ์มีค่าเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ Bevan et al. (2010)⁶ ที่ได้ทำการศึกษาผลของ PAP ที่ส่งผลต่อสมรรถภาพด้านความเร็วในนักกีฬารักบี้ โดยใช้ท่าสควอชความหนัก 91% ของ 1 RM 3 ครั้ง โดยวัด ความเร็วในการวิ่ง 5 เมตร และ 10 เมตร ในนาที่ที่ 4 8 12 และ 16 พบว่าสมรรถภาพด้านความเร็ว 5 เมตร และ 10 เมตร เวลาดีขึ้นแต่นาที่ที่ 8 มีแนวโน้มว่าความเร็วใน 5 เมตร มีเวลาที่ดียิ่งขึ้น ในขณะที่ McBride et al. (2005)¹³ ได้ทำเปรียบเทียบท่าสควอชความหนัก 90% ของ 1 RM กับ Countermovement jump (CMJ) พร้อมใส่น้ำหนักที่ความหนัก 30% ของ 1 RM สควอช โดยวัด ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตร 30 เมตร และ 40 เมตรหลังจาก 4 นาที พบว่า เวลาของความเร็วในช่วง 40 เมตรดีขึ้นหลังจากการทำสควอชแต่หลังจากทำ CMJ พร้อมใส่น้ำหนัก 30% นั้นไม่มีความแตกต่างของความเร็ว 40 เมตร เนื่องจากว่า น้ำหนักที่ใช้ในการทำ CMJ นั้นน้อยเกินไปทำให้ไม่สามารถที่จะกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์ได้ดีขึ้น

เฮซรีเฟล็กซ์ เป็นการตอบสนองของเซลล์ประสาทสั่งการ ของมัดซีลสปินเดิลโดยการกระตุ้นไฟฟ้าที่ Ia afferent จนเกิดแอกชันโพเทนเชียล วิ่งไปที่แอลฟามอเตอร์นิวรอน ถ้ามีการกระตุ้นที่สูงพอที่จะเกิดแอกชันโพเทนเชียลวิ่งมาตามเส้นประสาทนำออก (efferent fiber) จนถึงนิวโรมัสคิวลาจึงขึ้น เกิดเป็นค่า H-wave และเมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าไปเรื่อยๆจะเกิดค่า M wave เกิดขึ้น^{18,20} ถ้าค่าแอมพิจูดของเฮซรีเฟล็กซ์มีการเพิ่มขึ้นสูงสุดจะแสดงว่ามีการระดมหน่วยยนต์ที่ดีขึ้น และถ้าค่า H latency ลดลงแสดงว่าระบบประสาทมีการส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้น¹⁴

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าน้ำหนักที่นำมาใช้ในท่า CMJ โดยเทคนิค PAP ที่ส่งผลต่อความเร็ว และการนำกระแสประสาทยังมีข้อมูลที่พบการเปลี่ยนแปลงน้อย ประกอบกับระยะเวลาพักที่ส่งผลทำให้ความเร็วดีขึ้น หลังจากได้รับโปรแกรม PAP ยังไม่ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นถึงปัญหาจากการศึกษาที่ผ่านมา ดังนั้นจึงนำท่า CMJ พร้อมใส่น้ำหนัก โดยมีการเพิ่มน้ำหนักขึ้น และมีการเปรียบเทียบกับท่าแบ็คสควอช โดยทดสอบความเร็ว และการตอบสนอง

ของระบบประสาทโดยการทดสอบ เฮซ รีเฟล็กซ์ ทั้งนี้เพื่อนำผลวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบของเทคนิค PAP ในการอบอุ่นร่างกายรวมทั้งการกำหนดระยะเวลาการอบอุ่นร่างกายก่อนการแข่งขัน เพื่อเพิ่มการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพด้านความเร็วที่ดีที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลต่อการทดสอบ ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ รีเฟล็กซ์ก่อน และหลังรับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายแบบโพสต์แอททิเวชั่น โฟเทนิโอเซชันนาที่ 4 และ 9
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายโพสต์แอททิเวชั่น โฟเทนิโอเซชันที่ส่งผลต่อ ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ รีเฟล็กซ์

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อายุระหว่าง 18-22 ปี เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีปัญหาอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก จำนวน 11 คน การวิจัยเป็นแบบ cross over design โดยกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง ซึ่งจะทำโปรแกรมละ 2 ครั้ง เพื่อทดสอบความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ รีเฟล็กซ์ แต่แต่ละครั้งพักเป็นเวลา 2 วัน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมที่ 1 แบริคควอช 90% ของ 1 RM (BS90) โปรแกรมที่ 2 เคาน์เตอร์มูฟเมนท์จัมพ์พร้อมน้ำหนัก 40% ของ 1 RM (LCMJ40) และโปรแกรมที่ 3 เคาน์เตอร์มูฟเมนท์จัมพ์พร้อมน้ำหนัก 50 % ของ 1 RM (LCMJ50) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับโปรแกรมเพียง 1 โปรแกรมในแต่ละครั้ง ก่อนจะได้รับโปรแกรมกลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที จากนั้นทดสอบก่อนการทดลอง และพัก 5 นาที หลังจากนั้นปฏิบัติโปรแกรมที่ได้สุ่มไว้ และทดสอบหลังการทดลองในนาที่ที่ 4 และ 9 โดยมีการบันทึกผลค่าของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และการตอบสนองของ เฮซ รีเฟล็กซ์

ขั้นตอนการทดสอบความเร็ว 40 เมตร

กลุ่มตัวอย่างยืนในท่าเตรียมหลังเส้นเริ่มต้น เมื่อได้ยินคำสั่ง 3 2 1 ไป ให้วิ่งให้เต็มความสามารถให้ได้เวลาที่เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ บันทึกผลเวลาที่วิ่งได้ ทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบสมรรถนะการเคลื่อนไหวของนักกีฬายี่ห้อ Fitness technology KMS timing system ประเทศออสเตรเลีย

ขั้นตอนการทดสอบเฮซ รีเฟล็กซ์

กลุ่มตัวอย่างอยู่ในท่านอนคว่ำ จากนั้นทำความสะอาดบริเวณข้อพับด้านหลังเข่า กล้ามเนื้อ โซเลียส (soleus) และ แกสทรอกนิเมียส (gastrocnemius) ด้วยแอลกอฮอล์ และติดอิเล็กโทรดวัดสัญญาณกล้ามเนื้อ และระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า โดยกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ที่บริเวณเส้นประสาท Tibia ในบริเวณข้อพับด้านหลังเข่า (popliteal fossa) โดยกระแสไฟเริ่มต้นที่ 2.5 มิลลิแอมแปร์ และเพิ่มครั้ง 2.5 มิลลิแอมแปร์ จนได้ H wave เกิดขึ้นและเพิ่มกระแสไฟไปเรื่อยๆจนได้ M wave ที่มีค่าสูงสุดบันทึกผล H amplitude และ H latencyทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความเร็วในการนำกระแสประสาท (NCS) ยี่ห้อ Natus Technology รุ่น Nicolet Viking Quest ประเทศสหรัฐอเมริกา

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยใช้ One-way ANOVA with repeated measures เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนการทดสอบ หลังการทดสอบนาทิตี่ 4 และ นาทิตี่ 9 และ เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ ริเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ก่อน และหลังจากได้รับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 รูปแบบ ในนาทิตี่ 4 และ 9 และเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ ริเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ก่อนทดสอบ หลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 พบว่าในโปรแกรมที่ 1 BS90 ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 ดีขึ้นจากก่อนทดสอบ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ค่า H amplitude พบว่าช่วงก่อนทดสอบ หลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่า H latency พบว่าช่วงหลังทดสอบนาทิตี่ 4 ดีขึ้นจากก่อนทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1 2 และ 3)

โปรแกรมที่ 2 LCMJ40 พบว่าความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทิตี่ 9 ดีขึ้นจากก่อนทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบความแตกต่างของหลังทดสอบนาทิตี่ 4 กับก่อนทดสอบ และค่า H amplitude พบว่า หลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 ลดลงจากก่อนทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พบว่าค่า H latency ช่วงหลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 ดีขึ้นจากช่วงก่อนทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1 2 และ 3)

โปรแกรมที่ 3 LCMJ50 ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 ดีขึ้นจากก่อนทดสอบ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ค่า H amplitude พบว่าช่วงหลังทดสอบนาทิตี่ 9 ดีขึ้นกว่าหลังทดสอบนาทิตี่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และยังพบว่าค่า H latency ช่วงหลังทดสอบนาทิตี่ 4 และ 9 ดีขึ้นจากช่วงก่อนทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1 2 และ 3)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ ริเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 รูปแบบ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร ก่อนการทดสอบ หลังการทดสอบนาฬิกาที่ 4 และหลังการทดสอบนาฬิกาที่ 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม

โปรแกรม การอบอุ่นร่างกาย	ความเร็ว	ความเร็ว	ความเร็ว
	ในการวิ่ง 40 เมตร	ในการวิ่ง 40 เมตร	ในการวิ่ง 40 เมตร
	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบนาฬิกาที่ 4	หลังทดสอบนาฬิกาที่ 9
	(วินาที)	(วินาที)	(วินาที)
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
Back Squat 90% 1RM	6.01 \pm 0.07	5.92 \pm 0.09	5.93 \pm 0.07
Load Countermovement Jump 40% 1RM	6.05 \pm 0.11	5.98 \pm 0.10	5.93 \pm 0.10 ^a
Load Countermovement Jump 50% 1RM	5.97 \pm 0.07	5.93 \pm 0.08	5.87 \pm 0.07

a แตกต่างจากช่วงก่อนการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.05)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า H amplitude ก่อนการทดสอบ หลังการทดสอบนาฬิกาที่ 4 และหลังการทดสอบนาฬิกาที่ 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม

โปรแกรม การอบอุ่นร่างกาย	H amplitude	H amplitude	H amplitude
	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบนาฬิกาที่ 4	หลังทดสอบนาฬิกาที่ 9
	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิโวลต์)	(มิลลิโวลต์)
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
Back Squat 90% 1RM	2.83 \pm 0.69	2.81 \pm 0.58	2.76 \pm 0.56
Load Countermovement Jump 40% 1RM	3.56 \pm 0.56	2.95 \pm 0.46 ^a	2.96 \pm 0.58 ^a
Load Countermovement Jump 50% 1RM	3.18 \pm 0.63	2.71 \pm 0.58	3.23 \pm 0.47 ^b

a แตกต่างจากช่วงก่อนการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.05)

b แตกต่างจากช่วงหลังการทดสอบนาฬิกาที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P<0.05)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่า H latency ก่อนการทดสอบ หลังการทดสอบ นาทีกี่ 4 และหลังการทดสอบนาทีกี่ 9 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม

โปรแกรม การอบอุ่นร่างกาย	H latency	H latency	H latency
	ก่อนทดสอบ (มิลลิวินาที)	หลังทดสอบนาทีกี่ 4 (มิลลิวินาที)	หลังทดสอบนาทีกี่ 9 (มิลลิวินาที)
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
Back Squat 90% 1RM	29.59 \pm 0.40	29.16 \pm 0.32 ^a	29.28 \pm 0.37
Load Countermovement Jump 40% 1RM	30.16 \pm 0.58	29.66 \pm 0.56 ^a	29.39 \pm 0.54 ^a
Load Countermovement Jump 50% 1RM	29.99 \pm 0.55	29.32 \pm 0.59 ^a	29.43 \pm 0.54 ^a

a แตกต่างจากช่วงก่อนการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ ริเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ก่อน และหลังจากได้รับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 รูปแบบ ในนาทีกี่ 4 และ 9 และเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรม จากผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 นั้นส่งผลต่อความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ ริเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ได้ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยพบว่าในโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทีกี่ 9 ดีกว่าก่อนทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังดีกว่าช่วงหลังทดสอบนาทีกี่ 4 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการที่ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทีกี่ 9 ดีกว่าหลังทดสอบนาทีกี่ 4 นั้น เป็นผลมาจากระยะเวลาพักหลังจากได้รับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายเพียงพอต่อการเกิดผลของ PAP โดยผลของ PAP ที่เกิดขึ้นนั้นจะเริ่มส่งผลตั้งแต่วินาที 5-20 นาทีแต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ที่ 8-12 นาที^{21,22,23} และพบว่าในโปรแกรมที่ 3 LCMJ50 ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร หลังทดสอบนาทีกี่ 9 ดีกว่าหลังทดสอบนาทีกี่ 4 เช่นกันแต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซึ่งผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร ในโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 และโปรแกรมที่ 3 LCMJ50 ที่ดีขึ้นนั้น เป็นผลมาจากกิจกรรมที่นำมาใช้เป็นโปรแกรมอบอุ่นร่างกายนั้น เป็นกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นการกระโดด ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมพลัยโอเมตริก โดยเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยส่งผลทำให้มีการระดมของหน่วยยนต์ดีขึ้นโดยเฉพาะในเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว¹⁵ ซึ่งการที่ระบบประสาทกล้ามเนื้อทำงานได้ดีนั้น จะส่งผลทำให้มีการเพิ่มของกลไก phosphorylation of myosin regulatory light chains ทำให้ ไมโอซิน กับ แอกทินสามารถจับกันได้เร็วขึ้นและมากขึ้น^{14,17} ซึ่งเป็นกลไกที่อาศัยเอนไซม์ myosin light chain kinase (MLCK) ส่งผลทำให้แอกทิน กับไมโอซิน มีปฏิกิริยาที่เร็วต่อแคลเซียม ไอออน ที่ได้ขึ้น ซึ่ง MLCK จะทำปฏิกิริยากับตรงส่วนที่เป็นข้อพับที่อยู่ระหว่างหัวของไมโอซิน S-1 และ S-2 ซึ่งทำให้บริเวณนั้นมีกับจับกับฟอสเฟต ทำให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างของไมโอซินและเพิ่มอัตราในการ cross-bridges ทำให้เกิดการสร้างแรงเพิ่มขึ้น¹¹ และสอดคล้องกับผลของ H latency โดยเป็นค่าที่แสดงถึงความเร็วในการนำกระแสประสาท ซึ่งพบว่าในโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 และโปรแกรมที่ 3 LCMJ50 ค่า H latency หลังทดสอบนาทีกี่ 4

และ 9 ดีขึ้นกว่าก่อนทดสอบ ซึ่งการนำกระแสประสาทที่ดีขึ้นนั้นส่งผลทำให้การประสานสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาท กับ กล้ามเนื้อดีขึ้น โดยจะมีผลต่ออัตราการปล่อยแคลเซียมไอออนที่ออกมาจาก ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม ทำให้มีการปล่อย แคลเซียมไอออน ได้เร็วกว่าการนำกลับไปที่ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม ซึ่งจำนวนของแคลเซียมไอออน ที่ถูกปล่อยได้ บ่อยขึ้น นั้นส่งผลทำให้เกิดการ cross-bridge ของแอกทิน และไมโอซินได้เร็วขึ้น จึงทำให้เกิดการสร้างแรงที่เร็วขึ้นกว่าเดิม^{2,14,17} ทั้งนี้การปล่อยแคลเซียมไอออนได้บ่อยขึ้นนั้น เกิดจากการที่ระบบประสาทมีการส่งกระแสประสาทที่เร็วขึ้น เป็นผล ทำให้ระบบประสาทกล้ามเนื้อทำงานได้ดีขึ้น ประกอบกับจังหวะในการวิ่งนั้นเป็นการเคลื่อนไหวแบบซ้ำๆอย่างต่อเนื่อง¹³ โดยกล้ามเนื้อจะหดตัวซ้ำๆตลอดเวลา ทำให้ต้องอาศัยแคลเซียมไอออน เพื่อที่จะทำให้แอกทินกับไมโอซิน จับกันได้บ่อย ขึ้น มากขึ้น และพร้อมเพรียงกันมากขึ้น จึงส่งผลทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

แต่พบว่าค่า H amplitude ของโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 หลังทดสอบนาที่ที่ 4 และ 9 ลดลงจากก่อนทดสอบ โดย ค่า H amplitude จะแสดงถึงการระดมของกระแสประสาทที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงนั้นเป็นผลมาจาก presynaptic inhibition (PSI) ที่เพิ่มขึ้นบริเวณรอยต่อประสาทของ Ia afferent กับ แอลฟามอเตอร์นิวรอน ซึ่ง PSI เป็นตัวที่ยับยั้งการ การส่งสารสื่อประสาท ทำให้มีการลดลงของจำนวนสารสื่อประสาทในขณะที่ส่งออกมาจาก Ia afferent terminal และทำ ให้เกิดตีโพลาริเซชันลดลงภายในมอเตอร์นิวรอน จึงเป็นเหตุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของการกระตุ้น มอเตอร์นิวรอน²⁰ ซึ่งสอดคล้องกับ Gruber et al., (2010)¹² ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อการ เปลี่ยนแปลงของเฮซ รีเฟล็กซ์ และสเตรซรีเฟล็กซ์ในกล้ามเนื้อโซเลียส โดยเป็นการฝึกสมรรถภาพด้านพลัง กับ การฝึก สมรรถภาพด้านการทรงตัวโดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของ PSI ใน Ia afferent ส่งผลทำให้มีการลดลงของปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ หลังจากรับการฝึกสมรรถภาพด้านพลัง แต่ไม่พบในการฝึกสมรรถภาพด้านการทรงตัว

เมื่อเปรียบเทียบผลของความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร และเฮซ รีเฟล็กซ์ (H amplitude และ H latency) ระหว่าง โปรแกรมการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 รูปแบบนั้นไม่พบความแตกต่างระหว่างโปรแกรม แต่เวลาในการทดสอบความเร็วในการ วิ่ง 40 เมตร ทั้ง 3 โปรแกรมมีค่าลดลง (ความสามารถในการวิ่งดีขึ้น) โดยในโปรแกรมที่ 1 BS90 ซึ่งเป็นความหนักที่ ใกล้เคียงกับจุดสูงสุด ส่งผลให้มีการกระตุ้นของระบบประสาทที่ดีขึ้น และมีการนำกระแสประสาทที่เร็วขึ้น^{2,14,17} โดยที่ ความหนักที่นำมาใช้นั้นในการอบอุ่นร่างกายนั้นจะส่งผลทำให้มีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว (Fast twitch muscle fiber) เพิ่มมากขึ้น⁹ ส่วนโปรแกรมที่ 2 LCMJ40 และโปรแกรมที่ 3 LCMJ50 ถึงแม้ว่าน้ำหนักที่ใช้ในการทดลองนั้น จะไม่ สูงหรือใกล้เคียงจุดสูงสุด แต่ ในโปรแกรมที่ 2 และ 3 มีลักษณะเป็นการกระโดดเข้ามาเพื่อเพิ่มความหนักให้กับโปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรม พลย์โอเมตริก ซึ่งพลย์โอเมตริกนั้นเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยส่งผลทำให้มีการระดมของหน่วยยนต์สูงขึ้นโดยเฉพาะในเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว^{3,15} ประกอบกับการกระโดดเป็นการ เคลื่อนไหวแบบรวดเร็ว⁷ (ballistic movement) ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบความเร็ว เนื่องจากว่าการเคลื่อนไหวในการวิ่ง นั้นเป็นการเคลื่อนไหวแบบรวดเร็วซ้ำๆตลอดเวลา¹³

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสรุปได้ว่าโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายรูปแบบที่ 2 คือการทำคานเตอร์มูฟเมนท์จัมพ์พร้อมน้ำหนัก 40% ของ 1 RM ส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพด้านความเร็ว และ เฮซ รีเฟล็กซ์ได้ดีที่สุดในนาที่ที่ 9 เนื่องมาจากการเกิดผล ของ PAP นั้นจะต้องมีระยะพักที่เหมาะสมหลังจากที่ได้รับโปรแกรม ประกอบกับกิจกรรมที่ใช้นั้นจะทำให้มีการนำกระแส ประสาทได้เร็วขึ้น และส่งผลทำให้สมรรถภาพด้านความเร็วดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะครู อาจารย์ และ บุคลากร คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน รวมถึงบริษัท เบอริลี ยูคเกอร์ จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในเรื่อง อุปกรณ์ และสถานที่ ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. เจริญ กระบวนรัตน์. วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท สินธนาทอปปี้ เซ็นเตอร์ จำกัด; 2557.
2. ศุภกร โพธิ์ศรีทองม, พรพล พิมพ์พร, อาภัสรา อัครพันธ์. ผลของการอบอุ่นร่างกายด้วยการใช้เครื่องออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก และยางยืดที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิบัติและความสามารถในการกระโดดของนักกีฬา บาสเกตบอล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา. 2557;14:(1):53-61
3. วิศรุต ศรีแก้ว, ถวิชัย ขาวถิ่น, วิมลมาศ ประชากุล. ผลของรูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกกระยะ 4 สัปดาห์ ที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา. 2557;14:(1):11-24
4. Abbate F, Sargeant A, Verdijk P, De Haan A. Effects of high-frequency initial pulses and posttetric potentiation on power output of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 2000;88(1):35-40.
5. Bishop D. Warm up I Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine*. 2003;33(6):439-454.
6. Bevan HR, Cunningham DJ, Tooley EP, Owen NJ, Cook CJ, Kilduff LP. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3):701-705.
7. Clark RA, Bryant AL, Reaburn P. The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(1):162-166.
8. Faigenbaum AD, McFarland JE, Schwerdtman JA, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *Journal of athletic training*. 2006;41(4):357.
9. Crewther BT, Kilduff LP, Cook CJ, Middleton MK, Bunce PJ, Yang G-Z. The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(12):3319-3325.
10. Folland JP, Wakamatsu T, Fimland MS. The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *European journal of applied physiology*. 2008;104(4):739-748.
11. Grange RW, Vandenboom R, Houston ME. Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 1993;18(3):229-242.

12. Gruber M, Taube W, Gollhofer A, Beck S, Amtage F, Schubert M. Training-specific adaptations of H-and stretch reflexes in human soleus muscle. *Journal of motor behavior*. 2007;39(1):68-78.
13. McBride JM, Nimphius S, Erickson TM. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(4):893-897.
14. Hodgson M, Docherty D, Robbins D. Post-activation potentiation: Underlying Physiology and Implications for Motor Performance. *Sports Medicine*. 2005;35(7):585-595.
15. Masamoto N, Larson R, Gates T, Faigenbaum A. Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(1):68-71.
16. Needham RA, Morse CI, Degens H. The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(9):2614-2620.
17. Tillin MNA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*. 2009;39(2):147-166.
18. Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA. The Hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(3):268.
19. Sale D. Postactivation potentiation: role in performance. *British journal of sports medicine*. 2004;38(4):386-387.
20. Zehr PE. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. *European journal of applied physiology*. 2002;86(6):455-468.
21. Kilduff LP, Bevan HR, Kingsley MI, Owen NJ, Bennett MA, Bunce PJ, et al. Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007;21(4):1134-1138.
22. Kilduff LP, Owen N, Bevan H, Bennett M, Kingsley MI, Cunningham D. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of sports sciences*. 2008;26(8):795-802.
23. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(3):854-859.