

THE EFFECTS OF COMBINED COMPRESSION BAND AND ACTIVE RECOVERY ON KNEE EXTENSOR MUSCLES AFTER EXERCISE-INDUCED MUSCLE SORENESS IN SEDENTARY HEALTHY MALE STUDENTS

Thanawat KITSUKSAN*, Tamonwan KWANNUI, Nathaphon JIRASAKULSUK and Wipada THAWEENITHIKON

Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Science, Thammasat University, Pathum thani 12120

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of compression band combined with active recovery on knee extensor muscles after exercise-induced muscle soreness in sedentary healthy male students. Twenty sedentary healthy male students aged between 18- 25 years were randomly allocated to compression band combined with active recovery strategy (CA) (n=10) or active recovery strategy (AR) (n=10) for 30 minutes after completed 10 x 10 drop jumps from a 0.6-m box to induce muscle damage. Indirect indices of muscle damage (pain scale, muscle circumference and peak torque) were assessed before and after exercise-induced muscle soreness for 1, 24, 48, 72, and 96 hours respectively. The results showed that after exercise for one hour, both groups showed a statistically significant increase in pain scale ($p < 0.05$) and muscle circumference compared before the exercise ($p < 0.05$) but there was a statistically significant decrease in peak torque of knee extensor muscles compared before the exercise ($p < 0.05$). However, there were no statistically significant differences of time between groups throughout the recovery period. In Conclusion the application of combined compression band along with active recovery exercise had no significant effect on attenuating muscle soreness, reducing muscle circumference and modulating the decline in muscle peak torque of knee extensor muscles which were similar to that observed in active recovery alone.

(Journal of Sports Science and Technology 2018; 18(2): 61-72)

Key words: Recovery / Exercise-induced muscle soreness / Compression band / Plyometric

*Corresponding author: Thanawat KITSUKSAN

Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Science,

Thammasat University, Pathum thani 12120

E-mail: Thanawat.k@allied.tu.ac.th

**ผลของการใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นฟูแบบแอคทีฟขณะคลานที่มีต่อกล้ามเนื้อเหยียดเข่า
ภายหลังการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้ออักเสบในนักศึกษายไทยสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ**

ธวัชณันท์ กิจสุขสันต์* ธมนวรรณ ขวัญน้อย นฐพล จิรสกุลสุข และวิภาดา ทวีนิกร

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นฟูแบบแอคทีฟที่มีต่อกล้ามเนื้อเหยียดเข่าภายหลังการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้ออักเสบในนักศึกษายไทยสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ

วิธีการ: นักศึกษายไทยสุขภาพดีที่มีระดับกิจกรรมทางกายระดับต่ำอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 20 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มแบบสุ่ม เพื่อฟื้นฟูด้วยการใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นฟูแบบแอคทีฟ และฟื้นฟูแบบแอคทีฟ เป็นเวลา 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกายด้วยการกระโดดตบรอบจัมพ์ 10x10 ครั้ง จากความสูง 0.6 เมตร เพื่อทำให้เกิดกล้ามเนื้ออักเสบ โดยดัชนีชี้วัดทางอ้อมของกล้ามเนื้ออักเสบ (ระดับความเจ็บปวด, ความยาวเส้นรอบวงต้นขา และแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า) ถูกวัดก่อนและหลังออกกำลังกาย 1, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการศึกษา: ภายหลังการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง ทั้งสองกลุ่มมีระดับความเจ็บปวดและความยาวเส้นรอบวงต้นขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($p < 0.05$) แต่พบว่าแรงบิดสูงสุดในกล้ามเนื้อเหยียดเข่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของช่วงเวลาระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดช่วงระยะเวลาของการฟื้นฟู ($p > 0.05$)

สรุปผลการศึกษา: การประยุกต์ใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นฟูแบบแอคทีฟไม่มีผลต่อการรับรู้ระดับความเจ็บปวด ความยาวเส้นรอบวงต้นขา และอัตราการเสื่อมถอยแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าภายหลังการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้ออักเสบซึ่งผลดังกล่าวไม่แตกต่างจากการใช้การฟื้นฟูแบบแอคทีฟเพียงอย่างเดียว

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2561; 18(2): 61-72)

คำสำคัญ: การฟื้นฟู/ กล้ามเนื้ออักเสบ/ แถบแรงกด/ พัลส์โอเมตริก

บทนำ

กล้ามเนื้อกระบวมมักเกิดขึ้นระหว่าง 24-48 ชั่วโมงภายหลังการออกกำลังกายและอาจแสดงอาการนานหลายวัน อาการกระบวมจะมากขึ้นหรือน้อยขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณและความหนักของการฝึกออกกำลังกาย ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มนักกีฬาเท่านั้น แต่สามารถเกิดขึ้นได้กับทุกคนที่ออกกำลังกายอย่างหนัก โดยเฉพาะในผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำเมื่อออกกำลังกายอย่างหักโหมจะทำให้กล้ามเนื้อกระบวมได้ง่ายกว่านักกีฬา¹ กล้ามเนื้อกระบวมถูกจัดเป็นการบาดเจ็บทางการกีฬาที่พบได้บ่อย ซึ่งจัดเป็นการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยมีอาการแสดง คือ พบจุดกดเจ็บ อาจมีการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อ มีอาการบวม อาการปวด และกล้ามเนื้อสูญเสียความแข็งแรง โดยกลไกการเกิดกล้ามเนื้อกระบวมที่แท้จริงนั้นยังไม่ทราบสาเหตุ แต่ส่วนมากพบในการออกกำลังกายแบบเอกเซนตริกซึ่งมีการทำลายส่วนประกอบโครงสร้างภายนอกเซลล์กล้ามเนื้อรวมทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะบริเวณซาร์โคเมียร์ซึ่งเป็นจุดเกาะของแอกตินและไมโอซินเกิดการถ่างออกจากกันมากกว่าปกติ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ การสะสมของของเสีย และทำให้เกิดอาการกระบวม² แม้ว่าอุบัติการณ์ของอาการกระบวมของกล้ามเนื้อจะสูงขึ้น แต่ยังพบว่าในอดีตจนถึงปัจจุบันมีวิธีการต่างๆ ที่เข้ามามีบทบาทในป้องกันหรือบรรเทาอาการกระบวมของกล้ามเนื้อแต่ยังไม่มีข้อสรุปว่าวิธีการใดเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด³

การฟื้นตัวแบบแอคทีฟ (Active recovery) เป็นรูปแบบหนึ่งของการฟื้นคืนสภาพของร่างกายสู่สภาวะปกติ ซึ่งมักใช้ภายหลังการออกกำลังกาย เช่น การเดินช้า การปั่นจักรยาน เป็นต้น โดยพบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มการไหลเวียนของเลือดซึ่งช่วยนำเลือดที่มีของเสียจากส่วนปลายของแขนและขากลับเข้าสู่หัวใจ มีผลเพิ่มการดูดซึมออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ และช่วยกำจัดของเสีย (กรดแลคติก) ที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ⁴ นอกจากนี้ยังช่วยเร่งกระบวนการอักเสบให้เกิดขึ้น⁵ และช่วยลดอาการปวดที่เกิดจากการกระตุ้นตัวรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด⁶ รวมทั้งช่วยลดอาการล้าของกล้ามเนื้อ⁷ ในทางการกีฬายังพบว่าการฟื้นตัวแบบแอคทีฟนั้นมีประโยชน์ต่อนักกีฬา ซึ่งการฟื้นตัวสู่สภาวะปกติของร่างกายจึงถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสังเกตการตอบสนองของนักกีฬาหรือผู้ที่ออกกำลังกายทั้งในระหว่างการฝึก ขณะพัก รวมทั้งการฟื้นตัว

การประยุกต์ใช้แรงกด (compression) ถูกนำมารักษาอาการอักเสบของกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลันภายหลังการออกกำลังกายที่สามารถทำให้กล้ามเนื้อกระบวม⁸ โดยพบว่า การประยุกต์ด้วยการสวมใส่เสื้อผ้าที่ให้แรงกด (Compression garments) สามารถเพิ่มการไหลเวียนกลับของเลือดซึ่งเป็นผลจากแรงกดกระทำต่อหลอดเลือดที่อยู่ในชั้นต้นของผิวหนัง และเพิ่มการกรองของหลอดเลือดที่อยู่ในชั้นลึกของผิวหนัง⁹ นอกจากนี้ยังช่วยลดอาการล้า ลดความเสื่อมถอยของกล้ามเนื้อในระหว่างการแข่งขัน¹⁰ และช่วยเร่งอัตราการฟื้นตัวของนักกีฬาโดยช่วยพองเนื้อเยื่อให้อยู่ใกล้เคียงสภาวะปกติ¹¹ ในปัจจุบันนอกเหนือจากการสวมใส่เสื้อผ้าที่ให้แรงกด นักวิจัยได้นำแถบยางยืด (Rubber band) มาพันรัดบริเวณข้อต่อและกล้ามเนื้อมากขึ้น (tissue flossing) ซึ่งเป็นวิธีการเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ และฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายภายหลังการบาดเจ็บ รวมทั้งเพิ่มสมรรถภาพทางการกีฬา กลไกของแถบแรงกด (แถบยางยืด) นั้นยังไม่เป็นที่ประจักษ์ แต่มีการพูดถึงสิ่งที่น่าสนใจไปได้ คือ การให้แรงกดทำให้เกิดแรงเฉือนในเนื้อเยื่อพังผืด (Fascial shearing) และส่งเสริมการไหลเวียนกลับของเลือดไปยังกล้ามเนื้อเมื่อปลดแถบแรงกดออก (Reperfusion) ซึ่งมีวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การพันรัดแถบแรงกดบริเวณข้อเท้าของนักกีฬาสามารถทำให้กระโดดได้สูงขึ้น โดยส่งผลต่อกำลังกล้ามเนื้อ และช่วงมุมการเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้น¹² การพันรัดแถบแรงกดส่งผลต่อการไหลเวียนเลือดซึ่งการเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังบริเวณที่มีการอุดตันจึงช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางการกีฬา¹³ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแถบแรงกดจากยางยืดที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมนั้นยังปรากฏไม่มากนัก จึงเป็นที่น่าสนใจ

ว่าการประยุกต์ใช้แถบแรงกดให้แก่งกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายอาจส่งผลดีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อรวมทั้งการฟื้นตัวหากการออกกำลังกายดังกล่าวสามารถทำให้กล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บและแสดงอาการระบม ซึ่งการให้แรงกดยังคงเป็นวิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่ปัจจุบันยังคงถือปฏิบัติในกรณีที่มีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลัน¹⁴

แม้ว่าอุบัติการณ์ของกล้ามเนื้อระบมจะสูงขึ้น แต่ยังไม่พบว่ามีวิธีการป้องกันหรือการรักษากล้ามเนื้อระบมนั้นๆ ยังไม่เป็นที่ประจักษ์ และยังไม่เคยมีการศึกษาใดได้ศึกษาถึงวิธีบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบมด้วยการใช้แถบแรงกดที่ทำจากยางยืดบริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่าภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมมาก่อน ซึ่งการประยุกต์ใช้แถบแรงกดอาจมีส่วนช่วยให้การฟื้นคืนสภาพสู่สภาวะปกติภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักเกิดเร็วขึ้น ทั้งยังเป็นวิธีที่ง่าย และสะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้ภายหลังการออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังเพิ่มทางเลือกในการป้องกันและรักษากล้ามเนื้อที่ระบมรวมทั้งสามารถนำไปใช้พัฒนาองค์ความรู้หรือทำวิจัยของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไปจึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟภายหลังการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้อระบมที่มีต่อการรับรู้ระดับความเจ็บปวด ความยาวเส้นรอบวงของต้นขา และแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในนักศึกษาชายไทยสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำอายุระหว่าง 18-25 ปี

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลองทางคลินิก (Randomized control clinical trial) ในนักศึกษาชายไทยสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำจำนวน 20 คน เกณฑ์การคัดเลือก คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) เพศชายอายุระหว่าง 18 – 25 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีระดับกิจกรรมทางกายระดับต่ำจากการใช้แบบสอบถามสากลด้านการมีกิจกรรมทางกาย (GPAQ) ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม (PAR-Q) ไม่ได้ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในช่วงเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ เกณฑ์การคัดออก คือ มีปัญหาระบบกระดูกและกล้ามเนื้อภายในระยะเวลา 6 เดือนที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายด้วยการกระโดด ไม่ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม และเกณฑ์การยุติ คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบมนอกเหนือจากการฟื้นตัวด้วยแถบแรงกด และการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ หรือผู้เข้าร่วมวิจัยขอยุติ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยอ่านรายละเอียดและลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยซึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 3 สาขาวิทยาศาสตร์ (COA No. 003/2561) จากนั้นตอบแบบสอบถามข้อมูลสุขภาพทั่วไป แบบสอบถามสากลด้านการมีกิจกรรมทางกาย (GPAQ) รวมทั้งแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไปอายุ 16-69 ปี (PAR-Q) ผู้ที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกจำนวน 20 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากเป็น กลุ่มทดลอง คือ ใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ (n = 10) และกลุ่มควบคุม คือ ไม่ใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ (n = 10) จากนั้นทดสอบการรับรู้ระดับความเจ็บปวด ความ

ยาวเส้นรอบวงต้นขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย 1, 24, 48, 72, และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ ผู้เข้าร่วมวิจัยถูกร้องขอให้ดัดเครื่องดัดที่ผสมคาเฟอีนหรือสารให้พลังงานต่างๆ ดทานอาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมง และงดออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ โดยทุกขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอยู่ ณ อาคารราชสุดา ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)

การประเมินอาการแสดงกล้ามเนื้อระบบ

1. การวัดระดับการรับรู้การปวด¹⁵ ทำการประเมินโดยใช้ Visual analog scale (VAS) ขณะทำสควอทโดยให้เข่างอประมาณ 90 องศา จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยทำเครื่องหมายบนแถบวัดระดับความเจ็บปวดความยาว 100 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้หมายเลข 0 หมายถึง ไม่มีอาการปวด และหมายเลข 10 หมายถึง มีอาการปวดรุนแรงมากที่สุด ซึ่งจะมีการวัดซ้ำก่อนและหลังการออกกำลังกาย

2. การวัดความยาวเส้นรอบวงต้นขา¹⁶ ทำการประเมินโดยใช้สายวัดเพื่อวัดอาการบวมของกล้ามเนื้อโดยทำเครื่องหมายบริเวณกึ่งกลางระหว่าง Greater trochanter และ Lateral epicondyle ของกระดูกฟิเมอร์เฉพาะขาข้างที่ถนัดเท่านั้น จากนั้นนำสายวัดวัดค่าจุดกึ่งกลางระหว่างทั้งสองจุด แล้วทำการวัดความยาวเส้นรอบวงต้นขาบริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างทั้งสองจุด ซึ่งผู้วัดจะไม่ทราบกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นอยู่ที่ 0.993 ทำการวัด 3 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้า (แรงบิดเชิงมุมสูงสุด)¹⁷ ทำการประเมินด้วยเครื่อง Isokinetic Dynamometer Biodex System III เพื่อประเมินค่า Peak torque ในรูปแบบ conventional คือ H(con)/Q(con) เฉพาะขาข้างที่ถนัดเท่านั้น โดยตั้งค่าความเร็วเท่ากับ 60 องศา/วินาที มุมเริ่มต้นจาก 90 - 10 องศา จากท่างอเข้ามาเหยียดเข้าเพื่อลดความตึงตัวจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังจึงกำหนดพิสัยการเคลื่อนไหวทั้งหมด 80 องศา โดยทดสอบกล้ามเนื้อเหยียดเข้าจำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ด้วยความหนักแบบเกือบสูงสุดจำนวน 6 ครั้ง พัก 1 นาที จากนั้นทดสอบชุดที่ 2 ด้วยความหนักแบบสูงสุดจำนวน 4 ครั้ง โดยก่อนและหลังการทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยได้ยืดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมพร้อมและป้องกันการบาดเจ็บ

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่ทำให้กล้ามเนื้อระบบ¹⁸

ผู้วิจัยอธิบายและสาธิตวิธีการกระโดดอย่างละเอียด และควบคุมการออกกำลังกายเป็นรายบุคคล กำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่รองเท้ากีฬาเพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่า ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนบนกล่องสูง 0.6 เมตร ก้าวเท้าข้างที่ถนัดให้พ้นขอบกล่องเล็กน้อย จากนั้นทิ้งตัวลงบนพื้นยางสังเคราะห์เพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่าโดยให้ฝ่าเท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นขณะที่ข้อเข่างอประมาณ 90 องศา เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดเข้า จากนั้นกระโดดขึ้นให้เร็วที่สุดและสูงที่สุด นับเป็น 1 ครั้ง กระโดดซ้ำ 10 ครั้ง/เซต จำนวน 10 เซต มีเวลาพัก 10 วินาที/ครั้ง และพัก 1 นาที/เซต ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายเฉพาะวันแรกเท่านั้น และได้รับการฟื้นฟูตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าทันทีภายหลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลง

การฟื้นตัวกล้ามเนื้อที่ระบบภายหลังการออกกำลังกาย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มทดลองใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟ ในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่ได้ใช้แถบแรงกด ผู้เข้าร่วมวิจัยฟื้นตัวโดยใช้เวลา 30 นาทีเท่ากันทั้งสองกลุ่มเพียงครั้งเดียวหลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลงซึ่งกลุ่มทดลองได้รับการกำหนดตำแหน่งในการฟื้น โดยวัดความยาวจาก Greater trochanter และ Lateral epicondyle ของกระดูกฟิเมอร์เฉพาะขาข้างที่ถนัดเท่านั้นแล้วแบ่งต้นขาออกเป็น 3 ส่วน โดยใช้ปากกาทำเครื่องหมายระบุขอบเขตของต้นขาทั้ง 3 ส่วน กำหนดให้

บริเวณต้นขาส่วนล่างเป็นตำแหน่งที่ 1 ส่วนกลางเป็นตำแหน่งที่ 2 และส่วนบนเป็นตำแหน่งที่ 3 จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนจักรยานวัดงาน Monark รุ่น 818E ประเทศสวีเดน ผู้วิจัยพันแถบแรงกด (Flossband, Wellkang, Malaysia) ซึ่งยาว 2.1 เมตร กว้าง 5 เซนติเมตร และหนา 1.3 มิลลิเมตร ไปบริเวณตำแหน่งที่ 1 ของต้นขา โดยได้ดัดแปลงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ซึ่งการพันทุกครั้งจะให้แรงกดเฉพาะทางด้านหน้าของต้นขาข้างที่ถนัดเพียงด้านเดียวเท่านั้นโดยออกแรงดึงที่ความยาวประมาณ 50% ของแถบยางยืด และพันทับกัน 1 ใน 2 ของแถบยางยืด โดยพันจากส่วนปลายเข้าหาส่วนต้น¹⁹ จากนั้นปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 25 วัตต์ อัตรารอบ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที (การปั่นตัวแบบแอคทีฟขณะคลุมตัว) จึงปลดแถบยางยืดออกแล้วให้นั่งพักบนจักรยาน 5 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำซ้ำในตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 ของต้นขา ตามลำดับ โดยใช้วิธีการเดียวกันกับตำแหน่งที่ 1 ของต้นขา (ระยะเวลาปั่นจักรยานวัดงาน 15 นาที และนั่งพักบนจักรยานวัดงาน 15 นาที) ในกลุ่มควบคุมได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก 25 วัตต์ อัตรารอบ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นให้นั่งพักบนจักรยาน 5 นาที และทำซ้ำอีกจำนวน 2 ครั้ง เพื่อให้มีระยะเวลาปั่นตัวเท่ากัน ผู้เข้าร่วมวิจัยถูกร้องขอให้ชีวิตประจำวัน รับประทานอาหารและเครื่องดื่มตามปกติ และหลีกเลี่ยง (ห้าม) รักษาหรือบรรเทาอาการกล้ามเนื้ออักเสบ เช่น รับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ นวด ประคบเย็น ประคบร้อน แช่น้ำอุ่น/น้ำเย็น ออกกำลังกาย หรือยืดกล้ามเนื้อ เป็นต้น นอกเหนือจากการปั่นตัวด้วยแถบแรงกด และการปั่นตัวแบบแอคทีฟ (การปั่นจักรยาน) เพื่อป้องกันปัจจัยรบกวนที่อาจส่งผลให้การทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน ซึ่งในวันทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่รับประทานเครื่องดื่มที่ผสมคาเฟอีนหรือสารให้พลังงานต่าง ๆ ไม่รับประทานอาหารหรือออกกำลังกายอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ รวมทั้งไม่ดื่มน้ำอย่างน้อย 30 นาทีก่อนเข้ารับการทดสอบและขณะทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแปรการรับรู้ระดับอาการปวด ความยาวเส้นรอบวงต้นขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าโดยใช้สถิติแบบ Non-parametric statistics เนื่องจากข้อมูลกระจายตัวไม่ปกติจึงวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Mann-Whitney U test และวิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มด้วย Friedman test เมื่อพบความแตกต่างจะทดสอบเป็นรายคู่ด้วย Wilcoxon's signed rank tests โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และใช้โปรแกรม SPSS Version 19 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 2 กลุ่ม ทำการทดสอบครบตลอดช่วงระยะเวลาวิจัย ได้แก่กลุ่มทดลองซึ่งใช้แถบแรงกดร่วมกับการปั่นตัวแบบแอคทีฟ และกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้แถบแรงกดร่วมกับการปั่นตัวแบบแอคทีฟ ก่อนการออกกำลังกายพบว่าลักษณะของข้อมูลพื้นฐานระหว่างกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

คุณลักษณะผู้เข้าร่วมวิจัย	กลุ่มทดลอง (จำนวน 10 คน)	กลุ่มควบคุม (จำนวน 10 คน)	ระดับนัยสำคัญ
อายุ (ปี)	20.50 ± 0.85	20.40 ± 1.26	0.968
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.17 ± 7.80	61.00 ± 7.13	0.344
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.50 ± 4.19	173.30 ± 5.22	0.543
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	21.00 ± 1.74	20.28 ± 1.91	0.405
การรับรู้ระดับอาการปวด (เซนติเมตร)	1.30 ± 1.31	0.84 ± 1.26	0.396
ความยาวเส้นรอบวงต้นขา (เซนติเมตร)	50.35 ± 4.39	48.94 ± 4.02	0.384
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	151.60 ± 19.46	162.33 ± 32.62	0.520
ระดับกิจกรรมทางกาย(GPAQ: 0 - 600)	252.00 ± 173.89	232.00 ± 198.71	0.848

ภายหลังการออกกำลังกายพบว่า อาการปวดระดับของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า คือ ควอดไตรเซปส์ ฟิมอริสของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (กลุ่มทดลองหลัง 1, 24 และ 48 ชั่วโมง และกลุ่มควบคุมหลัง 1, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง) ($p < 0.05$) ซึ่งพบว่าปวดระดับสูงสุดในช่วง 24 ชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายหลังการออกกำลังกายพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ความยาวเส้นรอบวงต้นขาทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (กลุ่มทดลองหลัง 1, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง และกลุ่มควบคุมหลัง 24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายหลังการออกกำลังกายพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (กลุ่มทดลองหลัง 1, 24, และ 48 ชั่วโมง และกลุ่มควบคุมหลัง 1, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง) ($p < 0.05$) โดยพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงต่ำสุดในช่วง 24 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายหลังออกกำลังกายกลับพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ข้อมูลการรับรู้ระดับอาการปวด ความยาวเส้นรอบวงต้นขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการรับรู้ระดับอาการปวด ความยาวเส้นรอบวงต้นขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การรับรู้ระดับอาการปวด (เซนต์ิเมตร)				ความยาวเส้นรอบวงต้นขา (เซนต์ิเมตร)				ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)			
ช่วงเวลา	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	ระดับ นัยสำคัญ	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	ระดับ นัยสำคัญ	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	ระดับ นัยสำคัญ	กลุ่มทดลอง	ระดับ นัยสำคัญ
ก่อนออก กำลังกาย	1.30 $\pm$ 1.31	0.84 $\pm$ 1.26	0.396	50.35 $\pm$ 4.39	48.94 $\pm$ 4.02	0.384	151.60 $\pm$ 19.46	162.33 $\pm$ 32.62		0.520	
ภายหลัง 1 ชั่วโมง	4.21 $\pm$ 3.04 †	4.03 $\pm$ 2.04 †	0.850	50.87 $\pm$ 4.39 †	49.08 $\pm$ 3.94	0.290	122.19 $\pm$ 25.74 †	117.05 $\pm$ 33.71 †		0.762	
ภายหลัง 24 ชั่วโมง	4.92 $\pm$ 3.81 †	6.67 $\pm$ 2.86 †#	0.289	51.06 $\pm$ 4.35 †	49.84 $\pm$ 3.67 †#	0.345	105.73 $\pm$ 31.03 †#	100.44 $\pm$ 34.28 †#		0.571	
ภายหลัง 48 ชั่วโมง	3.92 $\pm$ 3.60 †	6.31 $\pm$ 3.29 †#	0.186	51.14 $\pm$ 4.08 †	50.09 $\pm$ 3.91 †#	0.496	117.22 $\pm$ 34.52 †	112.59 $\pm$ 41.94 †§		0.762	
ภายหลัง 72 ชั่วโมง	3.42 $\pm$ 2.65 §	4.69 $\pm$ 2.56 †§†	0.364	50.96 $\pm$ 4.04 ††	49.98 $\pm$ 3.78 †#	0.450	121.62 $\pm$ 41.65	113.95 $\pm$ 37.22 †§		0.762	
ภายหลัง 96 ชั่วโมง	1.86 $\pm$ 1.97 #§†×	2.30 $\pm$ 2.04 †#§†×	0.471	50.95 $\pm$ 4.05 †	49.21 $\pm$ 4.34	0.226	124.51 $\pm$ 31.97	122.36 $\pm$ 43.87 †§		0.762	

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการออกกำลังกาย ($p < 0.05$)

ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 1 ชั่วโมง ($p < 0.05$)

§ ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง ($p < 0.05$)

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 48 ชั่วโมง ($p < 0.05$)

× ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง ($p < 0.05$)

อภิปรายผล

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกด้วยการกระโดดตบ 100 ครั้ง ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมโดยสังเกตจากการรับรู้การปวด และความยาวเส้นรอบวงต้นขาเพิ่มขึ้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงในช่วง 24-96 ชั่วโมงภายหลังออกกำลังกาย สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้^{18,20} ที่มีรูปแบบการออกกำลังกายทำให้เกิดการทำลายของกล้ามเนื้อ

อาการปวดระบมของกล้ามเนื้อทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้¹⁸ ที่ใช้ทางเดินรูปบริเวณต้นขาภายหลังออกกำลังกายในหญิงสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายปานกลาง โดยพบว่าอาการปวดระบมจะสูงสุดหลังออกกำลังกายในช่วง 24-48 ชั่วโมง และเริ่มฟื้นตัวภายหลัง 48 ชั่วโมง ซึ่งอาการปวดระบมในกลุ่มทดลองมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุมภายหลัง 1 ชั่วโมงเป็นต้นไปอาจเป็นผลมาจากการให้แรงกดช่วยลดการรับรู้ระดับความเจ็บปวดได้ โดยอาจมีส่วนช่วยพุงและคงการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อ^{11,21} ช่วยลดการกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดผ่านการสัมผัส จึงส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกซึ่งมีแนวโน้มที่ดีกว่าหรือไม่ดีไปกว่าการไม่ให้แรงกด²² แต่อาการปวดระบมของการศึกษานี้ขัดแย้งกับความยาวเส้นรอบวงต้นขาเนื่องจากกล้ามเนื้อมักจะมีอาการปวด เมื่อเกิดอาการบวมจากกระบวนการอักเสบ ซึ่งการให้แรงกดส่งผลต่ออาการบวมของกล้ามเนื้อระหว่างทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่าการวัดระดับความเจ็บปวดนั้นเป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับจิตวิสัยซึ่งอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของการรับรู้และประสบการณ์แต่ละบุคคล²³ ความยาวเส้นรอบวงต้นขาของทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการอักเสบ และทำให้เกิดอาการบวมขึ้นหลังจากกล้ามเนื้อถูกทำลาย ผลจากการใช้แถบแรงกดพบว่า กลุ่มทดลองมีอาการบวมทันทีภายหลังออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง และมีอาการบวมสูงสุดที่ 24 ชั่วโมงต่อเนื่องไปจนถึง 96 ชั่วโมง ในขณะที่กลุ่มควบคุมแสดงอาการบวมภายหลัง 24 ชั่วโมงและบวมสูงสุดที่ 48 ชั่วโมง และลดลงเมื่อผ่านไป 96 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าแรงกดจากแถบยางยืดครั้งสุดท้ายบริเวณต้นขาส่วนบนอาจทำให้เกิดอาการบวมบริเวณต้นขาส่วนกลางซึ่งถูกใช้เป็นตำแหน่งวัดความยาวรอบวงของต้นขา จึงอาจกล่าวได้ว่าการให้แรงกดที่ไม่สามารถครอบคลุมต้นขาทั้งหมด ส่งผลทำให้เกิดอาการบวมเหนือต่อและใต้ต่อบริเวณที่ให้แรงกดได้²⁴ จึงพบว่ากลุ่มทดลองมีอาการบวมเกิดขึ้นเร็วและต่อเนื่อง ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอาการบวมช้ากว่าจากสาเหตุที่ไม่มีการอุดกั้นการไหลเวียนของเลือดขณะปั่นจักรยาน อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Kim²⁵ ที่ได้ศึกษา ผลของการสวมปลอกแขนที่มีต่อกล้ามเนื้อข้อศอกภายหลังการออกกำลังกายแบบเอกเซนทริก จำนวน 2 เซต เซตละ 25 ครั้ง พบว่า การสวมใส่เสื้อผ้าที่ให้แรงกดทันทีภายหลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลต่อระดับครีเอทีน ไคเนส ซึ่งสะท้อนถึงการถูกทำลายของกล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้แรงกดอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่าการตอบสนองของกระบวนการอักเสบอาจไม่มีความสัมพันธ์ในการช่วยบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบมที่เกิดจากการใช้แรงกด

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าทั้ง 2 กลุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลัง 24-48 ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้¹⁸ ที่ได้ศึกษาในหญิงสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายเป็นประจำโดยพบว่ากล้ามเนื้อจะเริ่มฟื้นตัวใกล้เคียงปกติภายหลัง 48 ชั่วโมง แต่ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มทดลองเริ่มฟื้นตัวกล้ามเนื้อไม่แตกต่างจากค่าพื้นฐานภายหลัง 72 ชั่วโมง จึงอาจกล่าวได้ว่า ผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำจะมีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อในอัตราที่ต่ำกว่าผู้ที่ระดับกิจกรรมทางกายปานกลางหรือสูงเมื่อใช้ความหนักของการออกกำลังกายเท่ากันจึงทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อได้มากกว่า¹ อย่างไรก็ตามแม้ไม่พบความแตกต่างของช่วงเวลาระหว่างกลุ่มหลังการออกกำลังกาย แต่เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มพบว่า กลุ่มทดลอง สามารถฟื้นตัวกลับเข้าสู่ค่าพื้นฐานในช่วง 72 และ 96 ชั่วโมง ซึ่งการให้แรงกด

อาจช่วยลดความเสียหายของโครงสร้างพื้นฐาน ช่วยคงการจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อ และจำกัดการเคลื่อนไหวโดยช่วยลดการสั่นสะเทือนขณะที่กล้ามเนื้อทำงานหรือขณะฟื้นตัว²⁶ ความแข็งแรงยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อสมรรถภาพของนักกีฬา ซึ่งการบรรเทาความแข็งแรงอาจทำให้เพิ่มโอกาสการเกิดการบาดเจ็บในระหว่างการฝึก ขณะพัก รวมทั้งการฟื้นตัว ดังนั้นการประยุกต์ใช้แถบแรงกดจากยางยืดอาจมีแนวโน้มที่ดีกว่าหรือไม่ดีไปกว่าการไม่ให้แรงกด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า การประยุกต์ใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่ทำให้กล้ามเนื้อรอบเข่าสามารถช่วยฟื้นคืนสู่สภาวะปกติของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าได้ไม่แตกต่างจากการฟื้นตัวแบบแอคทีฟเพียงอย่างเดียว ซึ่งสะท้อนจากระดับการรับรู้การปวดระบม และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าสามารถฟื้นคืนตัวกลับเข้าสู่ค่าพื้นฐานได้เร็วกว่าภายหลัง 72 ชั่วโมงเป็นต้นไป แต่ไม่ได้ส่งผลต่อขนาดความยาวเส้นรอบวงต้นขา ในขณะที่การฟื้นตัวแบบแอคทีฟเพียงอย่างเดียวส่งผลต่อขนาดความยาวเส้นรอบวงต้นขาภายหลัง 96 ชั่วโมงเท่านั้น อย่างไรก็ตามการใช้แถบแรงกดร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟนั้นมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างไปจากการฟื้นตัวด้วยการทำแอคทีฟเนื่องจากไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของช่วงเวลาระหว่างทั้งสองวิธีการตลอดระยะเวลาการฟื้นตัว

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สำหรับการประยุกต์ใช้อาจมีข้อจำกัดเฉพาะกลุ่มประชากรชายอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ และการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาขนาดของแรงกดที่เกิดจากแถบยางยืดกระทำต่อกล้ามเนื้อเหยียดเข้าซึ่งผู้วิจัยคาดว่าขนาดของแรงกดอาจเป็นตัวแปรหลักที่สำคัญของการประยุกต์ใช้แถบแรงกด สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรศึกษาตัวแปรขนาดของแรงกด ตำแหน่งการพัน ชนิดหรือประเภทของแถบแรงกด ระยะเวลาของการฟื้นตัว รวมทั้งการประยุกต์ใช้ร่วมกับการฟื้นตัวแบบแอคทีฟด้วยเทคนิคอื่นๆ เช่น การเดิน การวิ่งเหยาะๆ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการอนุเคราะห์สถานที่สำหรับเก็บข้อมูลวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์วิจัย และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Bogdanis GC. Effects of Physical Activity and Inactivity on Muscle Fatigue. *Front Physiol.* 2012; 3:142.
2. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003;33(2):145-64.
3. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):197-208.

4. Koizumi K, Fujita Y, Muramatsu S, Manabe M, Ito M, Nomura J. Active recovery effects on local oxygenation level during intensive cycling bouts. *J Sports Sci.* 2011;29(9):919-26.
5. Peake JM, Roberts LA, Figueiredo VC, Egner I, Krog S, Aas SN, et al. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *J Physiol.* 2017;595(3):695-711.
6. Farias Junior LF, Browne RAV, Frazao DT, Dantas TCB, Silva PHM, Freitas RPA, et al. Effect of low-volume high-intensity interval exercise and continuous exercise on delayed-onset muscle soreness in untrained healthy males. *J Strength Cond Res.* 2017.
7. Mika A, Oleksy L, Kielnar R, Wodka-Natkaniec E, Twardowska M, Kaminski K, et al. Comparison of Two Different Modes of Active Recovery on Muscles Performance after Fatiguing Exercise in Mountain Canoeist and Football Players. *PLoS One.* 2016;11(10):e0164216.
8. Kraemer WJ, French DN, Spiering BA. Compression in the treatment of acute muscle injuries in sport: review article. *Int J Sport Med.* 2004;5(3):200-8.
9. O'Donnell TF, Jr., Rosenthal DA, Callow AD, Ledig BL. Effect of elastic compression on venous hemodynamics in postphlebitic limbs. *JAMA.* 1979;242(25):2766-8.
10. Goto K, Morishima T. Compression garment promotes muscular strength recovery after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(12):2265-70.
11. Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006;40(3):260-3.
12. Driller MW, Overmayer RG. The effects of tissue flossing on ankle range of motion and jump performance. *Phys Ther Sport.* 2017;25(Supplement C):20-4.
13. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol.* 2006;101(6):1616-22.
14. Natsis K, Lyrtzis C, Noussios G, Papathanasiou E, Anastasopoulos N, Totlis T. Bilateral rectus femoris intramuscular haematoma following simultaneous quadriceps strain in an athlete: a case report. *J Med Case Rep.* 2010;4:56.
15. Marginson V, Rowlands AV, Gleeson NP, Eston RG. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *J Appl Physiol.* 2005;99(3):1174-81.
16. Page W, Swan R, Patterson SD. The effect of intermittent lower limb occlusion on recovery following exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial. *J Sci Med Sport.* 2017;20(8):729-33.
17. Perrin DH. Isokinetic exercise and assessment. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers; 1993.

18. Jakeman JR, Byrne C, Eston RG. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(6):1137-44.
19. Megan H, Keith R, Ethan S, Katie S, Ryan VL. The Effects of Compression Band Treatment on Muscle Recovery after Eccentric Fatiguing Exercise [Color poster with tables, charts, and images]. 2014 [Cited 2018 Jun 29]. Access from: <http://digital.library.wisc.edu/1793/71051>
20. Highton JM, Twist C, Eston RG. The Effects of Exercise-Induced Muscle Damage on Agility and Sprint Running Performance. *J Exerc Sci Fit.* 2009;7(1):24-30.
21. Kraemer WJ, Bush JA, Wickham RB, Denegar CR, Gomez AL, Gotshalk LA, et al. Influence of compression therapy on symptoms following soft tissue injury from maximal eccentric exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(6):282-90.
22. MacRae BA, Laing RM, Niven BE, Cotter JD. Pressure and coverage effects of sporting compression garments on cardiovascular function, thermoregulatory function, and exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1783-95.
23. Coghill RC, McHaffie JG, Yen YF. Neural correlates of interindividual differences in the subjective experience of pain. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003;100(14):8538-42.
24. Todd M. Compression bandaging: types and skills used in practical application. *Br J Nurs.* 2011;20(11):681-2, 4, 6-7.
25. Kim J, Kim J, Lee J. Effect of compression garments on delayed-onset muscle soreness and blood inflammatory markers after eccentric exercise: a randomized controlled trial. *J Exerc Rehabil.* 2017;13(5):541-5.
26. Brown F, Gissane C, Howatson G, van Someren K, Pedlar C, Hill J. Compression Garments and Recovery from Exercise: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2017;47(11):2245-67.