

(Original article)

(นิพนธ์)

ชีวกลศาสตร์

ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้และแบบเคลื่อนไหวร่วมกับการอบอุ่นร่างกายต่อคิเนมาติกส์ของร่างกายและสมรรถนะในการวิ่งระยะสั้น 100 เมตร

นพวรรณ วีระประดิษฐ์ผล, สมรรถชัย จำนงค์ใจ, สายนที ปราบธนาผล

¹สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการอบอุ่นร่างกาย แบบต่อคิเนมาติกส์ของร่างกาย และการวิ่งระยะสั้น ผู้เข้าร่วมการศึกษามีอายุ 22.79±1.37 ปี อบอุ่นร่างกาย 3 แบบ แต่ละครั้งห่างกัน 1 วัน ได้แก่ อบอุ่นร่างกาย (Warm-up, WU) โดยวิ่งเหยาะ ๆ ความเร็วที่กำหนดด้วยตนเอง 10 นาที และวิ่งเร็วระยะทาง 30 เมตร จำนวน 3 รอบ อบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (DWU with Dynamic stretching (DS)) โดยยืดกล้ามเนื้อท่า heel flick, high knees, hip rolls, walking on toes, straight leg skipping, walking lunges and modified walking lunges และอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ (DWU with Static stretching (SS)) โดยยืดกล้ามเนื้อท่าเดียวกัน จากนั้นทดสอบวิ่ง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด บันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องดิจิทัลวิดีโอหาความถี่การเคลื่อนไหวของร่างกายด้วยโปรแกรม siliconCOACH® ผลการวิจัยพบว่า จังหวะลงเท้าระยะ 0 และ 100 เมตร มุมข้อสะโพกข้อเท้า และข้อเท้าไม่เปลี่ยนแปลงหลังอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) จังหวะถีบเท้าระยะ 100 เมตร มุมข้อสะโพกเพิ่มขึ้นหลัง DWU+SS และ DWU+DS ($p<0.05$) แต่ไม่เปลี่ยนแปลงหลัง DWU ($p>0.05$) และ มุมข้อเท้าไม่เปลี่ยนแปลงหลังอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) ที่ระยะ 50 เมตร มุมข้อสะโพกจังหวะลงเท้าลดลงหลัง DWU และ DWU+SS ($p<0.05$) และไม่เปลี่ยนแปลงหลัง DWU+DS ($p>0.05$) ส่วนจังหวะถีบเท้า มุมข้อสะโพกไม่เปลี่ยนแปลงหลังอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) มุมข้อเท้าไม่เปลี่ยนแปลงในจังหวะลงเท้าและถีบเท้าหลังอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) ส่วนมุมข้อเท้าลดลงในจังหวะลงเท้าและเพิ่มขึ้นในจังหวะถีบเท้าภายหลัง DWU+DS ($p<0.05$) แต่ไม่เปลี่ยนแปลงในจังหวะลงเท้าและถีบเท้าหลัง DWU และ DWU+SS ($p>0.05$) ส่วนหลัง DWU+DS ส่งผลให้ลดเวลาวิ่ง 50 เมตร แต่ไม่มีผลต่อเวลาวิ่ง 100 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า DWU และ DWU+SS ไม่เปลี่ยนแปลงเวลาวิ่งระยะ 50 และ 100 เมตร

(Journal of Sports Science and Technology 2012 ;12(1): 33 - 44)

คำสำคัญ: อบอุ่นร่างกายยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ ยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวคิเนมาติกส์ การวิ่งเร็ว

การยืดกล้ามเนื้อเป็นส่วนหนึ่งของการอบอุ่นร่างกายที่นักกีฬาปฏิบัติก่อนออกกำลังกาย ปัจจุบันการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวที่มีการปรับเปลี่ยนความเร็วและทิศทางโดยทำซ้ำ ๆ กันอย่างต่อเนื่อง ได้รับความนิยมนมากขึ้นเนื่องจากให้ผลดีต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ชีวกลศาสตร์ และสมรรถภาพทางกาย โดย เพิ่มการตอบสนองของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้พร้อมต่อการฝึกซ้อม เพิ่มอุณหภูมิร่างกาย เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ เพิ่มความยืดหยุ่นของข้อต่อและกล้ามเนื้อ เพิ่มการรับรู้ความรู้สึกของข้อเท้า เพิ่มกระบวนการสลายพลังงานลดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และเพิ่มความสามารถในการปั่นจักรยานและการกระโดดสูง ส่วนประโยชน์ที่ได้รับจากการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้นั้น ข้อมูลยังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีทั้งให้ผลในการลดความสามารถในการกระโดดสูงการวิ่งเร็วและกิจกรรมที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้ได้แรงสูงสุด²⁸⁻²⁻¹¹ ขณะที่หลายการวิจัยพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการกระโดด^{13,14} และเมื่อเปรียบเทียบผลต่อสมรรถภาพทางกายพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวเพิ่มความสามารถในการวิ่งได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้และการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวก็เพิ่มความสามารถในการกระโดดสูง และใช้เวลาวิ่งระยะสั้น 20 เมตร ได้ดีกว่าการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้¹⁶ แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังกล่าวนั้น อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างกันในเรื่องวิธีการอบอุ่นร่างกาย ท่าทางและจำนวนมัดกล้ามเนื้อที่ใช้ในการยืดกล้ามเนื้อ เวลาในการยืดกล้ามเนื้อ ระยะเวลาในการทดสอบภายหลังการอบอุ่นร่างกาย และหลายการศึกษาไม่มีกลุ่มควบคุม มีรายงานว่าเวลาในการยืดกล้ามเนื้อที่น้อยกว่า 30 วินาที จะไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพทางกาย ในขณะที่เวลาที่มากกว่า 30 วินาที จะให้ผลลบต่อสมรรถภาพทางกาย¹⁷ และเวลาที่ลดผลด้านลบจากการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้คือ ระยะเวลาที่มากกว่า 3 นาที ภายหลังจากเสร็จสิ้นการยืดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ความหนักในการอบอุ่นร่างกายที่ระดับต่ำถึงปานกลางก็สามารถเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อได้

ดังนั้นหากออกแบบการยืดกล้ามเนื้อขาทั้งแบบการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวและการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ให้เป็นกล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกันมีกลุ่มควบคุมคือกลุ่มที่อบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว ควบคุมระยะเวลาของการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบให้ไม่เกิน 30 วินาทีต่อมัดกล้ามเนื้อกำหนดความหนักในการอบอุ่นร่างกายให้อยู่ในระดับปานกลางและหลีกเลี่ยงผลด้านลบของการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ โดยทดสอบตัวแปรในการศึกษาเมื่อสิ้นสุดการยืดกล้ามเนื้อไปแล้วทันที จะให้ผลเช่นไรต่อการรับรู้ของข้อต่อและการหดตัวของกล้ามเนื้อ การศึกษานี้จึงสนใจการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อสะโพก ข้อเท้า และข้อเข่า ในขณะวิ่ง และระยะเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางจริงที่ใช้ในการแข่งขัน ภายหลังจากการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวและภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้

ระเบียบวิธีวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการวิจัยแบบ Within-subject design กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชายและหญิงที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี จำนวน 15 คน สุขภาพดี ไม่มีอาการบาดเจ็บของหลังและรยางค์ขา และไม่เป็นนักกีฬาระดับจังหวัดและหรือระดับชาติ เมื่อคำนวณหา Power เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่ระดับอัลฟาเท่ากับ 0.05, degree of freedom = 2 และ $f = 0.60$ ด้วยช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่ามี Power เท่ากับ 81%

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะเทคนิคการแพทย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. ก่อนทำการทดสอบ

เก็บข้อมูลทั่วไปประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ชีพจรขณะพักและความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง โดยใช้ Lange skinfold caliper แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายตามวิธีการของสงอนวิธีการอบอุ่นร่างกายและยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบ ค้างไว้และแบบเคลื่อนไหวให้ถูกต้อง และบอกให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยงดการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง และงด เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

2. วันถัดไปให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจับสลากเพื่อจัดลำดับการอบอุ่นร่างกาย โปรแกรม ดังนี้

2.1 โปรแกรมที่ 1 อบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว (Warm-Up, WU) ประกอบด้วย การเดินช้า ๆ ร่วมกับยกเข่าสูง จากนั้นวิ่งเหยาะ ๆ โดยกำหนดความเร็วด้วยตนเอง เป็นเวลา 10 นาที ใช้เครื่องควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายเพื่อควบคุมการวิ่งให้อยู่ในระดับปานกลาง (64-76% HRmax)²⁰ จากนั้นวิ่งเร็วระยะทาง 30 เมตร ที่ความหนัก 60 , 80 และ 90% ของแรงพยายามสูงสุด ความเร็วละ 1 รอบ²²

2.2 โปรแกรมที่ 2 อบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ (Warm-Up and Static Stretching, WU+SS) โดยอบอุ่นร่างกายเหมือนโปรแกรมที่ 1 ตามด้วยยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ ประกอบด้วย

quadriceps, gluteus maximus, hamstrings, adductors, tibialis anterior, gastrocnemius, soleus, และ hip flexors โดยยืดสุดช่วงการเคลื่อนไหวให้รู้สึกตึง ยืดค้างไว้แต่ละ 20 วินาที ทำซ้ำ 2 เซ็ต ระยะเวลาพักระหว่างเซต 30 วินาที^{16,23}

2.3 โปรแกรมที่ 3 อบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Warm-Up and Dynamic Stretching, WU+DS) ประกอบด้วยการอบอุ่นร่างกายเหมือนโปรแกรมที่ 1 และยืดกล้ามเนื้อในท่าตีส้น (heel flicks) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ quadriceps, ท่ายกเข่าสูง (high knees) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ gluteus maximus และ hamstring, ท่าเดินไขว้ขา (hip rolls) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ adductor, ท่าเดินเขย่ง (walking on toes) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ tibialis anterior และ gastrocnemius, ท่าเตะเข่าตึง (straight leg skipping) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ gastrocnemius และ soleus, ท่าก้าวย่อ (walking lunges) เพื่อยืดกล้ามเนื้อ hip flexor และ ท่า Modified walking lunges เพื่อยืดกล้ามเนื้อ soleus โดยทำซ้ำ ๆ และเป็นจังหวะ ทำละ 12 ครั้ง ระยะเวลาพักระหว่างท่า 20 วินาที ทำซ้ำ 2 เซ็ต ระยะเวลาพักระหว่างเซต 30 วินาที กำหนดจังหวะในการยืดกล้ามเนื้อด้วยเมโทรโนม (metronome) 60 ครั้งต่อนาที^{16,23-25}

3. หลังการอบอุ่นร่างกายแต่ละโปรแกรม พัก 5 นาที จากนั้นจับเวลาในการวิ่ง 100 เมตร และบันทึกมุมในการเคลื่อนไหวของร่างกาย

4. การอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 โปรแกรมมีระยะเวลาน่ากันอย่างน้อย 1 วัน และทำการทดสอบในเวลาเดียวกันของวัน

5. ตัวแปรที่ทำการประเมินก่อนและหลังการอบอุ่นร่างกาย

5.1 เวลาในการวิ่ง 100 เมตร

เวลาในการวิ่ง 100 เมตร จับเวลาในการวิ่งด้วยนาฬิกาจับเวลาจับเวลาระยะ 50 เมตร และ 100 เมตร โดยมีผู้ทำการจับเวลาจุดละ 2 คน นำเวลาที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ย²⁶

5.2 มุมในการเคลื่อนไหวของร่างกาย มุมในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ติดตั้งกล้องดิจิตอลวิดีโอ เพื่อบันทึกการเคลื่อนไหวของร่างกายวางกล้องในตำแหน่ง 0, 50 และ 100 เมตร บันทึกภาพการเคลื่อนไหวด้วยกล้องดิจิตอลวิดีโอตลอดการทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพเข้าโปรแกรมsiliconCOACH® เพื่อวิเคราะห์มุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าและเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร จากนั้นเปรียบเทียบมุมข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร ระหว่าง 3 แบบ ของการอบอุ่นร่างกายโดยใช้สถิติ One-way ANOVA และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร ระหว่างก่อนและหลังการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ด้วย Paired T-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.01$ ด้วยโปรแกรม SPSS version 11.5

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 14 คน มี 1 คนที่ถอนตัวออกจากการวิจัย อายุเฉลี่ย 22.79 ± 1.37 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 61.87 ± 14.07 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 167.71 ± 10.24 เซนติเมตร ชีพจรขณะพัก 79.21 ± 2.69 ครั้งต่อนาที เปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ $14.87 \pm 5.13\%$ หลังการอบอุ่นร่างกายผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 133.64 ± 12.70 ครั้งต่อนาทีซึ่งเป็นความหนักในการอบอุ่นร่างกายระดับปานกลาง

2. เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 และ 100 เมตร

เปรียบเทียบกับก่อนการศึกษา เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 เมตรไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียวและการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ แต่ใช้เวลาในการวิ่งลดลงภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ($p < 0.05$) ส่วนเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตรพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 เมตร ($F_{(2,39)} = 0.218, p = 0.805$) และ 100 เมตร ($F_{(2,39)} = 1.459, p = 0.245$) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ผลการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว และการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียวต่อเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 และ 100 เมตร

รูปแบบการอบอุ่นร่างกาย	เวลาที่วิ่ง 50 เมตร (วินาที)		เวลาที่วิ่ง 100 เมตร (วินาที)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว	8.50 (1.01)	7.98 (2.20)	16.25 (1.60)	16.33 (2.20)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้	8.50 (1.01)	8.23 (0.96)	16.25 (1.60)	15.96 (1.96)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว	8.50 (1.01)	7.97* (0.80)	16.25 (1.60)	15.73 (1.77)

* มีความแตกต่างกับก่อนการอบอุ่นร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ=0.05

3. มุมในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งแบ่งวิเคราะห์เป็นจังหวะลงเท้าและจังหวะถีบเท้าที่ระยะ 50 และ 100 เมตร ดังนี้

3.1 จังหวะลงเท้าที่ระยะ 0 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้งสามแบบ (ตารางที่ 2) และยังพบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=0.768$, $p=0.471$) และข้อเข่า ($F_{(2,39)}=0.082$, $p=0.921$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=2.624$, $p=0.085$) ไม่แตกต่างกัน

3.2 จังหวะถีบเท้าที่ระยะ 0 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้งสามแบบ (ตารางที่ 2) และยังพบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=0.176$, $p=0.840$) ข้อเข่า ($F_{(2,39)}=0.590$, $p=0.559$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=0.037$, $p=0.964$) ไม่แตกต่างกัน

3.3 จังหวะลงเท้าที่ระยะ 50 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมข้อสะโพก มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว และภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ ส่วน ภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว มุมข้อสะโพก ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) ส่วนมุมของข้อเข่า พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) ส่วนมุมข้อเท้า พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว และภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ แต่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ($p<0.05$) (ตารางที่ 3) และยังพบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=1.353$, $p=0.270$) ข้อเข่า ($F_{(2,39)}=0.706$, $p=0.500$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=1.849$, $p=0.171$) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคิเนมาติกส์ของร่างกาย ระหว่างการอบอุ่นร่างกาย เพียงอย่างเดียว การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ และการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว จังหวะลงเท้า (stance phase) และจังหวะถีบเท้า (stance phase) ที่ระยะ 50 เมตร

รูปแบบการอบอุ่นร่างกาย	จังหวะลงเท้า (stance phase)						จังหวะถีบเท้า (stance phase)					
	มุมของข้อสะโพก (องศา)		มุมของข้อเข่า (องศา)		มุมของข้อเท้า (องศา)		มุมของข้อสะโพก (องศา)		มุมของข้อเข่า (องศา)		มุมของข้อเท้า (องศา)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว	150.86 (5.04)	143.36 * (6.89)	29.21 (4.44)	30.07 (6.03)	-14.78 (6.54)	-16.36 (7.87)	148.64 (7.59)	148.00 (8.57)	44.43 (5.60)	46.57 (6.43)	0.14 (9.49)	2.93 (5.36)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้	150.86 (5.04)	147.57 * (6.52)	29.21 (4.44)	29.57 (6.61)	-14.78 (6.54)	-13.43 (7.49)	148.64 (7.59)	151.93 (7.17)	44.43 (5.60)	41.64 (7.14)	0.14 (9.49)	2.28 (9.55)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว	150.86 (5.04)	147.21 (9.31)	29.21 (4.44)	33.00 (9.05)	-14.78 (6.54)	-9.86* (7.46)	148.64 (7.59)	150.14 (7.75)	44.43 (5.60)	43.71 (7.15)	0.14 (9.49)	5.57* (7.43)

* มีความแตกต่างกับการก่อนการอบอุ่นร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ=0.05

3.4 จังหวะถีบเท้าที่ระยะ 50 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมของข้อสะโพก และข้อเข่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) ส่วนมุมข้อเท้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว และการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ ($p>0.05$) แต่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ($p<0.05$) (ตารางที่ 3) และยัง พบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=0.556$, $p=0.578$) ข้อเข่า ($F_{(2,39)}=1.442$, $p=0.249$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=0.553$, $p=0.580$) ไม่แตกต่างกัน

3.5 จังหวะลงเท้าที่ระยะ 100 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4) และยังพบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=0.063$, $p=0.939$) ข้อเข่า ($F_{(2,39)}=0.232$, $p=0.794$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=0.044$, $p=0.957$) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคิเนมาติกส์ของร่างกาย ระหว่างการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ และการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว จังหวะลงเท้า(stance phase) และจังหวะถีบเท้า(stance phase) ที่ระยะ 100 เมตร

รูปแบบการอบอุ่นร่างกาย	จังหวะลงเท้า(stance phase)						จังหวะถีบเท้า(stance phase)					
	มุมของข้อสะโพก (องศา)		มุมของข้อเข่า (องศา)		มุมของข้อเท้า (องศา)		มุมของข้อสะโพก (องศา)		มุมของข้อเข่า (องศา)		มุมของข้อเท้า (องศา)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว	142.28 (17.08)	147.64 (8.16)	34.64 (10.93)	34.14 (7.89)	-13.00 (10.80)	-16.64 (8.31)	145.43 (13.78)	153.57 (6.14)	43.00 (7.78)	44.64 (7.71)	0.28 (6.65)	-0.28 (9.83)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้	142.28 (17.08)	149.64 (6.00)	34.64 (10.93)	30.71 (8.75)	-13.00 (10.80)	-18.21 (7.20)	145.43 (13.78)	152.57* (6.37)	43.00 (7.78)	42.07 (6.76)	0.28 (6.65)	-1.57 (7.51)
การอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว	142.28 (17.08)	147.14 (6.68)	34.64 (10.93)	32.93 (6.08)	-13.00 (10.80)	-16.79 (10.27)	145.43 (13.78)	153.36* (5.88)	43.00 (7.78)	41.36 (5.01)	0.28 (6.65)	-1.64 (9.93)

* มีความแตกต่างกับการก่อนการอบอุ่นร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ=0.05

3.6 จังหวะถีบเท้าที่ระยะ 100 เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอบอุ่นร่างกาย มุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว แต่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ และภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ส่วนมุมข้อเข่าและมุมข้อเท้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) (ตารางที่ 4) และยัง พบว่าการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมข้อสะโพก ($F_{(2,39)}=0.021$, $p=0.979$) ข้อเข่า ($F_{(2,39)}=0.630$, $p=0.538$) และข้อเท้า ($F_{(2,39)}=0.068$, $p=0.934$) ไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลของการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ การอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวกับการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียวต่อมุมข้อสะโพกข้อเข่า และข้อเท้า และเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 100 เมตร ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าผู้เข้าร่วมการศึกษาคือกลุ่มอาสาสมัครที่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักค่อนข้างสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายอยู่ในช่วงปกติและเนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัยมีน้อย จึงออกแบบการวิจัยให้สมดุลโดยเปรียบเทียบตัวแปรในการวิจัยทุกเงื่อนไขของการอบอุ่นร่างกายในคนเดียวกัน เพื่อลดผลของความแตกต่างระหว่างบุคคล และลดผลของการเรียนรู้ โดยให้ทุกคนมีความคุ้นเคยกับการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบและวิธีการทดสอบ รวมทั้งจัดลำดับการอบอุ่นร่างกายโดยจับสลับ ใช้เวลาในการทำกรวิจัยภายในหนึ่งสัปดาห์ เว้นระยะห่างแต่ละเงื่อนไขวันเว้นวัน

ผลการวิจัยพบว่าการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวส่งผลให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้เวลาในการวิ่ง 50 เมตร ลดลง ($p < 0.05$) สอดคล้องกับหลายการวิจัย^{9,15,16} ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวส่งผลดีต่อการวิ่งระยะสั้น 10-20 เมตร ในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งเวลาในการวิ่งที่ลดลงน่าจะมีความเกี่ยวข้องกับ ผลการวิจัยนี้ที่พบว่า มุมในการกระดกข้อเท้าขึ้น (ankle dorsiflexion) ในจังหวะ stance phase มีค่าลดลงและมุมในการกระดกข้อเท้าลงในจังหวะ push off มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญภายหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ($p < 0.05$) ในขณะที่ข้อสะโพก และข้อเข่าทั้งในจังหวะ stance phase และ push off นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง(ตารางที่ 2) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อเข่าดังกล่าวน่าจะเป็นปัจจัยส่งเสริมให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เร็วและแรงช่วยให้วิ่งได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของManoel et al., (2008) ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว นั้นส่งผลให้แรงหดตัวสูงสุดในการเหยียดเข่า(peak knee extension power) ที่ความเร็ว 60 และ 180 องศาต่อวินาที เพิ่มขึ้นมากกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ และการวิจัยของ Sekir et al., (2010) ที่พบว่าการยืด quadriceps และ hamstring ขณะหดตัวสั้น(concentric) และยืดยาวออก(eccentric) ที่ความเร็ว 60 และ 180 องศาต่อวินาทีที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นภายหลังการทำการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว และมีค่าลดลงภายหลังการทำการยืดแบบค้างไว้ซึ่งผลการวิจัยที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิจัยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ^{16,28} สอดคล้องกับผลการวิจัยนี้ที่พบว่า ภายหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ มุมข้อเข่า และข้อเท้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในจังหวะลงเท้า และจังหวะถีบเท้าที่ระยะ 50 เมตร ($p > 0.05$)(ตารางที่ 2)

คำอธิบายอีกประการหนึ่งสำหรับความสามารถในการวิ่ง 50 เมตร ที่เพิ่มขึ้นคือการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวนั้นเป็นการเคลื่อนไหวในรูปแบบเดิม ซ้ำ ๆ กันโดยไม่มีการหยุดค้างไว้ที่ช่วงของการเคลื่อนไหว(end range of motion) จึงไม่มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของmuscle spindle และหรือ golgi tendon organ อีกทั้งยังเป็นการเตรียมพร้อมร่างกายก่อนออกกำลังกายหรือก่อนวิ่งจริง(specific rehearsal of movement prior to exercise)^{9,29} นอกจากนี้การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวยังอาจมีผลเพิ่มความสามารถในการวิ่งผ่านกลไกอื่นร่วมด้วย เช่น เพิ่มคุณสมบัติของกล้ามเนื้อ เพิ่มคุณสมบัติแกนกลางของร่างกาย และเพิ่มการไหลเวียนเลือด^{9,30} เพิ่มการประสานสัมพันธ์ของร่างกายและการรับรู้ของข้อต่อ³¹ และมีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2.5-18 นาที เมื่อสิ้นสุดการอบอุ่นร่างกายที่เรียกว่า postactivation potentiation (PAP)³²⁻³⁴ อย่างไรก็ตามผลที่ได้ตรงกันข้ามกับการวิจัยของVeera pong et al., (2004) ที่พบว่าเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 30 เมตรไม่มี

การเปลี่ยนแปลงในนาที่ที่ 5 หลังการอบอุ่นร่างกายเป็นเวล 5 นาที แล้วยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าแบบเคลื่อนไหวจำนวน 12 ท่า เป็นเวลา 10 นาที ในผู้ที่มีสุขภาพดี จำนวน 12 คน ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าสิ่งที่แตกต่างกันจากการวิจัยนั้นนอกเหนือจากระยะทางในการทดสอบการวิ่ง คือระยะเวลาการอบอุ่นร่างกาย จำนวนและวิธีการยืดกล้ามเนื้อ รวมทั้งการควบคุมความหนักของการอบอุ่นร่างกาย

นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังพบว่าเวลาที่วิ่งระยะ 50 เมตร นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ซึ่งยังไม่มีการศึกษาใดรายงานไว้ และยังพบว่าภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 และ 100 เมตร ไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Little & Williams (2006) ซึ่งพบว่าความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ต้องอาศัยความเร็วสูง เช่น การกระโดดสูงและการวิ่งเร็วระยะทาง 10 และ 20 เมตร ไม่ได้รับผลกระทบจากการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้เมื่อทำการอบอุ่นร่างกายร่วมด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการอบอุ่นร่างกาย ที่ความหนักปานกลางนั้นช่วยในการลดผลด้านลบของการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ต่อเวลาในการวิ่งระยะ 50 และ 100 เมตรได้ และยังมีรายงานถึงผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ว่าไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ^{5,36} ซึ่งระยะเวลาหลังการยืดกล้ามเนื้ออาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้อธิบายผลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เนื่องจากส่งผลให้เกิดการฟื้นตัวของระบบประสาท (the recovery of the motor neuron excitability) มีการวิจัยพบว่า Hoffman reflex (H-reflex) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดถึงความตื่นตัวของระบบประสาทนั้น มีค่าลดลงภายหลังจากมีการยืดยาวออกและหดตัวของกล้ามเนื้อซ้ำ ๆ กัน (long-lasting stretch-shortening cycle) และสามารถกลับคืนสู่ภาวะปกติภายในเวลา 4 นาที³⁷ ขณะที่การวิจัยนี้ทำการทดสอบการวิ่งเร็ว 100 เมตร ภายหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้แล้วพักเป็นเวลา 5 นาที ดังนั้นช่วงเวลาน่าจะลดผลด้านลบจากการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ได้ ตรงกันข้ามกับผลการวิจัยของ Kistler et al., (2010) ที่พบว่าภายหลังอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้เวลาในการวิ่งระยะ 20-40 เมตรแรก เพิ่มขึ้นมากกว่าการอบอุ่นร่างกาย เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการอบอุ่นร่างกายทั้งสองรูปแบบใช้เวลาในการวิ่งไม่แตกต่างกันที่ระยะ 100 เมตร ซึ่งความแตกต่างของผลการวิจัยดังกล่าวยังไม่สามารถอธิบายได้ ซึ่งสถานการณ์การฝึกฝน (training status) เป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการวิจัย เนื่องจากมีรายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อนั้นจะส่งผลกระทบต่อบุคคลทั่วไปมากกว่าผู้ที่มีการฝึกฝน^{15,36} ความแตกต่างเรื่องระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย วิธีการและมัดกล้ามเนื้อที่ถูกยืด โดย Kistler et al., (2010) นั้นทำการวิจัยในนักกีฬา ใช้เวลาอบอุ่นร่างกาย 25 นาที และยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ที่ hamstring, quadriceps และ gastrocnemius มัดละ 30 วินาที ขณะที่การวิจัยนี้ทำการศึกษานักศึกษาที่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ ใช้เวลาอบอุ่นร่างกาย 0 นาที และยืดกล้ามเนื้อขาจำนวน 8 มัด ท่าละ 20 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของเวลาที่วิ่ง 50 และ 100 เมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการอบอุ่นร่างกายทั้ง 3 แบบ แต่มีแนวโน้มว่า การอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวจะให้ผลดีต่อการวิ่งมากกว่าการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้และการอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากมีจำนวนผู้เข้าร่วมการศึกษาน้อย ซึ่งหากเพิ่มจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยก็อาจทำให้พบความแตกต่างดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้น

สรุปผล

การอบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียวที่ความหนักปานกลาง เป็นเวลา 10 นาที การอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าแบบค้างไว้ และการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าแบบเคลื่อนไหวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อ

สะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และสมรรถนะในการวิ่งระยะสั้น 100 เมตร แต่มีการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อเท้าภายหลังการอบอุ่นร่างกาย ร่วมกับยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ที่ระยะ 50 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับเวลาในการวิ่งที่ลดลงในระยะ 50 เมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการศึกษาและเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 5 เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้สถานที่และเครื่องมือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

1. Bishop D. Warm up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med* 2003; 33: 483–98.
2. Church JB, Wiggins MS, Moode FM, and Crist R. Effect of warm up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 332–6.
3. Knudson D, Bennett K, Corn R, Leick D, and Smith C. Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 98–101.
4. Young WB, and Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2003; 43: 21–7.
5. Bartlett MJ, and Warren PJ. Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med* 2002; 36: 132–4.
6. Grays C, Devito G, and Nimmo MA. Effect of active warm up on metabolism prior to and during intense active exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 2091–6.
7. Knapik JJ, Hauret KG, Arnold S, et al. Injury and fitness outcomes during implementation of physical readiness training. *Int J Sports Med* 2003; 24(5): 372–81.
8. Behm DG, Bambury A, Cahill F, and Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1397–402.
9. Fletcher IM, and Jones B. The effect of different warm up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 885–8.
10. Fowels JR, Sale DG, and Macdougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J Appl Physiol* 2000; 89: 1179–88.
11. Gleim GW, and Mchugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Med* 1997; 4: 289–99.
12. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, and Young W. An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1389–96.

13. Cè E, Margonato V, Casasco M, and Veicsteinas A. Effects of stretching on maximal anaerobic power: the roles of active and passive warm-ups. *J Strength Cond Res* 2008; 22(3): 794-800.
14. González-Ravé JM, Machado L, Navarro-Valdivielso F, and Vilas-Boas JP. Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *J Strength Cond Res* 2009; 23(2): 472-9.
15. Little T, Williams A. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high- speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2006; 20(1): 203-7.
16. Fletcher IM, Monte-Colombo MM. An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *J Strength Cond Res* 2010; 24(8): 2096-101.
17. Wong PL, Lau PW, Mao de W, Wu YY, Behm DG, and Wisløff U. Three days of static stretching within a warm-up does not affect repeated-sprint ability in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 2011; 25(3): 838-45.
18. DePino GM, Webright WG and Arnold BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train* 2000; 35: 56-9.
19. Sotiropoulos K, Smilios I, Christou M, Barzouka K, Spaias A, Douna H, Tokmakidis SP. Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *J Sports Sci & Med* 2010; 9: 326-31.
20. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 7th edition, LWW, Philadelphia. 2006.
21. Beam JR, and Szymanski DJ. Validity of 2 skinfold calipers in estimating percent body fat of college-aged men and women. *J Strength Cond Res* 2010; 24(12): 3448-56.
22. Goodwin JE, Glaister M, Howatson G, Lockett RA, and McInnes G. Effect of preperformance lower-limb massage on thirty-meter sprint running. *J. Strength Cond. Res.* 2007; 21(4): 1028-31.
23. Perrier, ET, Pavol, MJ, and Hoffman, MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *J Strength Cond Res* 2011; 25(7): 1925-31.
24. Turki O, Chaouachi A, Drinkwater EJ, Chtara M, Chamari K, Amri M, and Behm DG. Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *J Strength Cond Res.* 2011; 25: 2453-63.
25. Woolstenhulme MT, Griffiths CM, Woolstenhulme EM, and Parcell AC. Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. *J Strength Cond Res* 2006; 20(4): 799-803.
26. Duthie GM, Pyne DB, Ross AA, Livingstone SG, and Hooper SL. The reliability of ten-meter sprint time using different starting techniques. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 246-51.

27. Roundtable discussion. Body composition. *Sports Med* 1986; 14(3): 144-62. Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, and Miller TA. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J Strength Cond Res* 2008; 22(5): 1528-34.
28. Sekir U, Arabaci R, Akova B, and Kadagan SM. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20(2): 268-81.
29. Fletcher IM, and Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res* 2007; 21(3): 784-7.
30. Yamaguchi T, and Ishi K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 2005; 19(3): 677-83.
31. Weerapong P, Hume PA, and Kolt GS. The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Physical Therapy Reviews* 2004; 9: 189-206.
32. Faigenbaum AD, Milliken LA, Moulton L and Westcott WL. Early muscular fitness adaptations in children in response to two different resistance training regimens. *Pediatr Exerc Sci* 2005; 17: 237-248.
33. Sale DG. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev* 2002; 30(3): 138-43.
34. Chiu LZE, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, and Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally training individuals. *J Strength Cond Res* 2003; 17: 671-7.
35. Zaruta DA. Acute effects of upper extremity static stretching and dynamic warm-up protocols on range of motion, strength, and power output. Undergraduate Thesis, University of Pittsburgh. BPhil - Bachelor of Philosophy, 2008.
36. Unick J, Kieffer HS, Cheesman W, and Feeney A. The acute effect of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *J Strength Cond Res* 2005; 19(1): 206-12.
37. Avela J, Kyröläinen H, Komi P, and Rama D. Reduced reflex sensitivity persists several days after long-lasting stretch-shortening cycle exercise. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1292-1300.
39. Kistler BM, Walsh MS, Horn TS, and Cox RH. The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60- and 100-m dash after a dynamic warm-up. *J Strength Cond Res* 2010; 24(9): 2280-4.