

ผลฉับพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรต่อสมรรถภาพร่างกายและการทำงานของ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในนักวิ่งระยะไกล

วาริ วิตจาया ทศพร สุดใจ อมรพันธ์ อัจจิมาพร

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

Received: December 6, 2019

Revised: March 6, 2020

Accepted: March 20, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร ต่อระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง ระยะเวลาในการลำเลียง และการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในนักวิ่งระยะไกลเพศชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกลอายุ 18-30 ปี มีประสบการณ์ในการวิ่งไม่น้อยกว่า 1 ปี และต้องมีระยะทางสะสมไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (150 นาทีต่อสัปดาห์) จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย 15 คน ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะต้องทำการทดลองทั้งแบบไม่ยืดกล้ามเนื้อ และยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรก่อนวิ่ง โดยวิธีการสุ่ม เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร คือ 10 นาที จังหวะความเร็วที่ใช้ในการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรในแต่ละกล้ามเนื้ออยู่ที่ 100 ครั้ง/นาที และทำการยืดกล้ามเนื้อไปจนถึงช่วงที่เริ่มมีความรู้สึกตึง ทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ของกล้ามเนื้อ 6 มัด (gluteus maximus, semitendinosus, gastrocnemius medialis, rectus femoris, tibialis anterior, and soleus) ปริมาณการใช้ออกซิเจน และ EMG จะทำการวัดก่อนและระหว่างการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าจนกระทั่งหมดแรง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง ระยะเวลาในการลำเลียง และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Two way repeated measured ANOVA ผลการศึกษาพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรมีระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง และระยะเวลาในการลำเลียง มากกว่าแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งสองกลุ่ม จึงสรุปได้ว่าในการศึกษาครั้งนี้ นักวิ่งระยะไกลเพศชายที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร สามารถเพิ่มระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง และระยะเวลาในการลำเลียงได้ดีกว่าแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ และสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรก่อนการวิ่งระยะไกลได้

คำสำคัญ: การยืดกล้ามเนื้อ การวิ่งระยะไกล ระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง ระยะเวลาในการลำเลียง คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ผู้สนับสนุนประสานงาน:

วาริ วิตจาया

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล

999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

อีเมล: warewid@gmail.com

Acute effect of dynamic stretching on running endurance and EMG activity in long-distance runner

Waree Widjaja, Tossaporn Sudjai, Amornpan Ajjimaporn
College of Sports Science and Technology, Mahidol University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the acute effect of dynamic stretching, total running distance, time to exhaustion, and EMG activity in male long-distance runners. Fifteen male long-distance runner whose aged 18 to 30 years old participated in this study. They have experienced for running at least 1 year and running mileage at least 3,000 km, or average running 3 times per week (150 minute per week). This study was a randomized crossover design, participants were randomly done the dynamic stretching and non-stretching. The total duration of dynamic stretching intervention was 10 min with velocity 100 beats/min in each muscle and stretched until the point of starting discomfort. Electromyography (EMG) was placed on 6 muscles (gluteus maximus, semitendinosus, gastrocnemius medialis, rectus femoris, tibialis anterior, and soleus). Oxygen consumption and EMG were measured before and during running on a treadmill until exhausted in order to compare total running distance, time to exhaustion and muscle activity. Two way repeated measured ANOVA was used to compare between dynamic stretching and non-stretching. The results showed that time to exhaustion and total running distance of dynamic stretching were significantly increased more than those of the non-stretching ($p < 0.05$). EMG activity was not significance difference between groups in conclusion, the present study demonstrated that dynamic stretching done before exercise would enhance the time to exhaustion and total running distance in male long-distance runner. In addition, this research can applied for dynamic stretching purpose before long-distance running.

Keywords: stretching, long-distance running, total running distance, time to exhaustion, electromyography

Corresponding Author:

Waree Widjaja

College of Sports Science and Technology, Mahidol University

999 Phuttamonthon 4 Road, Salaya, Phuttamonthon, Nakhonpathom 73170

E-mail: wareewid@gmail.com

บทนำ

การยืดกล้ามเนื้อเป็นรูปแบบของการอบอุ่นร่างกายที่มีประสิทธิภาพก่อนการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเอ็น นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดเพิ่มการประสานสัมพันธ์การเคลื่อนไหวของร่างกาย และช่วยเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย¹ นอกจากนี้ การยืดกล้ามเนื้อยังสามารถช่วยลดความรุนแรงในการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ เพิ่มองค์การเคลื่อนไหว (Range of motion) และป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้^{2,3} การยืดกล้ามเนื้อมีหลายประเภท เช่น การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (Dynamic stretching) การยืดกล้ามเนื้อแบบกระชาก (Ballistic stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF) การศึกษาของ Herda และคณะเปรียบเทียบการยืดแบบคงค้าง และยืดแบบพลวัตรต่อแรงสูงสุด (Peak torque) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Biceps femoris) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรสามารถเพิ่มแรงสูงสุดและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อได้ในขณะที่การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง⁴ นอกจากนี้ จากการศึกษาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าการยืดแบบพลวัตร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสลายพลังงานจากกล้ามเนื้อได้ (Explosive) อย่างไรก็ตาม พบการศึกษาที่ให้ผลตรงกันข้ามโดย Hayes และคณะรายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกายไม่มีผลต่อสมรรถภาพการวิ่ง รวมทั้งปริมาณการใช้ออกซิเจนในการออกกำลังกาย⁵

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรจะไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานในระยะยาว แต่อาจช่วยให้มีประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อดีขึ้น^{6,7} เช่น การศึกษาของ

Jagers และศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการกระโดดสูงในแนวตั้ง แรง และกำลัง ครึ่ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรสามารถช่วยเพิ่มแรงและกำลังได้ ส่วนความสูงในการกระโดดนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง⁸ นอกจากนี้ Papadopoulos และคณะทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง และการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรก่อนการอบอุ่นร่างกาย ต่อแรงในการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้องอเข้าและเหยียดเข้า ผลการศึกษาพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรจะไม่มีการยับยั้งการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อ⁹ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แม้ว่าจะมีการศึกษาเรื่องผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรจะมีอยู่มาก แต่การศึกษาด้านคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อซึ่งสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงความล้าของกล้ามเนื้อได้นั้นยังมีน้อย ซึ่งมีความสำคัญต่อการยืดกล้ามเนื้อในนักวิ่งระยะไกลได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระยะทางทั้งหมดในการวิ่งและระยะเวลาในการล่าช้าของวิ่ง ในนักวิ่งระยะไกลเพศชาย

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะทำการทดลองทั้งแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ และการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร โดยวิธีการสุ่ม

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน ของมหาวิทยาลัยมหิดล รหัสโครงการ MU-CIRB 2018/048.1902

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาวิ่งระยะไกลเพศชาย อายุระหว่าง 18-30 ปี จำนวน 15 คน โดยมีเกณฑ์คัดเลือกดังนี้

(1) มีประสบการณ์ในการวิ่งมากกว่า 1 ปี หรือใน 1 ปี ต้องมีระยะทางในการวิ่งสะสมไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (150 นาทีต่อสัปดาห์) (2) ไม่ได้รับบาดเจ็บที่ขามอย่างน้อย 6 เดือน (3) มีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ระหว่าง 18.5-23.0 กิโลกรัม/ตารางเมตร¹⁰ (4) ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) อยู่ระหว่าง 42.5-52.4 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที¹¹ (5) ไม่ได้รับประทานยาที่มีผลเสียต่อการออกกำลังกาย เช่น ยาที่ทำให้เกิดอาการง่วงนอน เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้มีการทำโครงการนำร่องก่อน แล้วนำเอาข้อมูลของระยะเวลาในการลำเลียงวิ่งที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม G-power เพื่อใช้ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้จำนวน 12 คน และได้เพิ่มจำนวน drop out 20% จึงรวมเป็น 15 คน

ขั้นตอนการวิจัย

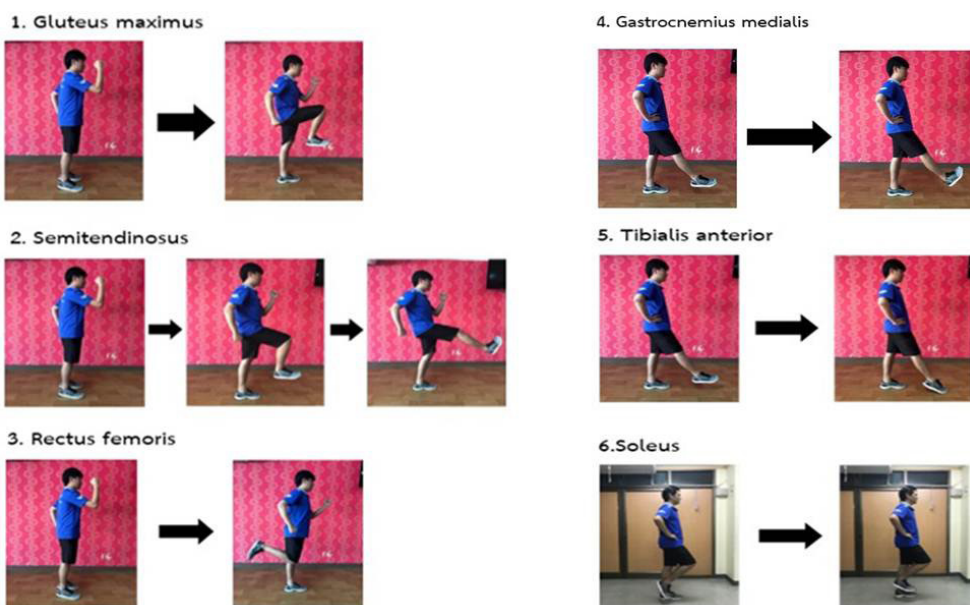
ผู้เข้าร่วมวิจัยมาที่ห้องปฏิบัติการ ในครั้งแรก จะทำการซักถามประวัติการเจ็บป่วย และการออกกำลังกาย หลังจากนั้นจะทำการวัดสัญญาณชีพ (อุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต) น้ำหนักตัว ส่วนสูง และส่วนประกอบของมวลร่างกายด้วยเครื่องวัดปริมาณไขมัน (Omron HBF-362[®], Japan) ต่อจากนั้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพื่อตรวจคัดกรองผลการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด โดยจะมีการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที และวิ่งบนลู่วิ่งโดยใช้ Bruce treadmill protocol¹² จนกว่าจะหมดแรง โดยใช้เกณฑ์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดมากกว่า 95% และแบบประเมินความเหนื่อย (RPE) มากกว่าหรือเท่ากับ 18 คะแนน

เมื่อได้ผู้เข้าร่วมที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกแล้ว ในสัปดาห์ต่อมาผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องรับประทานอาหารก่อนทำการทดลองอย่างน้อย 2 ชั่วโมง และไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน หรือการออกกำลังกายอย่างหนัก ในช่วง 24 ชั่วโมงก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง เมื่อมา

ถึงห้องปฏิบัติการผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาพัก 10 นาที และทำการวัดสัญญาณชีพ ได้แก่ อุณหภูมิของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิต หลังจากนั้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการติดอุปกรณ์วัดอัตราการใช้ออกซิเจน (Oxycon Mobile[®], USA) และอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography Free EMG 100 RT, BTS Bioengineering, Italy) โดยก่อนจะเริ่มติดขั้วไฟฟ้าขนาด 30 มิลลิเมตร จะทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่ทำการติดขั้วไฟฟ้าโดยการโกนขน และใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อขาทั้งสองข้าง 6 มัด ได้แก่ gluteus maximus, rectus femoris, semitendinosus, tibialis anterior, gastrocnemius medialis และ soleus กำหนดความละเอียดของคลื่นความถี่ที่ 1,000 Hz และการกรองสัญญาณ band-pass filter 10-500 Hz ต่อจากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการสุ่มว่าจะทำการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรหรือไม่ได้ยืดกล้ามเนื้อโดยวิธีการจับสลาก ซึ่งถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยจับสลากได้การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร และจะทำการยืดกล้ามเนื้อขาทั้งสองข้าง 6 ท่ายืดกล้ามเนื้อ การยืดกล้ามเนื้อในแต่ละมัดจะมีท่าในการฝึกเฉพาะ เช่น ท่าที่ 1 ฝึกกล้ามเนื้อ gluteus maximus (ตามรูปที่ 1) โดยยืนตรง งอเข่า งอสะโพกขึ้นให้สุด ช่วงการเคลื่อนไหว โดยจะทำ 10 ครั้ง จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีจังหวะในการยืดกล้ามเนื้อ 100 ครั้งต่อนาที โดยใช้อุปกรณ์กำหนดจังหวะ (metronome) เพื่อควบคุมจังหวะขณะทำการยืดกล้ามเนื้อโดยเริ่มจากด้านขวาก่อนแล้วตามด้วยด้านซ้าย ต่อจากนั้นก็จะฝึกกล้ามเนื้อที่ 2 คือ semitendinosus (ยืนตรง งอสะโพกขึ้นและเหยียดเข่าไปทางด้านหน้าให้สุดช่วงการเคลื่อนไหว) ทำ 10 ครั้ง จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีจังหวะในการยืดกล้ามเนื้อ 100 ครั้งต่อนาที ทำทั้งด้านขวา และซ้าย ตามลำดับ และทำการฝึกกล้ามเนื้อ rectus femoris ยืนตรง งอเข่าไปทางด้านหลังให้สุดช่วงการเคลื่อนไหว, gastrocnemius medialis (ยืนขาข้างหนึ่ง เหยียดเข่า งอสะโพกไปด้านหลัง

30 องศา จากนั้นกระดกข้อเท้าขึ้นโดยไม่มีการงอข้อเท้า, tibialis anterior (ยืนขาข้างหนึ่ง เขยียดเข่า งอสะโพกไปด้านหลัง 30 องศา จากนั้นงอข้อเท้าลง ปล่อยให้ปลายเท้าแตะพื้น) และ soleus (ยืนงอเข่า งอสะโพกขาข้างใดข้างหนึ่ง ลักษณะให้อยู่แนวกลางลำตัว) เหมือนกับที่กล่าวข้างต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ตระหนักเรื่องการฝึกการยืดกล้ามเนื้อ ดังนั้น ผู้วิจัยจะเป็นผู้นำและควบคุมในการยืดกล้ามเนื้อ ตลอดระยะเวลาของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร

ทุกคน เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดกล้ามเนื้อด้วยตนเอง ได้อย่างถูกต้องและเหมือนกันทุกคนเวลาในการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที ในแต่ละข้างโดยแบ่งเป็น 7 นาทีสำหรับการยืดกล้ามเนื้อ และ 3 นาที สำหรับการพัก ซึ่งในแต่ละมัดจะใช้เวลาในการยืดกล้ามเนื้อ ประมาณ 1.16 นาที รวมแล้วได้ 10 นาที ดังนั้น ยืดกล้ามเนื้อขา 2 ข้างรวมเป็นเวลาทั้งหมด 20 นาที หลังจากนั้นทำการทดสอบการวิ่ง



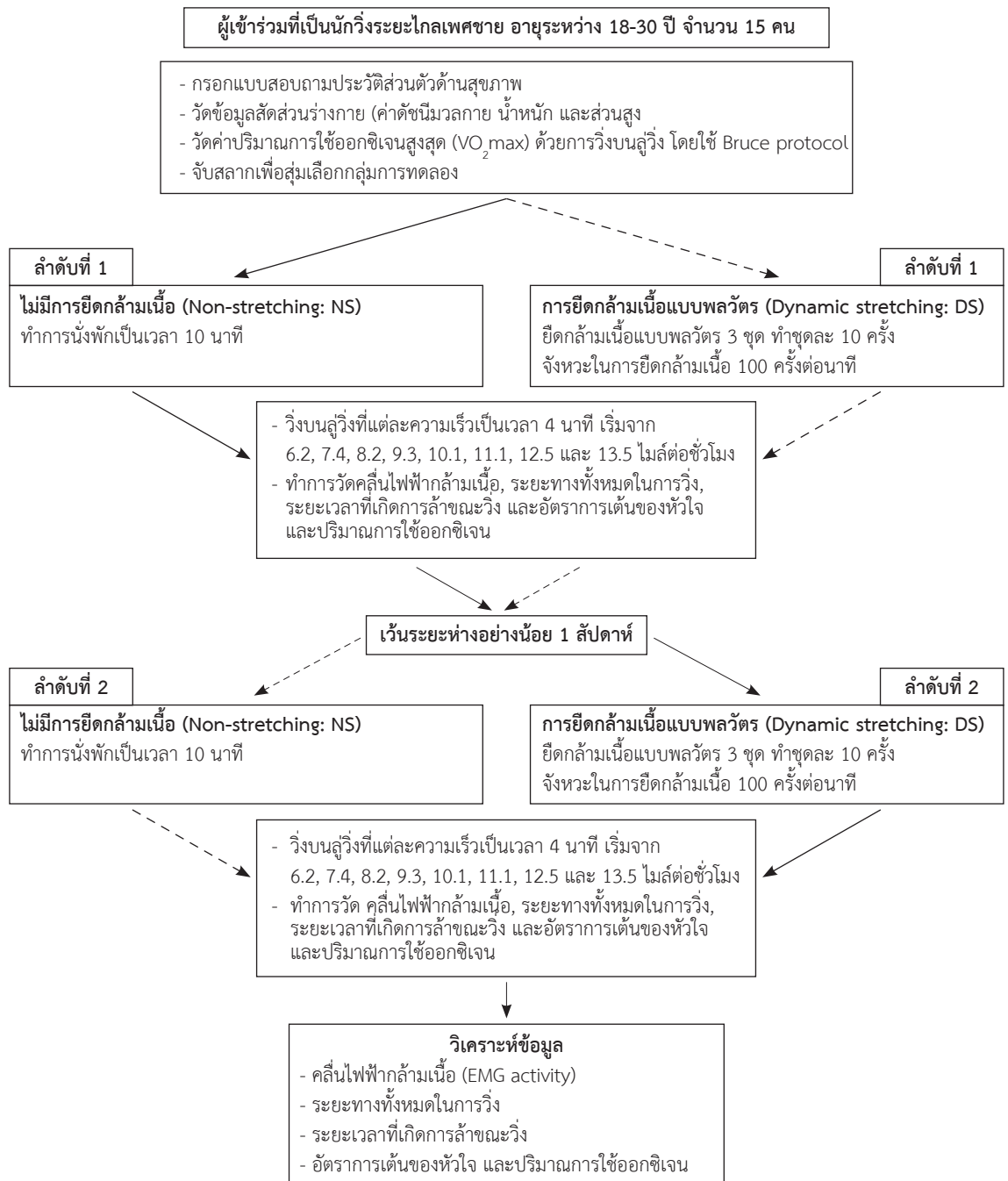
รูปที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรในกล้ามเนื้อจำนวน 6 มัด (1) gluteus maximus (2) semitendinosus (3) rectus femoris (4) gastrocnemius medialis (5) tibialis anterior (6) soleus ทำ 10 ครั้ง จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีจังหวะในการยืดกล้ามเนื้อ 100 ครั้งต่อนาที

แบบเพิ่มความเร็วโดยใช้เครื่องลู่วิ่งไฟฟ้า ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนจะวิ่งโดยใช้เวลา 4 นาที แต่ละความเร็ว โดยความเร็วในการวิ่งจะเริ่มจาก 6.2 ไมล์ต่อชั่วโมง ต่อจากนั้นความเร็วจะเพิ่มขึ้นเป็น 7.4 ไมล์ต่อชั่วโมง 8.2 ไมล์ต่อชั่วโมง 9.3 ไมล์ต่อชั่วโมง 10.1 ไมล์ต่อชั่วโมง 11.1 ไมล์ต่อชั่วโมง 12.5 ไมล์ต่อชั่วโมง และ 13.5 ไมล์ต่อชั่วโมง¹⁵ ตามลำดับ โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จะมีการบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้ออกซิเจนตลอดเวลาที่วิ่ง และมี

การบันทึกข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 1 นาทีในช่วงกลางของความเร็วแต่ละระดับ และวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Smart analyzer เพื่อหาความถี่เฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (mean frequency) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการวิ่งต่อเนื่องจนกระทั่งไม่สามารถวิ่งต่อไปได้ โดยใช้เกณฑ์ในการยุติการวิ่งคือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดมากกว่า 95% และคะแนนวัดระดับความเหนื่อย (Borg's scale) มากกว่าหรือเท่ากับ 18 คะแนน ในกรณีที่เป็นการทดลองแบบไม่มีการ

ยืดกล้ามเนื้อนั้น จะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักแทนการยืดกล้ามเนื้อ 10 นาที ส่วนกระบวนการในการทดลองจะคล้ายคลึงกับช่วงการทดลองแบบมีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรทั้งหมด ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน

จะทำการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (Dynamic stretching; DS) และไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (Non-stretching; NS) โดยจะเป็นแบบสุ่ม และเว้นระยะห่างกันอย่างน้อย 1 สัปดาห์ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คุณลักษณะของผู้เข้าร่วมวิจัยถูกนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบ Shapiro-Wilk test ใช้สำหรับการแจกแจงข้อมูล Two way repeated measured ANOVA ใช้เพื่อเปรียบเทียบระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง ระยะเวลาในการล่าขณะวิ่ง และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การตอบสนองของระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือดระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร และแบบไม่ยืดกล้ามเนื้อ ตั้งระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

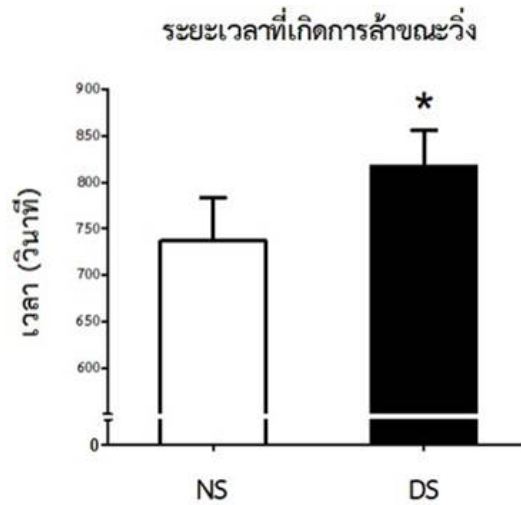
ผู้เข้าร่วมวิจัยในการศึกษานี้เป็นนักวิ่งระยะไกลเพศชายจำนวน 15 คน มีอายุระหว่าง 18 ถึง 30 ปี ลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของผู้เข้าร่วมในการศึกษามีดังนี้ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก และอุณหภูมิร่างกายขณะพัก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	20.9 $\pm$ 2.0
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	66.8 $\pm$ 6.4
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.3 $\pm$ 5.8
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	22.0 $\pm$ 1.3
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	50.1 $\pm$ 2.2
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	60 $\pm$ 8.6
ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)	
- ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว	117.3 $\pm$ 7.4
- ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว	65.2 $\pm$ 7.8
อุณหภูมิร่างกายขณะพัก (องศาเซลเซียส)	36.7 $\pm$ 0.3

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดสามารถวิ่งได้ที่ระดับความเร็ว 9.3 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าระยะเวลาในการล่าขณะวิ่งของแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (NS) คือ 737.17 $\pm$ 171.47 วินาที ในขณะที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS) คือ

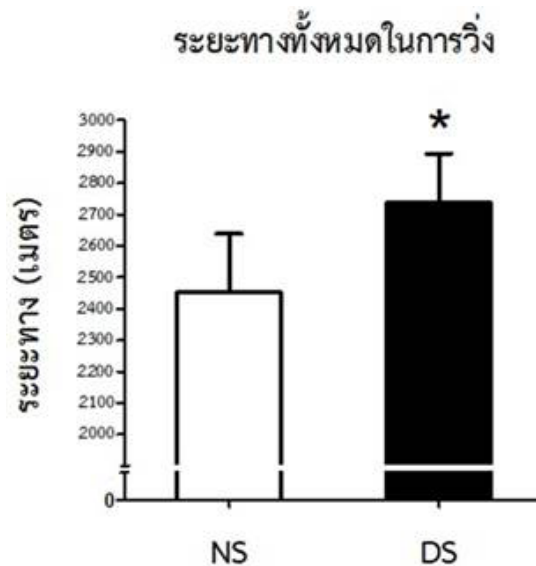
817.50 $\pm$ 130.68 วินาที ระยะเวลาในการล่าขณะวิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร และแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของระยะเวลาในการล้าขณะวิ่ง ระหว่างการไม่ยืดกล้ามเนื้อ (NS) และการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS) * $p < 0.05$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง NS และ DS

ระยะทางทั้งหมดในการวิ่งของแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (NS) คือ $2,453.2 \pm 676.03$ เมตร ในขณะที่การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS) คือ $2,736.5 \pm 391.22$ เมตร มีความแตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระยะทางทั้งหมดในการวิ่งของแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ และการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง ระหว่างไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (NS) และมีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS) * $p < 0.05$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง NS และ DS

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ในระหว่างการวิ่ง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก อยู่ที่ 63 ครั้งต่อนาที ในระหว่างการวิ่งอย่างต่อเนื่อง อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นทั้งการยืดกล้ามเนื้อ แบบพลวัตร และแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ ค่าสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจของทั้งการยืดกล้ามเนื้อ แบบพลวัตร และแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อเมื่อ สิ้นสุดการวิ่งอยู่ที่ 189.5 ครั้งต่อนาที (95% HRmax)

การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการ ยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร และแบบที่ไม่มีการ ยืดกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ ออกซิเจนของการไม่ยืดกล้ามเนื้อและการยืดกล้ามเนื้อ แบบพลวัตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและขณะวิ่งบนลู่วิ่ง และปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) ระหว่างไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (NS) และมีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS)

ความเร็ว (ไมล์ต่อชั่วโมง) HR, VO_2	ขณะพัก	เริ่มวิ่ง	6.2	7.4	8.2	9.3
HR (ครั้งต่อนาที)						
NS	64 $\pm$ 8.69	107.58 $\pm$ 18.19	153.92 $\pm$ 17.71	172.08 $\pm$ 18.13	183 $\pm$ 14.34	189.5 $\pm$ 8.96
DS	63 $\pm$ 13.24	113.83 $\pm$ 16.90	156.42 $\pm$ 12.03	177.33 $\pm$ 10.69	186.09 $\pm$ 9.85	189.5 $\pm$ 8.02
VO_2 (ลิตรต่อนาที)						
NS	0.36 $\pm$ 0.17	0.85 $\pm$ 0.24	2.47 $\pm$ 0.32	2.86 $\pm$ 0.45	3.08 $\pm$ 0.70	3.34 $\pm$ 0.52
DS	0.48 $\pm$ 0.24	0.98 $\pm$ 0.28	2.39 $\pm$ 0.31	2.9 $\pm$ 0.43	3.18 $\pm$ 0.52	3.38 $\pm$ 0.23

ในระหว่างการวิ่งบนลู่วิ่งจะมีการบันทึก สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อ ทั้ง 6 มัดของขาด้านขวา (gluteus maximus, semitendinosus, gastrocnemius medialis, rectus femoris, tibialis anterior และ soleus)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยทั้งหมดนี้ไม่มีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการยืดกล้ามเนื้อ แบบพลวัตร และแบบที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปรียบเทียบความถี่เฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อ 6 มัดระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรและการไม่ยืดกล้ามเนื้อ (NS = ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ DS = การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร)

กล้ามเนื้อ \ ความเร็ว (ไม่ต่อชั่วโมง)	6.2	7.4	8.2	9.3
Gluteus maximus				
NS	41.59 $\pm$ 5.74	46.45 $\pm$ 9.70	48.64 $\pm$ 6.01	50.93 $\pm$ 4.81
DS	47.74 $\pm$ 6.57	50.80 $\pm$ 4.65	51.57 $\pm$ 6.17	52.51 $\pm$ 7.50
Semitendinosus				
NS	72.30 $\pm$ 4.50	79.67 $\pm$ 6.66	80.99 $\pm$ 8.00	86.47 $\pm$ 8.65
DS	83.06 $\pm$ 6.58	89.70 $\pm$ 5.91	89.76 $\pm$ 4.92	88.81 $\pm$ 5.43
Gastrocnemius medialis				
NS	87.58 $\pm$ 13.22	96.40 $\pm$ 7.71	97.30 $\pm$ 10.09	103.03 $\pm$ 12.20
DS	103.84 $\pm$ 7.75	104.03 $\pm$ 9.89	106.18 $\pm$ 14.84	103.05 $\pm$ 14.20
Rectus femoris				
NS	40.97 $\pm$ 8.24	50.67 $\pm$ 12.02	57.10 $\pm$ 12.47	57.11 $\pm$ 11.01
DS	63.21 $\pm$ 8.99	58.11 $\pm$ 6.90	59.05 $\pm$ 6.31	59.39 $\pm$ 7.56
Tibialis anterior				
NS	92.68 $\pm$ 9.89	95.30 $\pm$ 6.66	96.79 $\pm$ 7.64	93.62 $\pm$ 10.87
DS	93.87 $\pm$ 6.71	94.20 $\pm$ 7.15	90.21 $\pm$ 9.85	90.13 $\pm$ 9.52
Soleus				
NS	93.45 $\pm$ 6.41	92.67 $\pm$ 7.75	93.12 $\pm$ 7.31	87.05 $\pm$ 11.84
DS	95.87 $\pm$ 5.64	96.68 $\pm$ 4.84	96.97 $\pm$ 10.08	95.82 $\pm$ 11.66

อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการยืนยันได้ว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (DS) ก่อนการวิ่งในนักวิ่งระยะไกล จะช่วยให้ระยะทางทั้งหมดในการวิ่งนั้นวิ่งได้ระยะทางเท่ากับ 2,736 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ยืดกล้ามเนื้อ (NS) ก่อนการวิ่งได้เท่ากับ 2,453 เมตร ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 12% รวมทั้งระยะเวลาที่เกิดการล้าในขณะวิ่งในกลุ่มที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรพบว่าระยะเวลาที่เกิดการล้าในขณะวิ่งมีค่าเท่ากับ 817.5 วินาที (เพิ่มขึ้นประมาณ 11%) เมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ยืดกล้ามเนื้อก่อนการวิ่งนั้นได้เท่ากับ 737.2 วินาที และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ

พบว่า ทั้งระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง และระยะเวลาที่เกิดการล้าขณะวิ่งของกลุ่ม DS จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม NS เนื่องจากกลไกในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จะเกิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบนเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อจนทำให้เกิดสัญญาณประสาท และมีการแพร่ของสัญญาณประสาทไปตามใยกล้ามเนื้อ ทำให้ไปกระตุ้นแอกติน (actin) กับไมโอซิน (myosin) จับตัวกันจนทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยในการเปลี่ยนสารอาหารให้เป็นพลังงานเคมีซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อต้องการเพื่อทำให้เกิดพลังงานกลและความร้อน ปฏิกริยาของเอ็นไซม์ต่างๆ ซึ่งจำเป็น

เกิดขึ้นก่อนกล้ามเนื้อหดตัว ดังนั้น การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรจะสามารถช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่บริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกยืด จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อที่ถูกยัดนั้นมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพิ่มการกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีและเอ็นไซม์ต่างๆ รวมทั้งเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ จะมีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular activation) ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้ดีขึ้น จึงทำให้เพิ่มระยะทางทั้งหมดในการวิ่งและเพิ่มระยะเวลาที่เกิดการล้า เนื่องจากกลไกการเกิดการล้าของกล้ามเนื้อนั้นจะเกิดจากกล้ามเนื้อได้รับพลังงานไม่เพียงพอ และมีการค้างของของเสียมากเกินไป หรือปริมาณออกซิเจนในเลือดมีไม่เพียงพอ หรือมีปัญหาระบบประสาทส่วนกลางที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ทำให้กล้ามเนื้อทำงานน้อยลงจึงเกิดการล้าของกล้ามเนื้อได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yamaguchi และคณะ ในปี 2015 ที่ได้เปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรและการไม่ยืดกล้ามเนื้อ โดยได้ทำวิจัยในนักวิ่งระยะไกลเพศชายที่ผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี แต่ให้มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรจำนวน 10 ครั้งใน 1 ชุด ในกลุ่มกล้ามเนื้อขา 5 กลุ่ม (Hip flexors, hip extensors, knee flexors, knee extensors, and plantar flexors) ผลที่ได้คือ ระยะทางทั้งหมดในการวิ่ง และระยะเวลาที่เกิดการล้าในขณะวิ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน¹³ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบในการยืดกล้ามเนื้อของ Yamaguchi แต่เพิ่มการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้จาก (1) การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรนั้นจะช่วยกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (2) สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (3) ช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้กับกล้ามเนื้อ (4) เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวมากขึ้น¹ (5) ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อทำให้เกิดความพร้อมในการทำงานของกล้ามเนื้อ¹³ นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งนี้เราได้วัดปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) เพื่อ

เป็นตัวบ่งชี้ในการอธิบายถึงประสิทธิภาพในการวิ่งหลังจากที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร ซึ่งจากข้อมูลที่พบในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถวิ่งจนหมดแรงได้ถึง 95% VO_2 max อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) นั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม NS และ DS ซึ่งสอดคล้องกับ Hayes และ Walker ในปี 2007 ได้เปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย 4 แบบ คือ (1) ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (Non-stretching) (2) การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง หรืออยู่กับที่ (Static stretching) (3) การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างแต่ค่อยๆเพิ่มความหนัก (Static progressive stretching) (4) การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (Dynamic stretching) โดยที่จะมีการยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ 30 วินาที ทำ 2 ครั้ง และให้วิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความหนัก 75% VO_2 max ซึ่งการวิจัยนี้พบว่า การยืดกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกายไม่มีผลต่อการวิ่ง หรือการใช้ออกซิเจนเช่นกัน⁵ ดังนั้น ในการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) จึงยังไม่สามารถใช้อธิบายถึงกลไกของการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิ่งได้ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ประเมินผลทางด้านคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการวิ่งเพื่อนำไปพัฒนาประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการวิ่ง โดยที่การวิ่งนั้นจะใช้กลุ่มกล้ามเนื้อที่สำคัญ 5 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก (2) กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (3) กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และกลุ่มกล้ามเนื้อหน้าท้อง (4) กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (5) กลุ่มกล้ามเนื้อน่อง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกกล้ามเนื้อที่สำคัญ 6 มัด (gluteus maximus, semitendinosus, gastrocnemius medialis, rectus femoris, tibialis anterior และ soleus) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกล้ามเนื้อที่มีบทบาทสำคัญ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Yamaguchi เพราะการศึกษานี้ได้มีการออกแบบ การยืดกล้ามเนื้อออกแบบให้ใกล้เคียงกับลักษณะช่วงของการวิ่ง (running phases) โดยเริ่ม

ตั้งแต่ในช่วงสั้นเท้าเริ่มสัมผัสพื้น (initial contact) กล้ามเนื้อหลักคือ tibialis anterior เมื่อฝ่าเท้าทั้งหมดสัมผัสพื้นและมีการลงน้ำหนักจนขามายู่แนวกลางนำตัว (mid-stance) rectus femoris จะทำงานเป็นหลัก เมื่อสะโพกของขาข้างที่ลงน้ำหนักเริ่มเหยียดไปทางด้านหลังจนถึงช่วงยกส้นเท้าขึ้นเหนือพื้นแต่ปลายเท้ายังสัมผัสพื้นอยู่ (pre-swing) กล้ามเนื้อ gastrocnemius medialis และ soleus จะทำงานเป็นหลัก จากนั้นเมื่อช่วงที่ยกเท้าพ้นจากพื้น (initial swing) จนถึงช่วงยกขามาที่แนวกลางลำตัว (mid-swing) semitendinosus จะทำงานเป็นหลัก และช่วงที่ต้องงอสะโพกมาด้านหน้าก่อนที่จะสัมผัสพื้น (terminal stance) rectus femoris และ tibialis anterior ทำงานเป็นหลัก ส่วนกล้ามเนื้อ gluteus maximus จะทำงานตลอดช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น (stance phase) โดยทำการวัดค่า mean frequency ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความล้าของกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้ในขณะวิ่งพบว่าค่า mean frequency ของกล้ามเนื้อทั้ง 6 มัด ภายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรในการวิ่งที่ระดับ 6.2, 7.4, 8.2, และ 9.3 ไมล์ต่อชั่วโมงตามลำดับนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ยืดกล้ามเนื้อ หรือที่ระดับความหนักของการวิ่งที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าผลของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus และ Rectus femoris ในขณะวิ่งนั้น มีค่า mean frequency ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากกล้ามเนื้อดังกล่าวเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยสนับสนุนให้เกิดการเคลื่อนไหวขณะวิ่ง และจะมีบทบาทน้อยในช่วงของการวิ่งในช่วงที่เท้าสัมผัสกับพื้น ในขณะที่กล้ามเนื้อ Semitendinosus และ Gastrocnemius medialis จะทำงานในรูปแบบเสริมแรงกัน (Synergies) ขณะวิ่งในช่วงที่เท้ามีการสัมผัสพื้น เพื่อที่จะใช้แรงส่งตัวให้ไปทางด้านหน้า¹⁴ ผลที่ได้จากการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสำคัญดังกล่าวนี้สามารถนำไปพัฒนาประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการวิ่ง เช่น การสร้างโปรแกรมการออกกำลังกายในนักกีฬาระยะไกลได้

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นนักวิ่งระยะไกลนั้น สามารถวิ่งด้วยความเร็วที่ 9.3 ไมล์ต่อชั่วโมง (95% VO_2 max) จนหมดแรง โดยค่า mean frequency ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) นั้นมีค่าที่ลดลงเหมือนกับงานวิจัยที่ผ่านมา^{8,15} แต่พบว่าภายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ นักกีฬาทนต่อการล้า ในขณะวิ่งได้ดี ทำให้ได้ระยะทางการวิ่งที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าความล้า (Fatigue) ประกอบด้วยความล้าที่มาจากส่วนปลาย (Peripheral fatigue) เช่น การลดลงของการทำงานของกล้ามเนื้อ และความล้าจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central fatigue) ซึ่งในการศึกษาค้างครั้งนี้นักวิ่งทนต่อความล้าได้ดีขึ้น แม้ไม่พบความแตกต่างของการทำงานของกล้ามเนื้อจากการยืด จึงอาจบ่งชี้ได้ว่าความทนทานต่อความล้าที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลด้านจิตใจของนักวิ่งที่มีต่อการยืดกล้ามเนื้อ ก่อนการวิ่ง อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้วัดตัวแปรด้านความล้าจากระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งนี้เราได้วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ในการอธิบายถึงสมรรถภาพร่างกายของนักวิ่งในการวิ่งหลังจากที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร ซึ่งจากข้อมูลที่ได้พบในการศึกษาค้างครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถวิ่งจนหมดแรงได้ถึง 95% VO_2 max อย่างไรก็ตาม ค่าอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) นั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มยืด และไม่ยืด ซึ่งสอดคล้องกับ Hayes และ Walker ในปี 2007 ได้เปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อก่อนออกกำลังกาย 4 แบบ คือ (1) ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ (Non-stretching) (2) การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง หรืออยู่กับที่ (Static stretching) (3) การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างแต่ค่อยๆ เพิ่มความหนัก (Static progressive stretching) (4) การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร (Dynamic stretching) โดยที่จะมีการยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ 30 วินาที ทำ 2 ครั้ง

และให้วิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความหนัก 75% $VO_2\max$ ซึ่งการวิจัยนี้พบว่า การยืดกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกายไม่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ หรือการใช้ออกซิเจนเช่นกัน⁵ ดังนั้นในการศึกษานี้บ่งชี้ว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรไม่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ รวมทั้งปริมาณการใช้ออกซิเจนในนักวิ่งระยะไกล

ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้

ผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักวิ่งระยะไกลเพศชายที่มีประสบการณ์ในการวิ่งมากกว่า 1 ปี หรือมีระยะทางสะสมไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลเมตร หรือเฉลี่ย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และต้องไม่ได้รับบาดเจ็บที่ขาอย่างน้อย 6 เดือน แต่ไม่มีการควบคุมพฤติกรรมในการใช้ชีวิตประจำวันของผู้เข้าร่วมวิจัยและไม่ได้มีการวัดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อขณะวิ่ง

สรุปผล

การศึกษานี้เป็นการยืนยันให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรเป็นเวลา 10 นาทีก่อนการวิ่งจะช่วยทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระยะทาง และระยะเวลาในการล้าขณะวิ่งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ยืดกล้ามเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในระหว่างการวิ่งเมื่อเทียบระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร และการไม่ยืดกล้ามเนื้อ ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้สามารถนำรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตรไปใช้ในการเตรียมความพร้อมก่อนการวิ่งระยะไกลได้ เพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการวิ่งดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการทำ EMG ที่กล้ามเนื้อบริเวณลำตัวเพื่อช่วยป้องกันภาวะการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะวิ่ง และการวัดการ

หดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อในขณะวิ่ง

References

1. Dar G. Dynamic stretching during warm-up prior to running. *Edorium J Sports Med* 2015;1:7-9.
2. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, et al. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015;41(1):1-11.
3. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(11):2633-51.
4. Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, et al. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res* 2008;22(3):809-17.
5. Hayes PR, Walker A. Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *J Strength Cond Res* 2007;21(4):1227.
6. Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J Strength Cond Res* 2009;23(2):507-12.
7. Pearce AJ, Kidgell DJ, Zois J, et al. Effects of secondary warm up following stretching. *Eur J Appl Physiol* 2009;105(2):175-83.

8. Jagers JR, Swank AM, Frost KL, et al. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res* 2008;22(6):1844-9.
9. Papadopoulos G, Siatras T, Kellis S. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. *Isokinet Exerc Sci* 2005;13(4):285-91.
10. WHO EC. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 2004;363(9403):157.
11. Thompson PD, Arena R, Riebe D, et al. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Curr Sports Med Rep* 2013;12(4):215-7.
12. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J* 1973;85(4):546-62.
13. Yamaguchi T, Takizawa K, Shibata K. Acute effect of dynamic stretching on endurance running performance in well-trained male runners. *J Strength Cond Res* 2015;29(11):3045-52.
14. Gelen E. Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling, and penalty kick performance in soccer players. *J Strength Cond Res* 2010;24(4):950-6.
15. Tsuji K, Ishida H, Oba K, et al. Activity of lower limb muscles during treadmill running at different velocities. *J Phys Ther Sci* 2015;27(2):353-6.