การเปรียบเทียบผลระหว่างการนอนหงายยกขาสูงและการนอนหงายต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ

ธนวัฒน์ กิจสุขสันต์ จิดาภา ฉัตรนิติพร เบญจมาศ ศรีหะราช และจิรนันท์ จิตรีงาม
ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างการนอนหงายยกขาสูงและการนอนหงายต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก

วิธีดำเนินการวิจัย ชายสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำจำนวน 16 คน ถูกสุ่มให้อยู่ในท่านอนหงายยกขาสูง 45 องศา หรือท่านอนหงาย 30 นาทีต่อวัน จำนวน 5 วัน หลังการกระโดดดร็อบจัมพ์จำนวน 100 ครั้ง จากความสูง 0.6 เมตร เพื่อทำให้กล้ามเนื้อระบม โดยดัชนีชี้วัดทางอ้อมของกล้ามเนื้อระบม (ระดับความเจ็บปวด, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า) ถูกวัดซ้ำก่อนและหลังออกกำลังกายเป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง

ผลการวิจัย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าภายหลัง 96 ชั่วโมง ในกลุ่มนอนหงายยกขาสูงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มนอนหงาย ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของช่วงเวลาต่อตัวแปรระดับความเจ็บปวดและความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดช่วงระยะของการฟื้นตัว ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย การฟื้นตัวด้วยการนอนหงายยกขาสูงมีแนวโน้มบรรเทาอาการกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระบมหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกได้ดีกว่าการนอนหงาย

คำสำคัญ: การฟื้นตัว/ กล้ามเนื้อระบม/ พลัยโอเมตริก

Corresponding Author : อาจารย์ธนวัฒน์ กิจสุขสันต์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี
E-mail: stoickhwan@gmail.com

COMPARISON OF EFFECTS BETWEEN SUPINE LYING WITH LEGS ELEVATED AND SUPINE LYING ON KNEE MUSCLE RECOVERY AFTER PLYOMETRIC EXERCISE IN LOW-ACTIVE HEALTHY MALE

Thanawat Kitsuksan, Jidapa Chatnitiporn, Benjamas Srihara and Jiranant Jitreengarm

Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University

Abstract

Purpose The purpose of this study was to compare the effects of supine lying with and without legs elevation on knee muscle recovery after plyometric exercise.

Methods Sixteen low-active healthy males were randomly allocated to supine lying with legs elevated 45 degree (n=8) or a supine lying (n=8) position for 30 minutes per day that lasted 5 days after completed 100 drop jumps from a 0.6-m box to induce muscle soreness. Indirect indices of muscle soreness (Pain scale, Peak torque, Hamstring/Quadriceps ratio) were assessed before and 24, 48, 72, and 96 hours post-exercise.

Results Supine lying with legs elevated position showed statistical significant difference in peak torque of knee extensor by 96 hours compared with supine lying position. ($p<0.05$) However, there were no statistically significant differences in time between groups throughout the recovery period on pain scale and Hamstring/Quadriceps ratio variables.

Conclusions Supine lying with legs elevated tends to attenuate the sign of delayed-onset muscle soreness of knee extensor following plyometric exercise compared with supine lying position.

Keywords: Recovery/ Delayed onset of muscle soreness/ Plyometric

Corresponding Author : Thanawat Kitsuksan, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University, Pathum thani, Thailand; E-mail: stoickhwan@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกกำลังกายในท่าทางที่ไม่คุ้นเคยหรือมีการเพิ่มความหนักและปริมาณของการออกกำลังกายมากขึ้นอาจทำให้เกิดอาการระบมของกล้ามเนื้อ ซึ่งมักเกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบยืดยาวออก เช่น การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก (Miyama and Nosaka, 2004) โดยจะเกิดอาการสูงสุดระหว่าง 24-48 ชั่วโมงหลังออกกำลังกาย (Ebbeling and Clarkson, 1989) อาการระบมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและความหนักของการออกกำลังกาย ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มนักกีฬาเท่านั้น แต่สามารถเกิดได้กับทุกคนที่ออกกำลังกายอย่างหักโหมโดยเฉพาะในผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ (Cheung, Hume and Maxwell, 2003) การปรับตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นน้อยกว่านักกีฬาทำให้กล้ามเนื้อระบมได้ง่าย ซึ่งเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถในการออกกำลังกาย (Bogdanis, 2012) การเกิดกล้ามเนื้อระบมส่วนมากพบในการออกกำลังกายแบบเอกเซนทริกซึ่งมีการทำลายส่วนประกอบภายนอกเซลล์กล้ามเนื้อรวมทั้งเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะบริเวณซาร์โครเมียซึ่งเป็นจุดเกาะของแอคตินและไมโอซินเกิดการถ่างออกจากกันมากกว่าปกติ (Cheung, Hume and Maxwell, 2003) ซึ่งกระตุ้นให้เกิดกระบวนการอักเสบและการสะสมของของเสียโดยสารเคมีต่างๆ เหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวด (noxious stimulus) ผ่านตัวรับความรู้สึกเจ็บปวด (nociceptors) และทำให้เกิดสัญญาณประสาทเดินทางตามปลายประสาท III และ IV จนเกิดการตีความหมายของสมองว่ามีความเจ็บปวด (Stauber, 1989) กล้ามเนื้อระบมถูกจัดเป็นการบาดเจ็บทางการกีฬาที่พบได้บ่อย ซึ่งถือเป็นการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ (Safran, Seaber and Garrett, 1989) โดยมีอาการแสดง คือ พบจุดกดเจ็บ อาจมีการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนหรืออาการบวมเฉพาะที่ เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และกล้ามเนื้อสูญเสียความแข็งแรง นอกจากนี้ยังส่งผลต่อข้อต่อจากความไม่ความสมดุลของกลุ่มกล้ามเนื้อทำให้เสี่ยงต่อการบาดเจ็บซ้ำมากขึ้น (Rowlands, Eston and Tilzey, 2001) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องฟื้นตัวกล้ามเนื้อในระหว่างการฝึกแบบพลัยโอเมตริกช่วงระยะหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำ รวมทั้งช่วยลดความเครียดในเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ ของร่างกายที่ทำงานชดเชยกล้ามเนื้อที่ระบม (Chatzinikolaou, Fatouros, Gourgoulis, Avloniti, Jamurtas, Nikolaidis, et al., 2010) ในปัจจุบันมีวิธีการต่างๆ ที่เข้ามามีบทบาทในการป้องกันหรือบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบม เช่น การรักษาด้วยความร้อน การรักษาด้วยความเย็น การนวด การยืดกล้ามเนื้อ เป็นต้น (Connolly, Sayers and McHugh, 2003) แต่ยังไม่มีข้อสรุปว่าวิธีการใดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะมีการทรงท่าในท่าตั้งตรงซึ่งมีอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงกระทบต่อการกระจายปริมาณของเลือดภายในร่างกายโดยเฉพาะรยางค์ส่วนล่าง ในทางตรงกันข้ามเมื่อร่างกายเปลี่ยนจากท่าตั้งตรงเป็นท่านอนราบจะทำให้เลือดไหลเวียนกลับเข้าสู่หัวใจได้ดีขึ้นเนื่องจากร่างกายตอบสนองโดยการลดแรงต้านจากหลอดเลือดส่วนปลาย การไหลเวียนกลับของเลือดดำเพิ่มขึ้น หัวใจจึงทำงานน้อยลง การยรยางค์จึงทำให้เลือดดำที่รยางค์ส่วนล่างไหลกลับเข้าสู่บริเวณช่องอกได้มากขึ้น (Barak, Ovcin, Jakovljevic, Lozanov-Crvenkovic , Brodie and Grujic, 2011) (Larson, Smeltzer, Petrella and Jung, 2013) ในด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟูและกายภาพบำบัดพบว่า การยกรยางค์ส่วนล่างเมื่อเกิดการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬา ปัญหาของหลอดเลือด หรือภายหลังการผ่าตัด จะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายจากความดันภายในหลอดเลือดที่ลดลง เลือดออกน้อยลงจึงลดภาวะแทรกซ้อนจากบาดแผล

ทั้งยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนกลับของของเสียที่มีการคั่งค้างผ่านท่อน้ำเหลืองจึงช่วยลดอาการบวมจากการอักเสบ (Van den Bekerom, Struijs, Blankevoort, Welling, Van Dijk, and Kerkhoffs, 2012) โดยมุมองศาที่เหมาะสมในการยกรยางค์ส่วนล่างเพื่อหวังผลลดอาการบวมจะอยู่ระหว่าง 30–60 องศา หากยกสูงมากขึ้นยิ่งส่งผลช่วยลดอาการบวม โดยพบว่า 30 องศา ผู้ป่วยจะรู้สึกสบายมากที่สุด แต่พบว่า 90 องศา จะช่วยลดอาการบวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับท่านอนราบ แต่มุมดังกล่าวทำให้เกิดอาการปวดตึงต้นขาด้านหลังและบริเวณสะโพกในอาสาสมัคร (Liaw and Wong, 1989) การยกขาสูงจึงถูกจัดเป็นวิธีการรักษาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนในระยะเฉียบพลันเพื่อหวังผลช่วยลดอาการปวดและอาการบวมจากกระบวนการอักเสบและช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย (Chatzinikolaou, Fatouros, Gourgoulis, Avloniti, Jamurtas, Nikolaidis, et al., 2010) อย่างไรก็ตาม วิธีการรักษาหรือบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบมนั้นยังไม่เป็นที่ประจักษ์ และยังไม่เคยมีการศึกษาใดได้ศึกษาผลของการฟื้นตัวด้วยการยกขาสูงในกล้ามเนื้อขาที่ระบมมาก่อนซึ่งการยกขาสูงในช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อแสดงอาการอักเสบอาจทำให้เกิดการฟื้นสภาพกลับเป็นปกติได้เร็วกว่าการนอนหงาย นอกจากนี้ยังเพิ่มทางเลือกใหม่ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมและสามารถนำไปใช้พัฒนาองค์ความรู้หรือทำวิจัยของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไปจึงเป็นที่มาและความสำคัญของการศึกษาในครั้งนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลจากการฟื้นตัวระหว่างท่านอนหงายยกขาสูง 45 องศา และท่านอนหงายภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมต่อระดับความเจ็บปวด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่า และความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าในชายสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำอายุระหว่าง 18-25 ปี

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลองทางคลินิก (Randomized control clinical trial) ในชายสุขภาพดีที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ จำนวน 16 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการจับฉลากเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 8 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 8 คน เกณฑ์การคัดเข้า คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) เพศชายอายุระหว่าง 18-25 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระหว่าง 18.5-22.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำจากการใช้แบบสอบถามสากลด้านการมีกิจกรรมทางกาย (GPAQ) ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม (PAR-Q) ไม่ได้ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมาและยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ เกณฑ์การคัดออก คือ มีปัญหาระบบกระดูกและกล้ามเนื้อภายในระยะเวลา 6 เดือนที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายด้วยการกระโดด ไม่ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายด้วยแบบสอบถาม และเกณฑ์การยุติ คือ ผู้เข้าร่วมวิจัยรักษา/บรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบมนอกเหนือจากการฟื้นตัวด้วยการนอนหงายยกขาสูงหรือการนอนหงาย หรือผู้เข้าร่วมวิจัยขอยุติ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยได้อ่านรายละเอียดและลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยซึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 3 สาขาวิทยาศาสตร์

(รับรองเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2560) จากนั้นตอบแบบสอบถามข้อมูลสุขภาพทั่วไป แบบสอบถามสากลด้านการมีกิจกรรมทางกาย (GPAQ) รวมทั้งแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไปอายุ 16-69 ปี (PAR-Q) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกจำนวน 16 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง คือ ฟื้นตัวด้วยการนอนหงายยกขาสูง 45 องศา (n = 8) และกลุ่มควบคุม คือ ฟื้นตัวด้วยการนอนหงาย (n = 8) จากนั้นทดสอบการรับรู้ระดับความเจ็บปวด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่าและความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องงดเครื่องดื่มที่ผสมคาเฟอีนหรือสารให้พลังงานต่างๆ งดทานอาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมง และงดออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบ โดยทำการเก็บข้อมูลการวิจัย ณ อาคารราชสุดา ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ภายใต้การกำกับดูแลของผู้วิจัยหลักซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดทางการกีฬา

การประเมินอาการแสดงของกล้ามเนื้อระบม

1. การรับรู้อาการปวดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าประเมินโดยใช้ Visual rating scale (VRS) ขณะทำสควอทโดยให้เข่างอประมาณ 90 องศา ผู้เข้าร่วมวิจัยทำเครื่องหมายบนแถบวัดระดับความเจ็บปวดความยาว 100 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้หมายเลข 0 หมายถึงไม่มีอาการปวด และหมายเลข 10 หมายถึง มีอาการปวดรุนแรงมากที่สุด (Marginson, Rowlands, Gleeson and Eston, 2005)

2. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่าและความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าด้วยเครื่อง Isokinetic Dynamometer Biodex System III เพื่อประเมินค่า Peak torque และค่า H/Q ratio ในรูปแบบ conventional คือ H(con)/Q(con) แบบ open kinetic chain เฉพาะขาข้างที่ถนัดเท่านั้น โดยตั้งค่าความเร็วของเครื่องทดสอบเท่ากับ 60 องศา/วินาที มุมเริ่มต้นจาก 90-10 องศา จากท่างอเข่ามาเหยียดเข่าเพื่อลดความตึงตัวจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง จึงกำหนดพิสัยการเคลื่อนไหวทั้งหมดที่ 80 องศา โดยทดสอบกล้ามเนื้องอเข่าและเหยียดเข่าท่าละ 4-6 ครั้ง จำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ด้วยความหนักแบบเกือบสูงสุดจำนวน 6 ครั้ง พัก 1 นาที จากนั้นทดสอบชุดที่ 2 ด้วยความหนักแบบสูงสุดจำนวน 4 ครั้ง (Perrin, 1993) ก่อนและหลังการทดสอบผู้เข้าร่วมวิจัยได้ยืดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมพร้อมและป้องกันการบาดเจ็บ

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก

ก่อนการทดลองผู้วิจัยได้อธิบายและสาธิตวิธีการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกโดยใช้การกระโดดแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างละเอียด และควบคุมการออกกำลังกายเป็นรายบุคคล ขณะออกกำลังกายกำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่รองเท้ากีฬาเพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่า โดยผู้เข้าร่วมวิจัยยืนบนกล่องสูง 0.6 เมตร และก้าวเท้าข้างที่ถนัดให้พ้นขอบกล่องเล็กน้อย จากนั้นทิ้งตัวลงบนพื้นยางสังเคราะห์เพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่าให้ฝ่าเท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นโดยที่ข้อเข่างอประมาณ 90 องศา เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จากนั้นกระโดดขึ้นให้เร็วที่สุดและสูงที่สุด นับเป็น 1 ครั้ง กระโดดซ้ำ 10 ครั้ง/เซต จำนวน 10 เซต มีเวลาพัก 10 วินาที/ครั้ง และพัก 1 นาที/เซต โดยผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในวันแรกเท่านั้น และได้รับการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าหลังการออกกำลังกายทันที (Jakeman, Byrne and Eston, 2010)

การฟื้นตัวกล้ามเนื้อข้อเข่า

กลุ่มทดลองได้รับการฟื้นตัวกล้ามเนื้อข้อเข่าด้วยการนอนหงายยกขาสูง 45 องศา บนเตียงที่ปรับ

ระดับได้ โดยปรับเตียงให้รยางค์ส่วนล่างทำมุม 45 องศา กับแนวระนาบ กำหนดให้บริเวณสะโพกอยู่บริเวณจุดหมุนของเตียง และกลุ่มควบคุมได้รับการฟื้นตัวในท่านอนหงายบนเตียงที่ไม่ได้ปรับระดับ ซึ่งทั้งสองกลุ่มได้รับการฟื้นตัวในช่วงเวลาเดียวกันของทุก ๆ วัน เป็นระยะเวลา 30 นาทีต่อวัน จำนวน 5 วัน โดยเริ่มต้นวันแรกทันทีภายหลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลง ในระหว่างการทดลองผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ชีวิตประจำวัน รับประทานอาหารและเครื่องดื่มตามปกติ และหลีกเลี่ยง (ห้าม) รักษาหรือบรรเทาอาการกล้ามเนื้อระบม เช่น รับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ นวด ประคบร้อน แช่น้ำอุ่น/น้ำเย็น ออกกำลังกาย หรือยืดกล้ามเนื้อ เป็นต้น เพื่อลดปัจจัยรบกวนที่อาจส่งผลทำให้ผลการวิจัยเกิดความคลาดเคลื่อน (Liaw and Wong, 1989)

การวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ตัวแปรการรับรู้ระดับอาการปวดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (pain scale) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่า (peak torque) และความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า (H/Q ratio) โดยใช้สถิติแบบ Non-parametric statistics วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Mann-Whitney U test วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มด้วย Friedman test และทดสอบเป็นรายคู่ด้วย Wilcoxon's signed rank tests โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และใช้โปรแกรม SPSS Version 19 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม ทำการทดสอบครบทั้ง 16 คน ได้แก่ กลุ่มฟื้นตัวด้วยการนอนหงายยกขาสูง 45 องศา (กลุ่มทดลอง) และกลุ่มฟื้นตัวด้วยการนอนหงาย (กลุ่มควบคุม) กลุ่มละ 8 คน ก่อนออกกำลังกาย พบว่า ลักษณะข้อมูลพื้นฐานมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 ภายหลังออกกำลังกาย พบว่า อาการปวดระบมของกล้ามเนื้อทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลัง 24, 48, และ 72 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($P < 0.05$) ซึ่งสูงสุดในช่วง 24 ชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลัง 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($P < 0.05$) โดยทั้ง 2 กลุ่มมีค่าลดลงต่ำสุดภายหลัง 24 ชั่วโมง แต่ในกลุ่มทดลองภายหลัง 96 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($P > 0.05$) แต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ($P < 0.05$) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าของทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มหลัง 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ($P > 0.05$) แต่พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายหลัง 72 ชั่วโมง ($P < 0.05$) อัตราส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตลอดระยะเวลาวิจัย ($P > 0.05$) โดยทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นภายหลัง 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม พบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลัง 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ($P < 0.05$) ขณะที่กลุ่มทดลองภายหลัง 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (P > 0.05) ข้อมูลระดับอาการปวดระบมของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่า และความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

คุณลักษณะอาสาสมัคร	กลุ่มนอนหงายยกขาสูง 45 องศา (n = 8)	กลุ่มนอนหงาย (n = 8)	p-value
อายุ (ปี)	20.50 ± 1.41	21.13 ± 1.13	0.356
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	65.56 ± 7.04	60.36 ± 9.45	0.246
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.75 ± 6.71	171.38 ± 5.32	0.457
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	21.61 ± 1.56	20.46 ± 2.35	0.208
ความแข็งแรงกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	182.26 ± 40.84	147.55 ± 30.84	0.074
ความแข็งแรงกล้ามเนื้องอเข่า (นิวตันเมตร)	90.81 ± 24.07	69.49 ± 10.43	0.027*
ความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า	0.50 ± 0.07	0.48 ± 0.09	0.600
ระดับกิจกรรมทางกาย (GPAQ: 0-600)	118.75 ± 143.47	110.00 ± 139.80	0.911

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (p < .05)

อภิปรายผลการวิจัย

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกด้วยการกระโดดดร็อบจัมพ์ 100 ครั้ง สามารถทำให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าของทั้ง 2 กลุ่มเกิดอาการระบมโดยสังเกตจากการรับรู้อาการปวดระบมของกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่ามีค่าลดลงในช่วง 24-96 ชั่วโมงภายหลังการออกกำลังกาย สอดคล้องกับการศึกษาของไฮน์ตัน ทวิส และเอสตัน (Highton, Twist and Eston, 2009) และการศึกษาของเจ็คแมน เบิร์น และเอสตัน (Jakeman, Byrne and Eston, 2010) ที่มีรูปแบบการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการทำลายของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Exercise-induce muscle damage)

การรับรู้อาการปวดระบมของกล้ามเนื้อทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของเจ็คแมน เบิร์น และเอสตัน (Jakeman, Byrne and Eston, 2010) ที่ศึกษาในอาสาสมัครที่มีกิจกรรมทางกายระดับปานกลางโดยพบอาการปวดระบมสูงสุดหลังออกกำลังกายในช่วง 24-48 ชั่วโมง และเริ่มฟื้นตัวภายหลัง 72 ชั่วโมง แต่การศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีอาการปวดระบมต่อเนื่องถึง 72 ชั่วโมง จากนั้นจึงเริ่มฟื้นตัวภายหลัง 96 ชั่วโมง ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าผู้ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำจะมีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อในอัตราที่ต่ำกว่าผู้ที่มีระดับกิจกรรมทางกายปานกลาง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่า และความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

	การรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อ (เซนติเมตร)			ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)			ความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่า (นิวตันเมตร)			ความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่า		
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	p-value	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	p-value	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	p-value	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	p-value
ก่อนออกกำลังกาย	0.81 ± 1.25	0.88 ± 1.13	0.771	182.26 ± 40.84	147.55 ± 30.84	0.074	90.81 ± 24.07	69.49 ± 10.43	0.027*	0.50 ± 0.07	0.48 ± 0.09	0.600
หลังออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง	5.00 ± 2.58 †	5.69 ± 1.62 †	0.750	130.88 ± 57.36 †	85.60 ± 37.00 †	0.172	87.65 ± 26.28	66.28 ± 11.29	0.059	0.78 ± 0.42†	0.86 ± 0.26 †	0.294
หลังออกกำลังกาย 48 ชั่วโมง	4.63 ± 2.45 †	5.50 ± 1.20 †	0.591	134.90 ± 39.68 †	92.94 ± 36.56 †	0.059	81.00 ± 17.62	66.15 ± 17.58	0.059	0.64 ± 0.25 §	0.75 ± 0.16 †	0.172
หลังออกกำลังกาย 72 ชั่วโมง	2.88 ± 2.30 †§‡	3.94 ± 0.68 †§‡	0.394	149.38 ± 45.16 †§	102.95 ± 40.33 †§	0.059	84.30 ± 22.68	62.76 ± 21.33	0.046*	0.59 ± 0.17 §	0.64 ± 0.16 †§‡	0.401
หลังออกกำลังกาย 96 ชั่วโมง	1.44 ± 1.40 §‡×	2.31 ± 1.28 §‡×	0.218	164.98 ± 42.09§‡×	113.69 ± 41.56 †§‡×	0.027*	81.49 ± 25.11	67.28 ± 22.90	0.248	0.51 ± 0.17 §‡×	0.59 ± 0.11 †§‡	0.141

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p < .05$)

† แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการออกกำลังกาย ($p < .05$)

§ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง ($p < .05$)

‡ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 48 ชั่วโมง ($p < .05$)

× แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหลังการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง ($p < .05$)

เมื่อใช้ความหนักของการออกกำลังกายเท่ากันจึงทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อได้มากกว่า (Bogdanis, 2012) ซึ่งอาการปวดระบมในกลุ่มทดลองมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาวิจัยนั้นอาจเป็นผลมาจากการฟื้นตัวด้วยการยกขาสูงมีส่วนช่วยลดอาการบวมและอาการปวดของกล้ามเนื้อที่เกิดการฉีกขาดและช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย (Kary, 2010) อย่างไรก็ตาม การฟื้นตัวทั้งสองรูปแบบส่งผลต่อการรับรู้อาการปวดระบมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการวัดระดับความเจ็บปวดเป็นการประเมินค่าที่เกี่ยวข้องกับจิตวิสัย (Subjective) จึงอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของการรับรู้และประสบการณ์แต่ละบุคคล (Coghill, McHaffie and Yen, 2003)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 2 กลุ่มลดลงภายหลัง 24 ชั่วโมง โดยพบว่าการนอนหงายยกขาสูง 45 องศา ระยะเวลา 30 นาทีต่อวัน จำนวน 5 วัน ภายหลังการออกกำลังกายสิ้นสุดลงทันทีสามารถทำให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าฟื้นตัวได้ดีกว่าการนอนหงายเพียงเล็กน้อย จากการติดตามผลที่ 24, 48, และ 72 ชั่วโมง พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าต่ำกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการออกกำลังกายมีผลทำให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าเกิดอาการระบม คือ มีอาการปวด อาการบวม และทำให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าสูญเสียความแข็งแรง (Cheung, Hume and Maxwell, 2003) การช่วยลดอาการบวมของกล้ามเนื้อจึงสามารถบรรเทาอาการปวดและช่วยฟื้นตัวให้กล้ามเนื้อกลับเป็นปกติได้ (Nuanjai and Werasirirat, 2014) การยกขาสูงในช่วงแรกที่มีการบาดเจ็บอาจมีส่วนช่วยเพิ่มการไหลเวียนกลับของของเสียที่มีการคั่งค้างผ่านท่อน้ำเหลืองจึงช่วยลดอาการบวมและอาการปวดจากการอักเสบ (Kary, 2010) นอกจากนี้ยังช่วยลดแรงดันภายในหลอดเลือดและส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหาร ออกซิเจนและเซลล์เม็ดเลือดขาวไปยังเนื้อเยื่อที่บาดเจ็บจึงช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายให้เกิดเร็วขึ้น (Palanca, Yang and Bishop, 2016) แต่อาการบวมของกล้ามเนื้อนั้นอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ จึงอาจอนุมานได้ว่าการยกขาสูงภายหลังการออกกำลังกายอาจเป็นวิธีการที่ดีกว่าการนอนหงายในบางกรณี เนื่องจากสามารถฟื้นสภาพให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่ากลับเข้าสู่ค่าพื้นฐานภายหลัง 96 ชั่วโมง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าทั้ง 2 กลุ่มลดลงภายหลัง 24 ชั่วโมง โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย จึงอาจกล่าวได้ว่า กล้ามเนื้องอเข่าอาจเกิดการระบมเพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งอธิบายได้ว่า การกระโดดดร็อบจัมพ์จะเน้นการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าเป็นหลักซึ่งใกล้เคียงการทำสควอท (Makaruk and Sacewicz, 2011) อย่างไรก็ตาม ยังต้องอาศัยการหดตัวแบบเอกเซนทริกของกล้ามเนื้องอเข่าเพื่อควบคุมการงอสะโพกและป้องกันการเคลื่อนไปทางด้านหน้าของขาท่อนล่างมากกว่าปกติจากแรงดึงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในช่วงเอกเซนทริกของการกระโดดลง จากนั้นจึงค่อยมีการหดตัวกลับแบบคอนเซนทริกเพื่อเหยียดสะโพกซึ่งกล้ามเนื้องอเข่าจะทำงานขณะกระโดดขึ้น (Peng, Kernozek and Song, 2011) เมื่อกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระบมทำให้เกิดอาการบวมขึ้นในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจึงเป็นตัวจำกัดพิสัยการเคลื่อนไหวข้อเข่าในทิศทางงอ ซึ่งขณะทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ต้องอาศัยการหดตัวแบบคอนเซนทริกซึ่งทำให้เกิดการยืดยาวออกและกระตุ้นอาการปวดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า นอกจากนี้ยังส่งผลต่อไคเนมาติคส์ของข้อเข่า (พิสัยการเคลื่อนไหว) จึงพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าของทั้ง 2 กลุ่มมีแนวโน้มลดลงซึ่งเป็นผลจากการระบมของกล้ามเนื้อ

เหยียดเข่าเป็นหลัก

อัตราส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นภายหลัง 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มกลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาวิจัย แต่พบว่า ภายหลัง 48-96 ชั่วโมง ในกลุ่มทดลองมีอัตราส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อใกล้เคียงกับค่าพื้นฐาน โดยค่าปกติของ H/Q ratio จะอยู่ที่ 0.6 และสามารถยอมรับได้ที่ประมาณ 0.5-0.8 แต่หากมีค่าน้อยกว่า 0.6 จะทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามากขึ้น ซึ่งเป็นค่าปกติในกล้ามเนื้อที่ไม่มีอาการระบม (Portes, Portes, Botelho and Souza, 2007) การระบมของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าจึงทำให้อัตราส่วนความแข็งแรงระหว่างกล้ามเนื้องอเข่าต่อเหยียดเข่ามีค่าเพิ่มขึ้นจนเกิดความไม่สมดุลและทำให้เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อต่อ (Rowlands, Eston and Tilzey, 2001) ซึ่งการทำงานปกติของข้อเข่าต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า ดังนั้น การฟื้นตัวให้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าทำงานได้ดีขึ้นจึงเป็นเป้าหมายของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างระหว่างการฟื้นตัวทั้ง 2 รูปแบบ แต่พบว่าการนอนหงายยกขาสูงทำให้อัตราส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานได้น้อยกว่า

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าการนอนหงายยกขาสูง 45 องศาภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโมเมตริกที่ทำให้กล้ามเนื้อระบมนั้นสามารถช่วยฟื้นคืนสู่สภาวะปกติของกล้ามเนื้อข้อเข่าได้ดีกว่าการนอนหงายเพียงเล็กน้อย ซึ่งสะท้อนจากค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าสามารถฟื้นตัวกลับเข้าสู่ค่าพื้นฐาน และอัตราส่วนความสมดุลของกล้ามเนื้อข้อเข่าเปลี่ยนแปลงจากค่าพื้นฐานในสัดส่วนที่ต่ำกว่า แต่ไม่ส่งผลต่อระดับการรับรู้อาการปวดระบมของกล้ามเนื้อข้อเข่า

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สำหรับการประยุกต์ใช้อาจมีข้อจำกัดเฉพาะกลุ่มประชากรชายอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีกิจกรรมทางกายระดับต่ำ และการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาผลของการฟื้นตัวภายหลังออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง จึงทำให้ไม่สามารถทราบผลที่เกิดขึ้นของการยกขาสูงในระยะเฉียบพลันได้ สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรศึกษาตัวแปรขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อข้อเข่าเพื่อเป็นการสนับสนุนว่าการฟื้นตัวด้วยการนอนหงายยกขาสูง 45 องศา สามารถช่วยลดอาการบวมของกล้ามเนื้อได้หรือไม่ รวมทั้งประยุกต์การยกขาสูงร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น การนวดเพื่อลดบวม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการอนุเคราะห์สถานที่สำหรับเก็บวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์การวิจัย และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Barak, O. F., Ovcin, Z. B., Jakovljevic, D. G., Lozanov-Crvenkovic, Z., Brodie, D. A., and Grujic, N. G. (2011). Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *Journal of Sports Science and Medicine,* 10(2), 369-375.

Bogdanis, G. C. (2012). Effects of physical activity and inactivity on muscle fatigue. *Frontiers in Physiology,* 3, 142.

Chatzinikolaou, A., Fatouros, I. G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., ... Taxildaris, K. (2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(5), 1389-1398.

Cheung, K., Hume, P., and Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine,* 33(2), 145-164.

Coghill, R. C., McHaffie, J. G., and Yen, Y. F. (2003). Neural correlates of interindividual differences in the subjective experience of pain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 100(14), 8538-8542.

Connolly, D. A., Sayers, S. P., and McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(1), 197-208.

Ebbeling, C. B., and Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine,* 7(4), 207-234.

Highton, J. M., Twist, C., and Eston, R. G. (2009). The Effects of exercise-induced muscle damage on agility and sprint running performance. *Journal of Exercise Science and Fitness,* 7(1), 24-30.

Jakeman, J. R., Byrne, C., and Eston, R. G. (2010). Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European Journal of Applied Physiology,* 109(6), 1137-1144.

Kary, J. M. (2010). Diagnosis and management of quadriceps strains and contusions. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine,* 3(1-4), 26-31.

Larson, L. M., Smelter, R. M., Petrella, J. K., and Jung, A. P. (2013). The effect of active vs. supine recovery on heart rate, power output, and recovery time. *International Journal of Exercise Science,* 6(3), 180-187.

Liaw, M. Y., and Wong, M. K. (1989). [The effects of leg elevation to reduce leg edema resulting from prolonged standing]. *Taiwan Yi Xue Hui Za Zhi. Journal of the Formosan Medical Association,* 88(6), 630-634, 628.

Makaruk, H., and Sacewicz, T. (2011). The effect of drop height and body mass on drop jump intensity. *Biology of Sport,* 28(1), 63-67.

Marginson, V., Rowlands, A. V., Gleeson, N. P., and Eston, R. G. (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985),* 99(3), 1174-1181.

Miyama, M., and Nosaka, K. (2004). Muscle damage and soreness following repeated bouts of consecutive drop jumps. *Advances in Exercise and Sports Physiology,* 10(3), 63-69.

Nuanjai, P., and Werasirirat, P. (2014). Comparison of effects between static stretching and petrissage massage on functional-sign of delayed onset muscle soreness of knee extensor following stimulated plyometric exercise in Thai male. *Journal of Medical Technology and Physical Therapy,* 26(2), 158-168.

Palanca, A. A., Yang, A., and Bishop, J. A. (2016). The effects of limb elevation on muscle oxygen saturation: a near-infrared spectroscopy study in humans. *PM&R,* 8(3), 221-224.

Peng, H.-T., Kernozek, T. W., and Song, C.-Y. (2011). Quadriceps and hamstring activation during drop jumps with changes in drop height. *Physical Therapy in Sport,* 12(3), 127-132.

Perrin, D. H. (1993). Isokinetic exercise and assessment. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

Portes, E. M., Portes, L. A., Botelho, V. G., and Souza Pinto, S. (2007). Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. *Clinics (Sao Paulo),* 62(2), 127-132.

Rowlands, A. V., Eston, R. G., and Tilzey, C. (2001). Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *Journal of Sports Sciences*, 19(5), 333-340.

Safran, M. R., Seaber, A. V., and Garrett, W. E., Jr. (1989). Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Medicine,* 8(4), 239-249.

Stauber, W. T. (1989). Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation. *Exercise and Sport Sciences Reviews,* 17, 157-185.

Van den Bekerom, M. P. J., Struijs, P. A. A., Blankevoort, L., Welling, L., van Dijk, C. N., and Kerkhoffs, G. M. M. J. (2012). What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults? *Journal of Athletic Training,* 47(4), 435-443.