



วิทยานิพนธ์

ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกัน
และรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

**The Effect of Immediate Hot-Cold Water Immersion after Exercise on Prevention
and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness**

นางสาวนวิรัชต์ อุตรราชต์กิจ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกัน และรักษา
อาการปวดกล้ามเนื้อ

The Effect of Immediate Hot-Cold Water Immersion after Exercise on Prevention and
Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness

นามผู้วิจัย นางสาวนวิรัชต์ อุดรราชต์กิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑลกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุพิตร สมานิติ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิเมณฑลกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉรญาณ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๑๑ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและ
รักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

The Effect of Immediate Hot-Cold Water Immersion after Exercise on Prevention and Treatment
of Delayed Onset Muscle Soreness

โดย

นางสาวนวิรัชต์ อุตราชต์กิจ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การกีฬา)

พ.ศ. 2551

นวรรษต์ อุตรารัชต์กิจ 2551: ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D.
103 หน้า

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีหลังจากหยุดออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดออกกำลังกาย โดยทำการศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 25-35 ปี จำนวน 20 คน ให้กลุ่มตัวอย่างใช้แขนข้างที่ไม่ถนัดออกกำลังกายด้วยการยกดัมเบลในท่างอ และเหยียดข้อศอกที่ระดับความหนัก 80% ของ 1RM ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง หลังจากนั้นให้กลุ่มควบคุม (10คน) งอและเหยียดข้อศอกโดยไม่ถือดัมเบล จำนวน 10 ครั้ง ส่วนในกลุ่มทดลอง (10คน) ให้ทำการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีหลังจากหยุดออกกำลังกาย เป็นเวลา 24 นาที 2 ครั้งต่อวัน จากนั้นในวันที่ 2 และ 3 หลังจากหยุดออกกำลังกายให้กลุ่มควบคุมทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ ส่วนกลุ่มทดลองให้ทำการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นต่อ วันละ 2 ครั้ง ทำการวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ขนาดต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก ก่อนยกดัมเบล หลังการยกดัมเบลทันที และในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 หลังจากหยุดยกดัมเบล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ ถ้าพบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง และระยะเวลาจึงทำการทดสอบสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ตามลำดับ สำหรับข้อมูลที่ไม่มีกระจายแบบโค้งปกติจะถูกทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการนอนพารามตริก โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีหลังหยุดออกกำลังกายไม่สามารถป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังจากหยุดออกกำลังกายได้ เนื่องจากเกิดอาการปวด บวมของกล้ามเนื้อหลังจากหยุดออกกำลังกายไปแล้ว 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นช่วยยับยั้งการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เนื่องจากพบว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มทดลองน้อยกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มควบคุม และยังช่วยลดอาการและอาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดยกดัมเบลได้เร็วขึ้น

นวรรษต์ อุตรารัชต์กิจ
ลายมือชื่อนิติ

สิริพร ศศิมนทกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

21 / 04 / 51

Navarach Utrarachkij 2008: The Effect of Immediate Hot-Cold Water Immersion after Exercise on Prevention and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Siriporn Sasimontonkul, Ph.D. 103 pages.

This study aimed to examine the effect of immediate hot-cold water immersion after completing exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness (DOMS). Twenty female volunteers, age 25-30 years, participated to this research. Both groups performed an eccentric exercise, biceps curls at 80% of 1RM totally 4 set of 10 repetitions, using their non-dominant arm. Immediately after completing exercise, the control group (n=10) did the arm curl without weight 10 times while the treatment group (n=10) received two sessions of a 24-minute hot-cold water immersion. On the second and the third day after exercise, the immersions were given to the treatment group twice a day while the control group did a daily activity. Plasma creatine kinase (CK), upper arm girth, muscle soreness and range of motion were evaluated before exercise, immediately after exercise, and 24, 48, 72 hours after exercise. Two way ANOVA with repeated measure was used to determine main effect and interaction effect. Thereafter, one way ANOVA and one way ANOVA with repeated measure were applied, if the statistical results showed a significant difference among groups and times, respectively. Moreover, a non parametric technique was applied to non-normal data. A significance level of $P < .05$ was established prior to analyze.

The results indicated that the immediate hot and cold water immersion two sessions a day does not prevent DOMS since muscle pain and swelling occurred in the treatment group at 24 hours after completing exercise. However, hot and cold water immersion helped diminish muscle damage process because the CK level of the treatment group was lower than that of the control group. Moreover, it also reduced sign and symptom of DOMS sooner.

Navarach Utrarachkij
Student's signature

Siriporn Sasimontonkul
Thesis Advisor's signature

21 / 04 / 08

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องด้วยความเมตตากรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ. ดร.สิริพร ศศิสมณฑลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก, รศ. ดร.สุพิตร สมานิติโต กรรมการวิชาวร่วม ที่ได้กรุณาช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และรศ. บรรจบ ภิมย์คำ ประธานสอบ, นพ. ดร.ภาสกร วัชชธาดา ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ มีคุณค่าทางวิชาการ และเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ พญ.นพวรรณ แสนเจริญสุทธิกุล, พญ.วรรณภา เลิศประภามงคล แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามธิบดี ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบความถูกต้องตามแบบเสนอโครงการวิจัย เพื่อขอรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมในคน และขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทถ่ายทอดวิชาความรู้ และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และให้โอกาสทางการศึกษาด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

นวัรัชต์ อุตรารัชต์กิจ

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	35
ผล	35
วิจารณ์	55
สรุปและข้อเสนอแนะ	61
สรุป	61
ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	63
ภาคผนวก	68
ภาคผนวก ก เอกสารรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมในคน	69
ภาคผนวก ข เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย/หนังสือยินยอม	71
ภาคผนวก ค วิธีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการยกดัมเบล	76
ภาคผนวก ง โปรแกรมการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	80
ภาคผนวก จ การประเมินอาการแสดง DOMS	82
ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามทั่วไป	86
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ	89
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	103

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงอุณหภูมิของเนื้อเยื่อในส่วนต่างๆ ของร่างกายเมื่อใช้ความเย็น	20
2	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	36
3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างวิธีการ 2 วิธี และระหว่างช่วงเวลา 5 ช่วงเวลา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (two way ANOVA with repeated measure)	37
4	แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา	38
5	แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างวิธีการ 2 วิธี และระหว่างช่วงเวลา 5 ช่วงเวลา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (two way ANOVA with repeated measure)	42
6	แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา	43
7	แสดงค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความรู้สึกรวด ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา	47
8	แสดงค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมของการเหยียดข้อศอกของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา	51
ตารางผนวกที่		
ช1	แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล ด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov Goodness of fit test ในกลุ่มควบคุม และในกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	90
ช2	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนยกคัมเบลหลังหยุดยกคัมเบลชั่ว โมงที่ 0, 24, 48, 72 ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ช3	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุมคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72	92
ช4	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็นคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72	92
ช5	การเปรียบเทียบระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Paired t test	93
ช6	การเปรียบเทียบระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Paired t test	94
ช7	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น	95
ช8	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุมคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72	96
ช9	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็นคือ ก่อนยกคัมเบล หลังยกคัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ช10	การเปรียบเทียบเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Paired t test	97
ช11	การเปรียบเทียบเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ paired t test	98
ช12	แสดงการเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำ ร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test	98
ช13	แสดงการเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อน สลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Friedman test	99
ช14	การเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test	99
ช15	การเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test	100
ช16	ตารางแสดงการเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอก ระหว่างกลุ่มควบคุม และ กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test	100
ช17	แสดงการเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอก ในแต่ละช่วงเวลา ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อน สลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Friedman test	101
ช18	การเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอกในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test	101
ช19	การเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอกในช่วงเวลาต่างๆคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุคยคัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test	102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการกระตุ้นด้วยความเย็นที่มีผลต่อการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่	15
2	แสดงขั้นตอนการทดลอง	31
3	ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	39
4	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Paired t-test	40
5	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Paired t-test	41
6	เส้นรอบวงต้นแขนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	44
7	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Paired t test	45
8	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Paired t test	46
9	ระดับความรู้สึกปวดที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	48
10	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test	49
11	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test	50
12	มุมของการเหยียดข้อศอกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	52
13	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างมุมของการเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test	53
14	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างมุมของการเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test	54

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค1	แสดงการยกคัมเบลในท่างอ และเหยียดข้อศอก	79
ง1	แสดงการแช่น้ำร้อน-น้ำเย็น	81
จ1	แสดงการวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน	84
จ2	แสดงการวัดมุมของการเหยียดข้อศอก	85

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

DOMS	=	อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดออกกำลังกาย (delayed onset muscle soreness)
TENS	=	กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนัง (transcutaneous electrical nerve stimulation)
VAS	=	ประเมินความเจ็บปวดจากการกระชก (visual analogue scale)
CK	=	เอนไซม์ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase)
1 RM	=	น้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง (repetition maximal)
ROM	=	มุมของการเคลื่อนไหว (range of motion)
°C	=	องศาเซลเซียส (degree Celsius)

ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกัน และรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

The Effect of Immediated Hot-Cold Water Immersion after Exercise on Prevention and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness

คำนำ

การออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นและเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ระบบต่างๆ ของร่างกายมีการทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผลให้บุคคลนั้นมีร่างกายแข็งแรง มีบุคลิกภาพที่ดี สามารถประกอบกิจกรรมประจำวันได้อย่างกระฉับกระเฉง และมีภูมิคุ้มกันโรคสูง กิจกรรมการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพควรใช้เวลาอย่างน้อย 20 นาที กีฬาที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เดินเร็ว จักรยาน การเดินแอโรบิก การยกน้ำหนัก และอาจเล่นกีฬาเพื่อนันทนาการ เช่น ฟุตบอล วอลเลย์บอล เทนนิส แบดมินตัน เป็นต้น กิจกรรมการออกกำลังกายดังกล่าวถ้าคนที่ไม่เคยออกกำลังกาย แล้วมาออกกำลังกายอย่างหักโหม หรือเล่นกีฬาในท่าทางที่ไม่ถูกต้องติดต่อกันเป็นระยะเวลาสั้น ทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากเกินไปหรือออกแรงมากเกินไป ก็จะทำให้เกิดอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อนั้น และทำให้มีการจำกัดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่างๆ ด้วย ซึ่งเรียกอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อนี้ว่า “อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายที่มากเกินไป หรือออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย (delayed onset muscle soreness; DOMS)” (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

อาการปวดกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดขึ้นภายหลังจากออกกำลังกายไปแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง ในการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดแรงดึงตัวมาก เช่น การยกน้ำหนัก การวิ่งลงเขา เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อชนิดนี้ นอกจากนี้การออกกำลังกายโดยไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ หรือการอบอุ่นร่างกายก่อนการออกกำลังกาย การยกของหนักๆ หรือเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันที่ไม่ถูกท่า ทำให้มีการใช้กล้ามเนื้อที่ผิดหน้าที่จึงทำให้กล้ามเนื้อนั้นๆ ทำงานหนักเกินไป ส่งผลทำให้เกิดอาการปวดระบมกล้ามเนื้อ โดยจะเริ่มแสดงอาการปวดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 8-24 ชั่วโมง และมีอาการปวดจะรุนแรงมากที่สุดประมาณ 24- 72 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย ซึ่งอาการจะหายไปเองในวันที่ 5 ถึงวันที่ 7 หลังหยุดการออกกำลังกาย (Armstrong, 1984; Cleak and Eston, 1992) ทั้งนี้อาการปวด

ระบบกล้ามเนื้อจะหายเร็วหรือช้าขึ้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะการออกกำลังกาย ความหนักของการออกกำลังกาย และสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล

ปัจจุบันมีทฤษฎีที่พยายามอธิบายถึงอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (DOMS) อยู่ 3 ทฤษฎีด้วยกัน คือ 1) อาการปวดระบบกล้ามเนื้อจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อและเส้นใยกล้ามเนื้อ (the torn tissue theory), 2) อาการปวดระบบกล้ามเนื้อจากภาวะการขาดเลือด ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อแล้วมีการหลั่งสารพี (p-substance) ออกมาซึ่งเป็นสารที่กระตุ้นกระแสประสาทเกี่ยวกับความเจ็บปวด (the spasm theory), 3) อาการปวดระบบกล้ามเนื้อจากการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเอ็น (the connective tissue theory) อาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดจากทั้ง 3 สาเหตุนี้จะเกิดอาการปวดทันทีทันใด มีการอักเสบ บวม มีจุดกดเจ็บ ร่วมกับมีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อลดลง อาการปวดนั้นส่งผลทำให้รบกวนการทำงานวัตรประจำวันต่างๆ ซึ่งจะทำให้สมรรถภาพทางกายลดลง และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ (Cleak and Eston, 1992)

ที่ผ่านมาได้มีการค้นคว้าหาวิธีการที่จะช่วยลดอาการปวดกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายให้เร็วที่สุด ดังจะเห็นได้จากการที่มีการนำวิธีการที่หลากหลายมาใช้รักษาอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย ดังเช่น การรักษาด้วยอัลตราซาวด์ในทางกายภาพบำบัด (ultrasound therapy), การนวด (massage), การรักษาด้วยความเย็น (cryotherapy), การใช้กระแสไฟฟ้าลดปวด (TENS) และการออกกำลังกายเบา (light exercise) เป็นต้น ซึ่งในทางคลินิกเมื่อเกิดการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในระยะเฉียบพลัน ส่วนใหญ่มักจะให้การรักษาด้วยความเย็นเนื่องจากสามารถใช้ได้สะดวก ซึ่งการใช้ความเย็นนั้นจะลดอุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บ กระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือด ลดการไหลเวียนเลือด ช่วยยับยั้งการหลั่งสารที่ทำให้เกิดอาการปวด จึงช่วยลดอาการบวม การอักเสบในระยะเฉียบพลัน ลดความเร็วในการนำกระแสประสาทรับความรู้สึก จึงมีผลทำให้ความรู้สึกปวดลดลง และลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (กันยา, 2543; Belanger, 2002) สำหรับการรักษาในระยะเรื้อรังมักจะรักษาด้วยความร้อน เป็นการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ ระบบประสาทซิมพาเทติกทำงานลดลง ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดกระตุ้นให้มีการหลั่งสารเคมีออกมา เช่น prostoglandin, ฮิสตามีน (histamine) เพื่อไปกระตุ้นเซลล์ตั้งต้นของเม็ดเลือดขาว (mast cell) และเซลล์เม็ดเลือดขาว (macrophage) ให้เคลื่อนที่เข้ามาจับกินของเสีย (เซลล์ที่ตาย) กระตุ้นให้เลือดมีการไหลเวียนที่ดีขึ้น และช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อ (กันยา, 2543) นอกจากนี้ความร้อนยังช่วยทำให้คอลลาเจน (collagen fiber) ที่พบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น ใยหุ้มกล้ามเนื้อ และเอ็นกล้ามเนื้อ มีความ

ยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้ความหนืดของเส้นเอ็นลดลง ส่งผลให้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อลดลง จึงลดความเจ็บปวด

การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะมีการศึกษาถึงผลของการรักษาอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อด้วยความเย็นในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การนวดด้วยน้ำแข็ง การแช่ในน้ำเย็น เป็นต้น ดังในงานวิจัยของ Eston and Peter (1999) และงานวิจัยของ Howatson and Van Someren (2003) ซึ่งได้ศึกษาผลของการแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทุกๆ 12 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้ง และผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาทีทันทีตลอด 24 และ 48 ชั่วโมงภายหลังจากการออกกำลังกายแบบยืดยาวออกของกล้ามเนื้อข้อศอกตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าระดับปริมาณของเอนไซม์ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase; CK) ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่ออาการปวดกล้ามเนื้อหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่ Isabell *et al.* (1992) เคยได้เสนอแนะเอาไว้ว่าในการนวดด้วยน้ำแข็งซ้ำๆ หลายครั้งหลังจากการออกกำลังกายภายใน 96 ชั่วโมง อาจจะเป็นข้อห้ามสำหรับการรักษาความเสียหายของใยกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย เพราะมีผลทำให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากในกล้ามเนื้อมีการหลั่งสารครีเอทีนไคเนสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ Howatson *et al.* (2005) พบว่าการนวดด้วยน้ำแข็งซ้ำทันที 24 48 และ 72 ชั่วโมงหลังจากการออกกำลังกายแบบยืดยาวออก พบว่าการนวดด้วยน้ำแข็งไม่ได้รักษาอาการที่เกิดขึ้นจากความเสียหายของกล้ามเนื้อ และไม่ทำให้การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น ดังนั้นการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียวจะไม่เพียงพอในการรักษาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อภายหลังการออกกำลังกาย จึงมีการศึกษาถึงการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนัง (transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS) ในการรักษา โดยให้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนังเพียงอย่างเดียว และให้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนังร่วมกับการใช้ถุงน้ำแข็งประคบ บริเวณกล้ามเนื้อกลุ่มข้อศอก (elbow flexor) เป็นเวลา 20 นาที พบว่าทั้ง 2 วิธีสามารถทำให้อาการปวดลดลง เพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ แต่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง (Denegar *et al.*, 1992) นอกจากนี้การศึกษาของ Mayer *et al.* (2006) พบว่าการให้ความร้อนต่อเนื่องระดับต่ำ (continuous low-level heat wrap therapy) ก่อนการออกกำลังกาย และภายหลังการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างแบบกล้ามเนื้อหดตัวเกร็งค้าง (isometric contraction) สามารถช่วยบรรเทาอาการปวดหลังได้ภายหลังจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ ทำให้ไขคอลลลาเจนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความยืดหยุ่นดีขึ้น ข้อต่อเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้น และทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่างราบรื่น

ปัจจุบันได้มีการศึกษาผลของการใช้ความร้อนสลับความเย็นในการรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ ดังเช่นในงานวิจัยของ Kuligowski *et al.* (1998) ได้ศึกษาผลของการรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อด้วยวิธีการแช่ในอ่างน้ำวนทันทีภายหลังหยุดการออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 24 นาที โดยการแช่ในอ่างน้ำวน (whirlpool) ทั้ง 3 แบบ นั่นคือ การแช่ในอ่างน้ำวนแบบอุ่น (38.9 องศาเซลเซียส), แช่ในอ่างน้ำวนแบบเย็น (12.8 องศาเซลเซียส) และแช่ในอ่างน้ำวนแบบอุ่นสลับเย็น (ในอัตราส่วน 3:1) ให้ทำการรักษาทั้งสิ้น 3 วัน พบว่าวิธีการแช่ในอ่างน้ำวนแบบเย็นและแช่ในอ่างน้ำวนแบบอุ่นสลับเย็น ให้ผลบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อจากการประเมินความเจ็บปวดโดยใช้สเกลที่บ่งบอกโดยเปรียบเทียบจากการกระแยะด้วยสายตา (visual analogue scale; VAS) ซึ่งในการรักษาด้วยความร้อนสลับความเย็นมีผลทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือด ซึ่งเปรียบเสมือนการสูบฉีดเลือดที่ช่วยในการขับของเสียออกนอกเซลล์ ถึงแม้ว่าวิธีการนี้สามารถลดอาการปวดกล้ามเนื้อในวันที่ 3 หลังการออกกำลังกาย แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส จึงทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าการใช้ความร้อน หรือการใช้ความร้อนสลับความเย็นจะช่วยลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการใช้ความเย็นในการรักษาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดอาการปวด หรือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจน ส่วนการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ความร้อนสลับเย็นนั้นสามารถช่วยลดอาการปวด แต่ไม่มีหลักฐานบ่งชี้ถึงการลดความเสียหายของเส้นใยกล้ามเนื้อ หรืออาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และจากการเปรียบเทียบระหว่างการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว กับการให้ความร้อนสลับเย็นพบว่า การรักษาด้วยความร้อนสลับเย็นส่งผลให้อาการปวดลดลงมากกว่าการให้การรักษาความร้อนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามยังไม่งานวิจัยใดได้ศึกษาถึงผลของการให้ความร้อนสลับเย็นที่มีต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ รวมทั้งการให้ความร้อนสลับเย็นเพียงวันละครั้งอาจจะทำให้เห็นผลการรักษาช้า ดังนั้นถ้าหากความร้อนสลับเย็นมารักษาวันละ 2 ครั้ง อาการปวด และอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อน่าจะดีขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการรักษา ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการให้ความร้อนสลับเย็นวันละ 2 ครั้ง ในการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดการออกกำลังกาย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อ ภายหลังจากการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก

สมมุติฐานของงานวิจัย

การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีผลในการลดระดับปริมาณเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นแขน ลดระดับความรู้สึกปวด และรักษาช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อ

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นอาสาสมัครหญิง ที่ทำงานในโรงพยาบาล รามาธิบดีที่มีอายุระหว่าง 25-35 ปี จำนวน 20 คน
2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นในการรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย
3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย
 - 3.1 ตัวแปรอิสระ (independence variable) คือ การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น
 - 3.2 ตัวแปรตาม (dependence variable) คือ
 - 3.2.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา (physiological parameter) ได้แก่ ค่าระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส
 - 3.2.2 ตัวแปรทางกายภาพ (physical parameter) ได้แก่ เส้นรอบวงต้นแขนระดับความรู้สึกปวด และช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อ

นิยามศัพท์

1. อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (delayed onset muscle soreness หรือ DOMS) คือ อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักไปแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง (Armstrong, 1984; Cleak and Eston, 1992)
2. การออกกำลังกายแบบยี่ดขาว (eccentric exercise) เป็นการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อทำงานในขณะที่กล้ามเนื้อถูกดึงให้ยี่ดขาวออก ความตึงตัวของกล้ามเนื้อสูงขึ้นเพื่อสู้กับแรงต้านทาน(น้ำหนัก) และส่งผลให้จุดเกาะต้นและจุดเกาะปลายเคลื่อนที่ออกจากกัน เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อต้นแขนทางด้านหน้า (biceps curl หรือ arm curl) ในท่าเริ่มต้นงอข้อศอก และค่อยๆเหยียดวางคัมเบลลงทำให้มุมข้อศอกเหยียดตรง (พิชิต, 2531; ชุศักดิ์ และ กันยา, 2536)
3. การรักษาด้วยความร้อนสลับกับความเย็น (contrast therapy) คือ การให้ความร้อน 37-43 องศาเซลเซียส สลับกับการให้ความเย็น 12-15 องศาเซลเซียส (อัตราส่วน 3: 1) เป็นระยะเวลา 20-30 นาที (Myrer *et al.*, 1994)
4. ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase; CK) คือ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่สลายครีเอทีนฟอสเฟต (creatine phosphate) ทำให้ได้เป็นอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate; ATP) ระดับเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสสามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความเสียหายของกล้ามเนื้อ เนื่องจากสารครีเอทีนไคเนสจะหลั่งออกมาจากกล้ามเนื้อเข้าสู่กระแสเลือด เมื่อกำลังออกกำลังกายหนักๆ และมีหน่วยเป็น ยูนิต์ต่อลิตร (U/L) (นพวรรณ, 2004; Clarkson and Newham, 1995)
5. อาการปวด (pain) คือ อาการแสดงของการรับรู้ถึงความรู้สึกไม่สบาย และเป็นสัญญาณที่บ่งบอกถึงเนื้อเยื่อร่างกายได้รับบาดเจ็บ หรือกำลังได้รับบาดเจ็บ (ราตรี และ วีระชัย, 2545)
6. มุมของการเหยียดข้อศอก (range of motion; ROM) คือ การเหยียดแขนออกเต็มที่ในลักษณะแขนแนบลำตัวหงายมือ (anatomical position) จะถือว่า มุมของการเหยียดข้อศอก เท่ากับ 0 องศา ถ้ามุมการเคลื่อนไหวมากกว่า 0 องศา แสดงว่า เหยียดข้อศอกได้ไม่เต็มที่ ทำให้มีการงอข้อศอกเกิดขึ้น

7. การป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อ คือ การให้การรักษาทันทีที่ออกกำลังกายเสร็จสิ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ซึ่งมักจะเกิดภายหลังจากหยุดออกกำลังกายไปแล้ว 24 ชั่วโมง

การตรวจเอกสาร

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัยไว้ดังนี้

- ประเภทของอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย
- ทฤษฎีของอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (DOMS)
- กลไกการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (DOMS)
- สรีรวิทยาของความเย็น
- สรีรวิทยาของความร้อน
- การแช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็น

ประเภทของการปวดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย

อาการปวดกล้ามเนื้อเกิดจากการทำกิจกรรม หรือการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อในลักษณะต่างๆ (Miles and Clarkson, 1994) ซึ่งได้แก่ อาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นทันที (rapid onset muscle soreness), อาการปวดกล้ามเนื้อจากการเป็นตะคริว (muscle cramp), อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (delayed onset muscle soreness) เป็นต้น

อาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นทันที (Rapid onset muscle soreness)

อาการปวดกล้ามเนื้อชนิดนี้จะเกิดขึ้นในขณะที่ออกกำลังกายหรือเกิดขึ้นทันทีภายหลังจากหยุดออกกำลังกายโดย ราตรี และ วีระชัย (2545) ได้กล่าวถึง การหดเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) ในลักษณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบเกร็งค้าง (isometric contraction) หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (concentric contraction) จะทำให้เกิดอาการปวดที่รุนแรงเนื่องจากการหด

ตัวของกล้ามเนื้อไปกดหลอดเลือดในกล้ามเนื้อทำให้ปริมาณเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อขาดเลือดไปเลี้ยง (ischemic) และเกิดการสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ และเมื่อกกล้ามเนื้อมีการหดตัวเป็นระยะเวลานานจะมีการกระตุ้นเส้นประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดชนิดซี (C fiber)

อาการปวดกล้ามเนื้อจากการเป็นตะคริว (Muscle cramp)

การเป็นตะคริวเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างทันทีทันใดและเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อนอกอำนาจจิตใจ (involuntary contraction) ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเกร็งเป็นก้อนหรือลูก เกิดอาการเจ็บปวด อาการนี้จะเกิดขึ้นเพียงไม่กี่วินาที หรือมีอาการนานหลายนาทีตามความรุนแรงที่เกิดขึ้น โดยจะรู้สึกปวดแหลม (sharp pain) จะมีการกระตุ้นเส้นประสาทรับความรู้สึกชนิดเอ-เดลต้า (A-delta fiber) ซึ่งนำสัญญาณความปวดได้เร็ว การเป็นตะคริวมักเกิดเมื่อออกกำลังกายในที่ที่มีอากาศร้อน โดยมีสาเหตุมาจากการสูญเสียเหงื่อที่มากเกินไป และทำให้เกิดการสูญเสียเกลือแร่ อิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย การเป็นตะคริวมักจะเป็นที่น่อง, เท้า, และกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ สามารถป้องกันการเป็นตะคริวได้โดยการทานวิตามินซี และการยืดกล้ามเนื้อ

อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (Delayed onset muscle soreness; DOMS)

อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายเป็นความรู้สึกปวดไม่สบายภายหลังจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย และมีการออกกำลังกายที่มีความหนักมากเกินไป ในลักษณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) ซึ่งกล้ามเนื้อจะมีความตึงตัวสูงทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดความเสียหาย หรือเกิดการบาดเจ็บมากกว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง (isometric contraction) หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (concentric contraction) โดยอาการปวดกล้ามเนื้อจะเกิดที่บริเวณรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อกับเอ็นกล้ามเนื้อ (myotendinous junction) (Armstrong, 1984; Miles and Clarkson, 1994) โดยจะมีอาการปวดหน่วงๆ (dull pain) ขณะที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ ร่วมกับพบจุดกดเจ็บในกล้ามเนื้อ ส่งผลทำให้เกิดอาการเคลื่อนไหวลำบาก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง จึงส่งผลให้สมรรถภาพทางกายลดลง (Miles and Clarkson, 1994)

อาการปวดกล้ามเนื้อจะไม่เกิดขึ้นทันทีหลังจากการหยุดออกกำลังกาย แต่จะเริ่มแสดงอาการเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 8-24 ชั่วโมง และอาการจะแสดงอาการปวดมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป 24-72 ชั่วโมง และอาการจะหายไปเองภายใน 5-7 วัน (Armstrong, 1984; Cleak and Eston,

1992) ทั้งนี้ระยะเวลาในการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อจะหายเร็ว หรือช้าขึ้นขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะของการออกกำลังกาย ความหนักของการออกกำลังกาย และสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล

ทฤษฎีของอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (DOMS)

ทฤษฎีการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ (Torn tissue theory)

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีนี้เป็นอาการปวดกล้ามเนื้อนั้นเกิดจากการฉีกขาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ สาเหตุของอาการปวดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัวแบบยืดยาวออก ทำให้มีความตึงตัวต่อพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าการหดตัวแบบอื่น จึงมีโอกาสทำให้เกิดการฉีกขาดของกล้ามเนื้อในส่วนของซีไลน์ (Z-line)

เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (CK) เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเสียหายหรือการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องจากเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสจะหลั่งสารออกมาและเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งถ้าค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสอยู่ในระดับสูงกว่าปกติ แสดงให้เห็นถึงภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดหรือการทำลายของกล้ามเนื้อลายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหักโหม โดยเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีโครงสร้างเป็นสายโปรตีนที่มี 2 โมเลกุลคือ สายM (muscle) และสายB (brain) ในการรวมกันของโปรตีนทั้งสองสายทำให้เกิดไอโซเอ็นไซม์ (isoenzyme) ได้ 3 แบบคือ CK-MM (muscle type) พบในกล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) และกล้ามเนื้อหัวใจ (myocardium muscle), CK-MB (cardiac type) พบในกล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อกะบังลม, CK-BB (brain type) พบในสมอง และเนื้อเยื่อประสาท โดยปกติแล้วในกระแสเลือดจะพบ CK-MM เป็นส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 90 (นพวรรณ, 2547; Hyatt and Clarkson, 1998)

ทฤษฎีการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue damage theory)

พิชิต (2531); Albert (1995) ได้กล่าวว่าเซลล์กล้ามเนื้อจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาหุ้มเรียกว่า เอนโดไมเซียม (endomysium) สำหรับมัดกล้ามเนื้อจะถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสีขาว เรียกว่า เอพิไมเซียม (epimysium) ส่วนกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อฟาสซิคลี หรือบันเดิลแต่ละมัดถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ เรียกว่า เพอริไมเซียม (perimysium) , ฟังเซีย (fascia) รวมไปถึงเส้นเอ็น การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออกจะทำให้เกิดการยึดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อกับเส้นใย

กล้ามเนื้อที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ ภายหลังจากออกกำลังกาย (DOMS) Stauber *et al.* (1990) ได้กล่าวว่า อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากออกกำลังกาย (DOMS) จะรุนแรงเมื่อมีการแยกหรือเส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาดออกจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

ทฤษฎีการหดเกร็ง (Spasm theory)

การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อสัมพันธ์กับอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากออกกำลังกาย (DOMS) ซึ่งเป็นผลมาจากการหดตัวภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary contraction) การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อยังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางศักย์ไฟฟ้า ในปีค.ศ.1966 De Vries ได้สรุปว่าการออกกำลังกายเป็นการกระตุ้นให้เส้นเลือดฝอยหดตัว (capillary contraction) และเกิดการขาดเลือด (ischemic) จากนั้นจะเกิดการหลั่งสารพี (pain substance; P substance) ออกมามากขึ้น กระตุ้นให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวด อาการปวดที่เกิดขึ้นนั้นทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยอัตโนมัติ (reflex muscle spasm) ทำให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อไม่เพียงพอ

ทฤษฎีของเหลวในเนื้อเยื่อ (Tissue fluid theory)

Albert (1995) ได้กล่าวถึง อาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากออกกำลังกาย (DOMS) ว่าจะมีการบาดเจ็บของเซลล์กล้ามเนื้อ โดยจะมีการแพร่ผ่านของของเหลวภายในเซลล์กล้ามเนื้อที่เสียหายไปยังช่องว่างระหว่างเซลล์ และเข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียมไอออน (Ca^{++}), ครีเอทีนไคเนส (CK), ไมโอโกลบิน (myoglobin), และซีโรโทนิน (serotonin) ทำให้กล้ามเนื้อบวม และเกิดการคั่งของของเหลวในมัดกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อมีการเกร็งตัวผิดปกติจะมีการหลั่งเอ็นไซม์ออกมาจากกล้ามเนื้อและเข้าสู่กระแสเลือดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ (นพวรรณ, 2547; Kuipers, 1994) ในการบำบัดรักษาอาการปวดด้วยการออกกำลังกายด้วยแรงต้านทาน (resistance exercise) นั้นกล้ามเนื้อจะเกิดบีบตัว (muscle pump) ทำให้ของเหลวภายนอกเซลล์เนื้อเยื่อเกิดการไหลกลับเข้าสู่กระแสเลือด (Albert, 1995) และในงานวิจัยของ Naber *et al.* (1996) ได้ศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิร่างกายที่มีต่อการหลั่งเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนสจากกล้ามเนื้อ extensor digitorum longus ของหนูพบว่า อุณหภูมิกล้ามเนื้อที่ $41^{\circ}C$ จะมีความสำคัญต่อการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสมากกว่าอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อที่ $36^{\circ}C$

กลไกการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (DOMS)

จากการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า ภายหลังการออกกำลังกายแบบยืด ขาวออกซาร์โคเมียร์ (sarcomere) บางส่วนมีการยืดขาวออกมามากเกินไปทำให้มีการแยกตัว หรือ การฉีกขาดของเส้นใยกล้ามเนื้อบริเวณซีไลน์ (Z-line) แต่ถ้ากล้ามเนื้อมีการทำงานมากเกินไปจะทำให้มีการฉีกขาดของซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum) ทำให้มีการหลั่งแคลเซียม ไอออน (Ca^{++}) ออกมาสู่ภายนอกเซลล์ทำให้เส้นใยแอกติน (actin) จับกับไมโอซิน (myosin) ค้าง จึง ทำให้กล้ามเนื้อเกร็งตัว ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการขาดเลือด และขาดพลังงาน (ATP) ที่จะนำ แคลเซียมไอออนกลับเข้าสู่ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum) นอกจากนี้ยังมีการรั่ว ของโปรตีนและไอออนต่างๆ ออกนอกเซลล์ เป็นผลทำให้เกิดการบวมของเนื้อเยื่อ (tissue edema) และไปกระตุ้นตัวรับรู้ความรู้สึกปวดชนิดที่ 3 และ 4 ทำให้เกิดอาการปวด (Stauber *et al.*, 1990)

อาการ และอาการแสดงของการเกิดอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

1. อาการแสดง (Symptom)

1.1 อาการปวดกล้ามเนื้อ (pain)

อาการปวดกล้ามเนื้อเป็นอาการที่รู้สึกไม่สบายหลังจากการออกกำลังกายเสร็จ ลื่นไปแล้วประมาณ 8-24 ชั่วโมง (Armstrong, 1984) ความรุนแรงของอาการปวดขึ้นอยู่กับระดับ ของความรุนแรงของการบาดเจ็บ ระยะเวลาที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อนั้นอาจจะเป็นเวลาที่เซลล์ ได้รับความเสียหาย หรือเซลล์ตาย ทำให้เกิดการกระตุ้นเซลล์ตั้งต้นของเม็ดเลือดขาว (mast cell) ให้มีการ หลั่งสารฮิสตามีน (histamine) และโปแตสเซียม (potassium) ออกมาในตำแหน่งบริเวณเนื้อเยื่อที่มี การบาดเจ็บ ซึ่งสามารถกระตุ้นตัวรับรู้ความรู้สึกปวดผ่านเส้นใยประสาทชนิดที่ 3 คือ เอ-เบต้า (A-delta fiber) ซึ่งเป็นเส้นใยประสาทขนาดใหญ่ที่มีเยื่อมัยอีลิน (myelin sheath) หุ้มจึงนำสัญญาณ ความรู้สึกปวดได้รวดเร็ว และจะนำความรู้สึกปวดชนิดแหลมคม (sharp pain) รวมทั้งกระตุ้นเส้นใย ประสาทชนิดที่ 4 คือ ซี-ไฟเบอร์ (C-fiber) ซึ่งเป็นเส้นใยประสาทขนาดเล็กที่ไม่มีเยื่อมัยอีลินหุ้ม จึง นำสัญญาณความรู้สึกปวดได้ช้า และนำความรู้สึกปวดตื้อๆ (dull pain) มักจะเป็นความรู้สึกปวดที่ เกิดขึ้นภายหลัง (Smith, 1991) Clarkson and Newham (1995) และ Smith (1991) กล่าวว่า เนื้อเยื่อที่ ได้รับความเสียหาย หรือถูกทำลายจะมีการหลั่งสารชีวเคมีบางอย่างออกมา ได้แก่ แบลคดีไคนิน (bradykinnin), พรอสตาแกลนดิน (prostaglandins), ซีโรโทนิน (serotonin) และโปแตสเซียม

(potassium) เป็นต้น ทำให้หลอดเลือดบริเวณเนื้อเยื่อมีการขยายตัว และเกิดการบวมของเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีการเพิ่มการซึมผ่านของสารน้ำออกนอกเซลล์จึงทำให้เกิดอาการปวดขึ้น

1.2 มีจุดกดเจ็บ (tenderness)

จุดกดเจ็บในกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการแยกตัวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อ มีอาการปวดและมีจุดกดเจ็บบริเวณส่วนรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อกับเอ็นกล้ามเนื้อ (musculo-tendinous junction) เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีจำนวนของตัวรับความรู้สึก (pain receptor) หนาแน่นมาก โดยเฉพาะซี-ไฟเบอร์ แต่อย่างไรก็ตามอาการปวดก็จะค่อยกระจายไปทั่วกล้ามเนื้อในเวลาต่อมา (Smith, 1991) ทำให้มีอาการปวดเกิดขึ้นในขณะที่มีการเคลื่อนไหวหรือขณะที่กดกล้ามเนื้อนั้น แต่จะไม่มีอาการปวดขณะพัก (Clarkson *et al.*, 1992)

1.3 การเคลื่อนไหวลำบาก (stiffness)

การที่กล้ามเนื้อเกิดความตึงตัวจากการรั่วไหลของแคลเซียมไอออนจากซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัมออกมาสู่ภายนอกเซลล์ ทำให้แอกตินจับกับไมโอซินและเกิดการหดตัวเกร็งค้างของกล้ามเนื้อ (Kuipers, 1994) จึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวลำบาก

2. อาการ (Sign)

2.1 การบวม (swelling)

Stauber *et al.* (1990) กล่าวว่า การบวมของเนื้อเยื่อเกิดจากการรั่วของโปรตีนและไอออนต่างๆ ออกนอกเซลล์ที่มีการฉีกขาด ทำให้เกิดการรั่วของแคลเซียมไอออน และการเพิ่มสารน้ำภายนอกเซลล์ จึงทำให้มีการเพิ่มแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และทำให้เกิดการบวมของกล้ามเนื้อ

2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงในระยะแรกจากการล้าของกล้ามเนื้อ หรือจากการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ Morgan and Allen (1999) ได้กล่าวว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง

เป็นผลมาจากการล้าของกล้ามเนื้อ เซลล์กล้ามเนื้อตาย เนื่องจากภายหลังการบาดเจ็บของเซลล์กล้ามเนื้อจะทำให้การนำสัญญาณไฟฟ้าภายในเซลล์กล้ามเนื้อผิดปกติ ส่งผลต่อความยาวเริ่มต้นของกล้ามเนื้อผิดปกติ ทำให้การเกาะกันของแอกตินกับไมโอซินลดลง ส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง (Clarkson and Newham, 1995) นอกจากนั้นระหว่างการออกกำลังกายแบบยืดยาวออก (eccentric activity) ทำให้ซาร์โคเมียบางส่วนมีความยาวขึ้นแต่บางส่วนก็มีการยืดยาวมากเกินไป และเกิดการฉีกขาด (Faulkner *et al.*, 1993)

2.3 มุมการเคลื่อนไหวลดลง (decrease range of motion)

Clarkson and Newham (1995) กล่าวว่า มุมการเคลื่อนไหวลดลงอาจสัมพันธ์กับการหดสั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการขาดของเชื้อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในซาร์โคพลาสมเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการจับกันของเส้นใยแอกตินและไมโอซินมากขึ้น

สรีรวิทยาของความเย็น

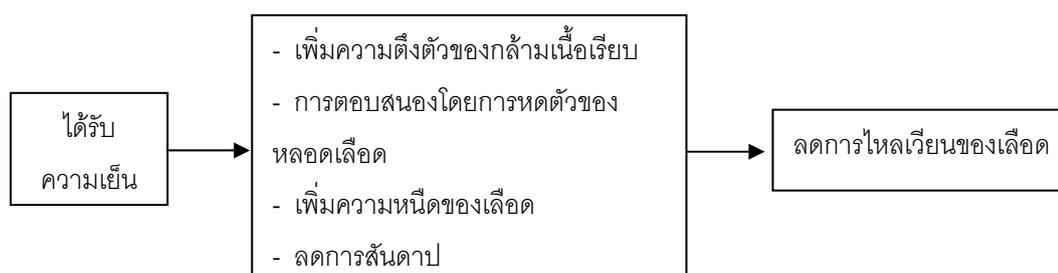
Cryotherapy หมายความว่า การรักษาโดยใช้ความเย็น เป็นการนำความร้อนออกจากร่างกายหรือทำให้เนื้อเยื่อเย็นลง (Knight, 1995)

ผลของความเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา

1. ผลของความเย็นต่อการไหลเวียนเลือด ในช่วงแรกของการให้ความเย็นพบว่ามี การเย็นลงของเนื้อเยื่อ (soft tissue) เมื่ออุณหภูมิผิวหนังเย็นลงจะไปกระตุ้นที่ปลายเส้นประสาท (free nerve ending) เป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเส้นใยประสาทซิมพาเทติกอะดีเนอร์จิก (sympathetic adrenergic fibers) หลังจากนั้นเกิดการหดตัวของเส้นเลือด (vasoconstrict) และลดการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงบริเวณที่ได้รับ ความเย็น ดังนั้นจึงลดขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) และลดการบาดเจ็บของเซลล์จากการขาดออกซิเจน (cell hypoxia injury) ในช่วงแรกของการบาดเจ็บ ในกรณี ที่ให้ความเย็นต่อร่างกายเป็นบริเวณกว้างจะเกิดการหดตัวของเส้นเลือดที่ผิวหนังทั่วร่างกายเมื่อเลือดมีอุณหภูมิต่ำไหลกลับสู่ระบบไหลเวียนเลือด จะไปกระตุ้นบริเวณที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรักษาความร้อนในบริเวณ (preoptic region) ของฮัยโปธาลามัสส่วนหน้า (anterior hypothalamus) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือด

เมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อลดลงเป็นเวลานานหรืออุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดความรู้สึกปวด กระแสประสาทรับความรู้สึก (afferent sensory impulse) จะถูกส่งไปยังหลอดเลือดแดง (arterioles) บริเวณผิวหนัง จากนั้นสารสื่อประสาท (H-substance) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายสารฮิสตามีน (histamine) ถูกหลั่งออกมาจากเซลล์ประสาทมีผลทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดแดง ขณะที่เลือดอุ่นไหลกลับเข้ามาบริเวณหลอดเลือดแล้วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่า 10 องศาเซลเซียส ความเย็นจะทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดอีกครั้ง นอกจากนี้ความเย็นยังช่วยเพิ่มความหนืดของเลือด (blood viscosity) ซึ่งมีผลช่วยลดการไหลของเลือด

นอกจากนี้จะพบปรากฏการณ์ที่ต่างออกไปที่เรียกว่า การขยายหลอดเลือดด้วยความเย็น (cold dilation) คือ หลอดเลือดจะขยายตัวเมื่อกระทบกับความเย็นจัดอยู่ยาวนานเพื่อเป็นการป้องกันการตายของเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้น เนื่องจากการขาดเลือดไปเลี้ยง จะสังเกตเห็นว่าบริเวณดังกล่าวซึ่งเคยมีสีซีด จะกลับมีสีแดงเรื่อๆและอุ่นขึ้นเมื่อหลอดเลือดขยายตัว มีเลือดไปเลี้ยงบริเวณเหล่านั้นเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงการกระตุ้นด้วยความเย็นที่มีผลต่อการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่

2. ผลของความเย็นต่อการลดปวด และการเคลื่อนไหวข้อต่อ

โดยทั่วไปความเย็นสามารถลดความเจ็บปวดซึ่งเป็นผลจากความรู้สึกรุนแรง นอกจากนี้ความเย็นยังสามารถเพิ่มระดับขีดจำกัดความเจ็บปวด (pain threshold) โดยผ่านทาง Gate control mechanism ซึ่งจะไปสกัดกั้นเส้นใยประสาทชนิดเอ-เดลต้า (A-delta fiber) ทำให้กระแสประสาทที่ผ่านไปกระตุ้น Transmission cell น้อยลง โดยยับยั้งการรายงานความเจ็บปวดต่อสมอง นอกจากนี้ผู้ที่ได้รับการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนในระบะเฉียบพลัน มักมีปัญหากับการจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เนื่องจากอาการปวด การอักเสบ การให้ความเย็นช่วยลดอาการอักเสบและอาการปวด จึงช่วยให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวข้อต่อได้ง่ายขึ้น (Swenson *et al.*, 1996)

3. ผลของความเย็นต่ออาการเกร็งของกล้ามเนื้อ

การรักษาด้วยความเย็นช่วยลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (spasticity) ได้นานถึง 1.5-2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลในระยะชั่วคราว นอกจากนี้ความเย็นอาจมีผลลดความแรงของ Deep tendon reflexes และความถี่ของการเกิดการกระตุก (clonus) ทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นชั่วคราว

4. ผลของความเย็นต่อเส้นประสาทส่วนปลาย

ความเย็นสามารถเปลี่ยนความเร็วในการนำกระแสประสาทและลดการทำงานของจุดประสานประสาท (synaptic activity) พบว่าการลดลงของอุณหภูมิของเส้นประสาทจะมีความสัมพันธ์กับการลดลงของความเร็วของการนำกระแสประสาทของเส้นประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทยนต์ ยับยั้งการส่งกระแสประสาทผ่านจุดประสานประสาท ซึ่งปริมาณการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง และขนาดของมัยอีลินในเส้นใยประสาท เนื่องจากมีความไวต่อระดับกันต่อความเย็นต่างกัน

มีรายงานว่า การใช้ความเย็นในการรักษาสามารถทำให้เส้นประสาทได้รับอันตรายได้ โดย Moeller and Monroe (1997) รายงานว่า การใช้ความเย็นที่เส้นประสาท Peroneal หรือการให้ความเย็นที่ต้นขาเป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ทำให้เส้นประสาทได้รับอันตรายในส่วนของมัยอีลิน (Neurapraxia) จำนวน 4 รายในนักกีฬา

กลไกทางกายภาพในการถ่ายเทพลังงานของความเย็น

กันยา, 2543 ได้กล่าวถึง การทำให้เย็นนั้นจะต้องอาศัยหลักการถ่ายเทพลังงาน โดยการนำความร้อนออกจากเนื้อเยื่อ โดย 2 กลไก คือ

1. การนำ (Conduction)

การรักษาด้วยความเย็น เช่น การใช้ถุงพลาสติกบรรจุน้ำแข็ง (ice pack) หรือแผ่นประคบความเย็นวางลงบนส่วนของร่างกายที่ต้องการรักษา ซึ่งทำให้ส่วนของร่างกายสัมผัสกับวัตถุให้ความเย็นโดยตรง เรียกการถ่ายเทพลังงานในลักษณะนี้ว่าการนำ จะมีการถ่ายเทพลังงานจากที่มี

อุณหภูมิสูงกว่าหรือร้อนกว่าไปยังที่เย็นกว่าหรืออุณหภูมิต่ำกว่าโดยอาศัยตัวกลางในการนำ ซึ่งการลดลงของอุณหภูมิที่เนื้อเยื่อจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1.1 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิวัตถุที่ให้ความเย็น (cold modality) กับอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมียิ่งมาก การนำความร้อนออกจากเนื้อเยื่อยิ่งเร็ว

1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการประคบความเย็น เวลาที่ใช้ในการประคบยิ่งมากก็จะทำให้มีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายมาก

1.3 ความหนาของชั้นไขมัน (adipose tissue) ไขมันจะเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี ดังนั้นบริเวณที่มีชั้นไขมันหนากว่าจะต้องใช้เวลาในการประคบเย็นนานกว่าในการที่จะนำความเย็นไปในชั้นเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก เช่นในคนอ้วนอาจจะต้องใช้เวลาในการประคบความเย็นนานกว่าคนผอม

1.4 ความลึกของเนื้อเยื่อ (depth of the tissue) การตอบสนองต่อความเย็นของผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (subcutaneous tissue) จะเป็นไปได้ทางเดียวกันคือ อุณหภูมิของผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังจะลดลงทันทีและอย่างรวดเร็ว จากนั้นอัตราการลดลงของอุณหภูมิจะช้าลงๆ จนกระทั่งจะไม่ลดลงต่อไปอีก เนื่องจากอุณหภูมิของความเย็นและผิวหนังมีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อหยุดใช้ความเย็นอุณหภูมิของผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังจะเริ่มเพิ่มขึ้นทันที ส่วนการตอบสนองต่อการใช้ความเย็นของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึกลงไป เช่นกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อใช้ความเย็นไปนานหลายนาที การลดลงของอุณหภูมิจจะเป็นไปช้าๆ และปริมาณการลดลงของอุณหภูมิจจะไม่มากเท่ากับการลดลงของอุณหภูมิที่ผิวหนัง ส่วนปริมาณการลดลงของอุณหภูมิจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับความเย็นที่ได้รับและปริมาณความร้อนที่สูญเสียไป

2. การระเหย (Evaporation)

การทำให้เย็นโดยการใช้เวปคูลแลนต์สเปรย์ (vapocoolant spray) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการระเหยเป็นการถ่ายเทพลังงาน (energy transfer) โดยการใช้สารเคมีที่เรียกว่าฟลูออโรเมเทน (fluori-methane) สารนี้เมื่อถูกเก็บไว้ในขวดด้วยความดันสูงจะเป็นของเหลว แต่เมื่อถูกสเปรย์ออกมาเป็นละอองฝอยจะระเหยเป็นก๊าซได้เร็วมาก ขณะที่สารตัวนี้ถูกฉีดพ่นลงผิวหนังมันจะระเหยทันที และในขณะที่มันระเหยมันจะดึงความร้อนออกไปด้วยทำให้ผิวหนังมีอุณหภูมิต่ำโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง (subcutaneous tissue) และในกล้ามเนื้อ

เทคนิคการรักษาด้วยความเย็น

1. การประคบด้วยแผ่นประคบความเย็น (Cold pack)

แผ่นประคบความเย็นจะเป็นแผ่นบรรจุซิลิกาเจล (silica gel) แผ่นประคบความเย็นจะถูกเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง ก่อนจะนำออกมาใช้ในการใช้แผ่นประคบด้วยความเย็นควรจะห่อด้วยผ้าขนหนูชุบน้ำหมาดๆก่อน แผ่นประคบความเย็นที่ใช้กัน โดยทั่วไปจะรักษาความเย็นได้ประมาณ 15-20 นาที

2. การประคบด้วยถุงน้ำแข็ง (Ice pack)

การประคบด้วยถุงน้ำแข็งอาจทำได้เช่นเดียวกับการใช้แผ่นประคบความเย็น ในการใช้พลาสติกห่อน้ำแข็งให้ขนาดใหญ่พอกับบริเวณที่ต้องการรักษาพอดี ก่อนการประคบควรห่อถุงน้ำแข็งด้วยผ้าขนหนูอีกครั้ง Nosaka *et al.* (2004) ได้พบว่า การประคบด้วยกระเป๋าน้ำแข็งสามารถทำให้อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อลดลงได้ถึง 5 °C

3. การนวดด้วยก้อนน้ำแข็ง (Ice massage)

เป็นการนวดด้วยก้อนน้ำแข็งโดยมากจะทำในบริเวณเล็กๆ เช่น เอ็นกล้ามเนื้อ (tendon), เอ็นยึดข้อ (ligament) และถุงน้ำเลี้ยงข้อ (bursa) เป็นต้น ในขณะที่นวดด้วยก้อนน้ำแข็งอาจจะทำให้เกิดความรู้สึกเย็นจัด (intense cold), แสบร้อน (burning), ปวด (aching), ชา (analgesia) โดยความรู้สึกแสบร้อนจะผ่านไปอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาประมาณ 1 นาที แต่ความรู้สึกแสบร้อนและปวดนี้อาจจะนานขึ้นถ้าบริเวณที่ให้การรักษาามีขนาดใหญ่เกินไป หรือถ้าผู้ป่วยมีการตอบสนองมากกว่าปกติ (hypersensitive response) โดยทั่วไปบนพื้นที่ผิว 10 x 15 ตารางเซนติเมตร จะใช้เวลา นวดประมาณ 5-10 นาที ซึ่งทำให้อุณหภูมิที่ผิวหนังลดต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส เทคนิคนี้จึงเสี่ยงต่อการทำลายเนื้อเยื่อ ซึ่ง Isabell *et al.* (1992) ได้เสนอแนะว่าการนวดด้วยน้ำแข็งหลายครั้งซ้ำๆกัน ใน 96 ชั่วโมง ภายหลังจากออกกำลังกายอาจจะเป็นข้อห้ามสำหรับการรักษาในการลดความเสียหายของกล้ามเนื้อภายหลังจากออกกำลังกาย เนื่องจากจะทำให้มีการหลังเอ็นไขว้หน้าเข่าในโคนสภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ

4. การประคบด้วยผ้าขนหนูเย็น (Ice tower)

เป็นวิธีที่แช่ผ้าขนหนูในถังน้ำแข็งผสมน้ำจากนั้นจึงบิดน้ำออกพอหมาดๆ วางผ้าขนหนูที่แช่เย็นจัดวางรอบๆข้อต่อ หรือกล้ามเนื้อที่ต้องการรักษาประมาณ 10-15 นาที เทคนิคนี้มีข้อดีคือสามารถสัมผัสกับบริเวณที่ต้องการประคบได้ดี แต่มีข้อเสียคือจะต้องเปลี่ยนผ้าเย็นทุกๆ 2-3 นาที เพราะความเย็นจะลดลงอย่างรวดเร็ว

5. การจุ่มลงในถังน้ำแข็งปนน้ำ (Cold bath หรือ Ice immersion)

การจุ่มลงในถังน้ำแข็งปนน้ำนี้จะนิยมใช้มากกับการบาดเจ็บที่บริเวณมือหรือเท้า เพราะสามารถนำความเย็นเข้ามาตามซอกนิ้วหรือรอยคอดได้ดี เทคนิคนี้ทำได้โดยจุ่มส่วนที่ต้องการรักษาลงในถังน้ำ ปริมาณน้ำต้องมากพอที่จะท่วมบริเวณที่ต้องการรักษาจากนั้นค่อยๆเติมน้ำแข็งลงไป ในน้ำจุ่มมีอุณหภูมิระหว่าง 13-18 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการแช่ประมาณ 20 นาที ถ้าแช่ที่อุณหภูมิต่ำๆ ระยะเวลาในการแช่จะสั้นลง โดย Eston and Peter (1999) พบว่าการแช่ในน้ำเย็นซ้ำ 7 ครั้งทุกๆ 12 ชั่วโมง ภายหลังจากการออกกำลังกายแบบชืดยวออก จะช่วยลดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และช่วยเพิ่มมุมการเคลื่อนไหว เนื่องจากความเย็นทำให้เกิดการผ่อนคลายของระบบประสาท (neural relaxation) แต่ไม่ส่งผลต่ออาการเจ็บระบบกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ในการศึกษาของ Kuligowski *et al.* (1998) พบว่า การแช่ในอ่างน้ำวนแบบเย็น และการแช่ในอ่างน้ำวนแบบร้อนสลับกับเย็นสามารถช่วยลดอาการปวดกล้ามเนื้อลงได้ภายใน 72 ชั่วโมงภายหลังจากหยุดออกกำลังกาย

6. การรักษาโดยใช้ไครโอคัฟฟ์ (Cryocuff)

ไครโอคัฟฟ์ (cryocuff) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการประคบความเย็นประกอบด้วยถังใส่น้ำปนน้ำแข็งมีฝาปิดและถุงที่ใช้ห่อหุ้มบริเวณที่ต้องการรักษา วิธีการรักษาทำได้โดยการห่อส่วนของร่างกายที่ต้องการรักษาด้วยถุงและนำสายยางที่ติดอยู่กับถุงไปต่อเข้าถังน้ำแข็งโดยยกถังน้ำแข็งให้สูงกว่าบริเวณที่ต้องการรักษาเพื่อเพิ่มแรงดันภายในถุง ในกรณีที่ต้องการลดบวมให้การรักษานานประมาณ 20 นาที เมื่อครบกำหนดให้วางถังต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการรักษา เปิดจุดที่ฝาถังอีกครั้งให้น้ำไหลออกจากถุงกลับเข้าสู่ถังจนหมดจากนั้นปลดสายยางแล้วถอดถุงที่หุ้มส่วนของร่างกายออก

7. การทำให้เย็นโดยเวปโคลเลนท์สเปรย์ (Vapocoolant sprays)

การทำให้เย็นด้วยเวปโคลเลนท์สเปรย์ โดยใช้สารฟลูโอไรเมเทน (fluri-methane) ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Dichlorodifluoronethane 15% และ Trichloromonofluoromethane 85 % บรรจุอัดอยู่ในขวดโดยใช้ความดัน ใช้ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อโดยผู้อื่นทำให้ (passive stretch) เพื่อเพิ่มความยาวของกล้ามเนื้อ ในการสเปรย์ควรทำในขณะที่ผู้ป่วยอยู่ในท่าที่สบาย และจัดกล้ามเนื้ออยู่ในท่ายืด การสเปรย์ควรเอียงทำมุมประมาณ 30 องศา กับผิวหนังและขวดสเปรย์ควรห่างจากผิวหนังประมาณ 45 เซนติเมตร สเปรย์ไปในทิศทางเดียวกันโดยการสเปรย์แต่ละครั้งต้องมีเวลานานกันและไปตามความยาวของแนวกล้ามเนื้อบนบริเวณที่มีจุดกดเจ็บหรือบริเวณที่มีอาการปวด

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากการใช้ความเย็น

1. อุณหภูมิของผิวหนัง (Surface temperature)

เมื่อผิวหนังได้รับความเย็นอุณหภูมิของผิวหนังจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 นาที โดยพบว่า อุณหภูมิผิวหนังจะสูงกว่าอุณหภูมิของวัตถุที่ทำให้ความเย็นประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส Chesterton *et al.* (2002) ได้รวบรวมผลของการใช้ความเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิวหนัง ดังปรากฏอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิของเนื้อเยื่อในส่วนต่างๆ ของร่างกายเมื่อใช้ความเย็นในเทคนิคต่างกัน

รายชื่อผู้วิจัย	วิธีการทดลอง	บริเวณที่ทดลอง	ระยะเวลาที่ทดลอง(นาที)	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ลดลง(องศาเซลเซียส)
Lewis, 1930	การแช่ในน้ำ(water immersion)	นิ้วมือ	12	26.1
Bugaj, 1975	การนวดด้วยน้ำแข็ง(ice massage)	น่อง	10	26.6
Lewis and Clayfield, 1998	การนวดด้วยน้ำแข็ง(ice massage)	น่อง	15(s)	7.0
McMeeken et al., 1978	แผ่นให้ความเย็นแบบบรรจุซิลิกาเจล(cold pack)	ต้นแขน	20	17.7
Belitsky et al., 1987	แผ่นบรรจุสารให้ความเย็น(Cryogen pack)	น่อง	15	8.4
Knight et al., 1995	แผ่นให้ความเย็นแบบแผ่นเจล	ต้นขา	30	20.5

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายชื่อผู้วิจัย	วิธีการทดลอง	บริเวณที่ทดลอง	ระยะเวลาที่ทดลอง(นาที)	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ลดลง(องศาเซลเซียส)
McMeeken et al., 1984	ถุงใส่น้ำแข็ง(ice pack)	ต้นแขน	20	25.6
Belitsky et al., 1987	ถุงใส่น้ำแข็ง(ice pack)	น่อง	15	12.1
Mancuso and Knight., 1992	ถุงใส่น้ำแข็ง(ice pack)	เท้า	30	22.2
Belitsky et al., 1987	กระเป๋าสีน้ำแข็ง(Ice bag)	น่อง	15	9.9
Knight et al., 1995	ปลอกแขนใส่แผ่นให้ความเย็น (Durakold ice bag)	ต้นขา	30	21.2

2. อุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึกลงไป (Deep tissue temperature)

ขึ้นอยู่กับความลึกของเนื้อเยื่อ แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะคล้ายกับที่ผิวหนัง คือมีการลดลงของอุณหภูมิ โดยจะเป็นไปในอัตราที่ช้าลงเรื่อยๆจนคงที่ แต่เมื่อเอาความเย็นออกไป อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นทันที อย่างไรก็ตามเนื้อเยื่อที่อยู่ลึกลงไปอาจจะไม่มีการลดลงของอุณหภูมิแม้ว่าจะให้ความเย็นไปแล้ว 1 นาทีก็ตาม เพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเนื้อเยื่อที่อยู่ลึกจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อเยื่อไขมัน Nosaka *et al.* (2004) พบว่า การประคบกล้ามเนื้อข้อศอก (elbow flexor) ด้วยกระเป๋าน้ำแข็งเป็นระยะเวลา 15 นาที สามารถทำให้อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อข้อศอกลดลง 5 ถึง 8 องศาเซลเซียส

สรีรวิทยาของความร้อน

การใช้ความร้อนในการรักษาจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (กันยา, 2543; ธนวัลย์, 2540)

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการรักษาควรอยู่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิดังกล่าวทำให้ผิวหนังแดง มีเลือดมาเลี้ยงบริเวณนั้นเพิ่มขึ้น (hyperemia) และหากเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่านี้จะทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อในขณะที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 40 °C จะให้ผลการรักษาเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 0.6 °C จะให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น 7-10 ครั้งต่อนาที

2. อัตราการเพิ่มความร้อน จะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดเฉพาะที่และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ดังนี้

2.1 ถ้าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็นไปอย่างช้าๆ ปริมาณความร้อนที่ได้รับจะสูญเสียได้ง่ายโดยเลือดเย็นกว่าจะพาความร้อนไปซึ่งประสิทธิภาพในการรักษาจะต่ำ

2.2 ถ้าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความร้อนที่ได้รับจะไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกรวด

3. ความร้อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในตำแหน่งของร่างกายที่ได้รับ ความร้อนและตำแหน่งที่ไกลจากบริเวณที่ได้รับความร้อนเนื่องจากความร้อนมีผลในการกระตุ้นเนื้อเยื่อบริเวณกว้าง กระตุ้นรีเฟกซ์ (reflex) และระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น การจุ่มลงในถังน้ำที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะทำให้ความดันโลหิตลดลง อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นและอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สเพิ่มขึ้น และหากเป็นการให้ความร้อนเฉพาะที่จะมีกลไกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคงที่ โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย อย่างไรก็ตาม ขาดในด้านตรงข้ามจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่าข้างที่ได้รับความร้อนโดยตรง ทั้งนี้การตอบสนองจะขึ้นอยู่กับระดับความร้อนที่ใช้และบริเวณพื้นผิวที่ได้รับความร้อน ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายเฉพาะที่ จะทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัวรวมทั้งเพิ่มการไหลเวียนของเลือดเฉพาะที่โดยผ่านกลไกดังนี้

3.1 ขยายหลอดเลือด

3.2 เพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่ผิวหนังโดยลด sympathetic vasoconstrictor tone ทำให้มีการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นบริเวณที่มีเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำประสานกันเป็นร่างแห

3.3 ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพซึ่งส่งผลให้เกิดขบวนการอักเสบตามมา

3.4 ต่อมเหงื่อหลั่งสารฮีสตามีน และเบลลดีโคโคนินซึ่งมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือดขยายตัว

3.5 เพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม

ผลของความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา

1. ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึม พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเคมีและอัตราเมตาบอลิซึมภายในเซลล์เพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่าซึ่งเป็นผลดีต่อการทำงานของร่างกาย เช่น เนื้อเยื่อสามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้มากขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงถึง

45-50 องศาเซลเซียส จะทำลายสภาพของโปรตีนในเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อจะไหม้ ดังการศึกษาของ Lehmann and Delateur (1990) รายงานว่าอุณหภูมิที่จะให้ผลในการรักษาควรอยู่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ผิวหนังมีเลือดมาเลี้ยงมากขึ้น (hyperemia) และหากอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียสก็จะให้ผลในการรักษาเพียงเล็กน้อย

2. ผลของความร้อนที่มีต่อหลอดเลือด อุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่สูงขึ้นทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดทำให้มีการไหลเวียนของเลือดเพิ่มมากขึ้น โดยอาศัยกลไกดังต่อไปนี้

2.1 แอ็กซอนรีเฟล็กซ์ (axon reflex) คือ เมื่อผิวหนังได้รับความร้อน ความร้อนจะไปกระตุ้นตัวรับอุณหภูมิที่ผิวหนัง (cutaneous thermoreceptor) ให้นำสัญญาณประสาทเข้าสู่ไขสันหลัง ทางเส้นประสาทขาเข้า (afferent fiber) จะนำสัญญาณประสาทไปยังหลอดเลือดที่ผิวหนังทำให้เกิดการหลั่งสารเคมีตัวกลางซึ่งมีผลทำให้หลอดเลือดขยายตัวโดยผ่านแอ็กซอนรีเฟล็กซ์

2.2 ความร้อนทำให้ร่างกายมีการหลั่งสารเคมีตัวกลางซึ่งกระตุ้นขบวนการอักเสบเล็กน้อย และทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัวเช่น ฮีสตามีน ฟลอสตาแกลนดิน แบลคดีไคนิน ความร้อนทำให้ร่างกายมีการจับเหงื่อ โดยเอ็นไซม์ kallikrein ซึ่งมีฤทธิ์ดังนี้

2.2.1 ทำให้หลอดเลือดที่มีความต้านทานสูง มีการขยายตัว

2.2.2 เพิ่มความสามารถในการยอมให้สารผ่านออกจากหลอดเลือดฝอย รวมทั้งหลอดเลือดแดงฝอย (capillary artery) เนื่องจากหลอดเลือดฝอยมีความดันน้ำและมีการยอมให้สารซึมผ่านมากขึ้น (capillary hydrostatic pressure and permeability) ทำให้มีการเคลื่อนที่ของของเหลวออกไปนอกหลอดเลือด ดังนั้นในช่วงของการรักษาจะทำให้เกิดการบวมของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

3. ผลของความร้อนที่มีต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

3.1 ลดความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากกล้ามเนื้อขาดเลือดมาเลี้ยงเนื่องจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ ซึ่งในกรณีนี้ความร้อนจะช่วยให้เลือดไหลเวียนมายังกล้ามเนื้อมากขึ้น

3.2 ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) อาการเกร็งของกล้ามเนื้อเป็นผลต่อ

เนื่องมาจากกล้ามเนื้อหรือข้อต่อได้รับบาดเจ็บรวมทั้งการมีพยาธิสภาพทางระบบประสาท สามารถบรรเทาอาการได้โดยการรักษาด้วยความร้อน

4. ผลของความร้อนที่มีต่อเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

ความร้อนสามารถเปลี่ยนคุณสมบัติความหนืด และความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ กล่าวคือ เมื่อมีแรงมากกระทำ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะถูกยืดยาวออกซึ่งการยืดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในขณะที่อุณหภูมิของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่รักษา 40-45 องศาเซลเซียสและจะกลับสู่สภาพเดิมเมื่อไม่มีแรงมากกระทำ Kiner and Colby (1996) ได้กล่าวว่าการให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อจะทำให้กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อต่างๆสามารถยืดยาวออกได้ง่าย เนื่องจากความร้อนกระตุ้น Golgi tendon organ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการผ่อนคลาย นอกจากนี้ความร้อนยังช่วยลดโอกาสการฉีกขาดของกล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกายได้

การแช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็น

การแช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็นเป็นการแช่ร่างกาย หรือส่วนต่างๆ ของร่างกายในถังน้ำร้อนสลับกับการแช่ในถังน้ำเย็น หรือการใช้แผ่นประคบความร้อนสลับกับแผ่นประคบความเย็น หรือการอาบน้ำร้อนสลับน้ำเย็นโดยใช้ฝักบัว (Cameron, 1999) เป็นการกระตุ้นให้มีการเพิ่มอุณหภูมิให้กับเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด และการหดตัวของหลอดเลือดสลับกัน ซึ่งเปรียบเสมือนการบีบ หรือการสูบฉีดเลือด (pumping action) ทำให้ความดันภายในหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มการไหลผ่านของสารต่างๆ ในหลอดเลือด ทำให้ช่วยลดบวมซึ่งการเพิ่มการไหลเวียนเลือดอาจเป็นการช่วยกำจัดของเสีย (metabolite) ซ่อมแซมกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย ช่วยลดการกระตุ้นตัวรับความรู้สึกรวดส่งผลให้อาการปวดลดลง และกระตุ้นการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย (Cochrane, 2004) โดยปกติแล้วในการใช้ความร้อนสลับความเย็นจะเป็นการแช่น้ำในถังน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 37-43 องศาเซลเซียส และในถังน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 12-15 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 หรือ 4 ต่อ 1 เป็นระยะเวลา 20-30 นาที (Myrer *et al.*, 1994)

Wilcock *et al.* (2006) ได้กล่าวว่าการรักษาด้วยความร้อนนั้นจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ เพิ่มการไหลเวียนเลือดเฉพาะที่ เพิ่มความยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อ ทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัว เพิ่มอัตราการขนส่งออกซิเจน ช่วยในการเคลื่อนย้ายสารเมตาบอไลต์ รวมทั้งลดการ

เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในเนื้อเยื่อจะมีการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกน้อยลงทำให้หลอดเลือดขยายตัว และเพิ่มปริมาณเลือดมาเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจน แอนติบอดี และความสามารถในการกำจัดของเสียจากขบวนการเมตาบอลิซึม ส่วนในการรักษาด้วยความเย็นจะเป็นการลดอุณหภูมิของผิวหนัง เนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง และกล้ามเนื้อซึ่งขบวนการดังกล่าวอาจกระตุ้นตัวรับอุณหภูมิที่ชั้นใต้ผิวหนัง กระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก ทำให้หลอดเลือดหดตัวส่งผลให้ลดบวมและลดขบวนการอักเสบ อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยของ Myrer *et al.* (1994) พบว่า การให้อาสาสมัครแช่ขาในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที สลับกับการแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ทำซ้ำ 4 ครั้ง เป็นระยะเวลา 20 นาที ไม่สามารถลดอุณหภูมิกล้ามเนื้อที่อยู่ลึกจากผิวหนัง 1 เซนติเมตรได้ Fiscus *et al.* (2005) พบว่า การแช่ร่างกายในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีผลต่อการไหลเวียนเลือด โดยในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ให้อาสาสมัครแช่ขาในอ่างน้ำวนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แช่ขาในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และแช่ขาในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นในอัตราส่วน 4:1 เป็นเวลา 20 นาที ภายหลังจากการแช่ขาในน้ำ คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดอัตราการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดแดงของอาสาสมัครและพบว่า การรักษาด้วยความร้อนสลับความเย็นส่งผลในการเพิ่ม และลดอัตราการไหลเวียนเลือดตลอดเวลา 20 นาทีที่ทำการรักษา ส่วนการรักษาด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียว ส่งผลเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือด และการรักษาด้วยความเย็นไม่ส่งผลต่อการลดอัตราการไหลเวียนเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

Vaile *et al.* (2007) ได้เปรียบเทียบผลของการรักษา 3 วิธีคือ การแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส การแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส การแช่ในน้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในอัตราส่วน 1:1 จำนวน 7 รอบ ที่มีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดการออกกำลังกายกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง leg press ที่ความหนัก 120% ของ 1 RM พบว่า การแช่ในน้ำเย็น และการแช่ในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกาย สามารถทำให้มีแรงและกำลังของกล้ามเนื้อขาดีขึ้นหลังจากหยุดออกกำลังกายไปแล้วที่ 48 ถึง 72 ชั่วโมง และ 24 ถึง 72 ชั่วโมงตามลำดับ รวมทั้งช่วยลดอาการปวด บวมของกล้ามเนื้อขา ส่วนในการแช่ในน้ำร้อนเพียงอย่างเดียวมีผลในการฟื้นฟูแรงของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายที่ 24 ถึง 72 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชุดยกน้ำหนัก (dumbbells)
2. เครื่องให้จังหวะ (metronome) ยี่ห้อ Wiltner W. ผลิตในประเทศเยอรมัน
3. ที่วัดอุณหภูมิ (thermometer) จำนวน 2 อัน
4. นาฬิกาจับเวลา (stop watch) ของบริษัท Alba ผลิตในประเทศญี่ปุ่น
5. ถังสำหรับใส่น้ำร้อนและน้ำเย็น จำนวน 2 ถัง
6. แบบวัดระดับความรู้สึกร้าว (face pain rating scale) ของ Wong ในค.ศ. 1995 (อ้างอิงใน: Keck, 1996)
7. เครื่องมือวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (universal goniometer) ยี่ห้อ JAMAR ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
8. สายวัด

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นอาสาสมัครหญิง (female volunteer) จำนวน 20 คนที่มีอายุระหว่าง 25-35 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คนโดยใช้ค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่วัดได้ก่อนการออกกำลังกาย สำหรับจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบสุ่ม (randomly assignment)

กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการรักษา แต่ให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ

กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่รับโปรแกรมการรักษาโดยการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น

แล้วนำค่าเฉลี่ยของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่วัดได้ ก่อนการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) เพื่อยืนยันว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มที่วัดได้ก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นอาสาสมัครหญิงที่ได้จากการประกาศรับสมัคร ที่มีอายุระหว่าง 25-35 ปี โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเลือก

1. กลุ่มตัวอย่างจะต้องเป็นผู้มีสุขภาพดี
2. ไม่ออกกำลังกายก่อนการทดลองอย่างน้อย 3 สัปดาห์
3. ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ในระยะเฉียบพลันและเรื้อรัง
4. ไม่มีปัญหา หรือการรับรู้ความรู้สึกที่ผิดปกติ
5. ไม่เป็นโรคหัวใจ โรคเบาหวาน
6. ผู้เข้าร่วมการศึกษาจะต้องสมัครใจ และเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก

1. ได้รับการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อ หรือใช้ยาแก้ปวดประเภทสเตียรอยด์ ยาคลายกล้ามเนื้อ ยานวด
2. ผู้เข้าร่วมการศึกษาสามารถปฏิเสธ หรือขอถอนตัวได้ตลอดช่วงของการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้คือ

1. วิธีทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนทางด้านหน้า (biceps brachii muscle) โดยใช้ความสามารถสูงสุดในการยกคัมเบล 7-10 ครั้ง เพื่อคำนวณหา 1RM (ภาคผนวก ค)
2. โปรแกรมการบริหารกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า ด้วยการยกคัมเบล (ภาคผนวก ค)
3. โปรแกรมการรักษาโดยการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น (ภาคผนวก ง)
4. แบบวัดความรู้สึกร้าว (faces pain rating scale) (ภาคผนวก จ)
5. การประเมินขนาดเส้นรอบวงต้นแขน และช่วงการเคลื่อนไหวข้อศอก (ภาคผนวก จ)
6. แบบสอบถามในการคัดเลือกกลุ่มอาสาสมัคร ซึ่งสร้างโดยผู้วิจัย (ภาคผนวก ฉ)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทำวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

การเตรียมกลุ่มตัวอย่าง

อธิบายให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์และขั้นตอนของงานวิจัยในการให้การออกกำลังกาย วิธีการให้โปรแกรมการรักษา ความเข้าใจในการใช้สเกลแบบวัดความรู้สึกร้าว รวมถึงข้อห้ามระหว่างการเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้คือ ไม่รับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ ไม่ทำการนวดกล้ามเนื้อ หรือยืดกล้ามเนื้อบริเวณที่ได้รับการออกกำลังกาย

ขั้นตอน

1. ก่อนการออกกำลังกาย

1.1 ให้กลุ่มตัวอย่างกรอกข้อมูลแบบสอบถามการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง และบันทึกแบบฟอร์มการตรวจร่างกายเกี่ยวกับการวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และช่วงการเคลื่อนไหวของการเหยียดข้อศอก

1.2 จะเลือกที่เส้นเลือดดำบริเวณข้อพับแขน (basilar vein) ในแขนข้างที่ไม่ได้ยกคัมเบล เพื่อวัดระดับเอ็น ไชม์ครีเอทีน ไคเนสก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน โดยวิธีการจัดสมาชิกเข้ากลุ่มแบบสุ่ม (randomly assignment) โดยนำค่าระดับเอ็น ไชม์ครีเอทีน ไคเนสที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)

2. การออกกำลังกายด้วยการยกคัมเบลในท่าอ-เหยียดข้อศอก (arm curl) โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ :

2.1 ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนทางด้านหน้าในแขนข้างไม่ถนัด โดยใช้ความสามารถสูงสุดในการยกคัมเบล 7-10 ครั้ง แล้วนำจำนวนครั้งที่ทำได้มาคำนวณโดยใช้สมการที่สร้างโดย Brzycki ในค.ศ.1993 (อ้างอิงใน: อภิลักษณ์, 2549) เพื่อกำหนดน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง (1 RM) ก่อนการทดลอง 5 วัน

2.2 ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองออกกำลังกายด้วยการยกคัมเบลในท่าอและเหยียดข้อศอกในแขนข้างที่ไม่ถนัด

2.3 ทำการยกคัมเบลที่ระดับความหนัก 80 % ของ 1RM ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง ระหว่างเซตพัก 1 นาที

2.4 ให้ผู้ทดสอบยืนหลังชิดกำแพง มือข้างที่ไม่ถนัดถือคัมเบลในท่าอข้อศอกจากนั้นให้เหยียดและงอข้อศอก โดยควบคุมจังหวะความเร็วในการยกโดยใช้เครื่องให้จังหวะ (metronome) ทั้งนี้ได้กำหนดจังหวะที่ 60 ครั้งต่อนาที แล้วให้ผู้ทดสอบทำการงอข้อศอกตามจังหวะเครื่องเคาะ 2 ครั้ง และผู้ทดสอบทำการเหยียดข้อศอกตามจังหวะเครื่องเคาะ 4 ครั้ง ดังนั้นในการงอและเหยียดข้อศอก 1 รอบจึงเท่ากับการเคาะจังหวะ 6 ครั้ง

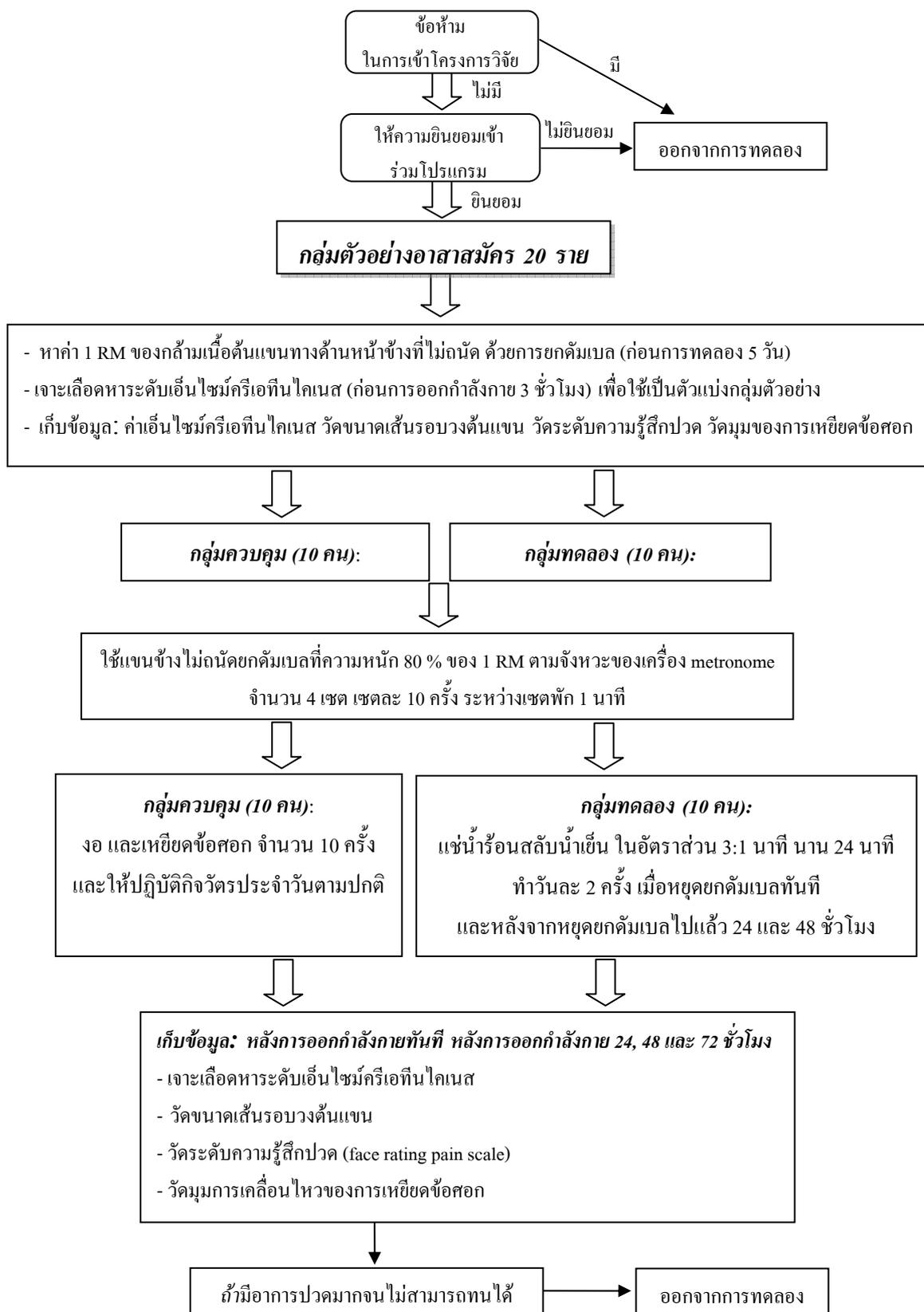
2.5 ภายหลังจากการยกคัมเบลผู้เข้าร่วมการทดลองจะต้องไม่รับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ ไม่ทำการนวดกล้ามเนื้อ หรือยืดกล้ามเนื้อบริเวณที่ใช้งาน

3. ภายหลังการออกกำลังกายที่ 0, 24 และ 48 ชั่วโมง

ให้กลุ่มควบคุมงอ และเหยียดข้อศอกข้างที่ไม่ถนัดโดยไม่ถือดัมเบล จำนวน 10 ครั้ง และให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติจนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนกลุ่มทดลองให้เข้ารับโปรแกรมการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสสลับกับการแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 3: 1 เป็นเวลา 24 นาที ในตอนบ่าย และตอนเย็น เป็นเวลาทั้งสิ้น 2 วัน และให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติจนสิ้นสุดการทดลอง

4. ภายหลังการออกกำลังกายที่ 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

ทำการเจาะเลือดที่เส้นเลือดดำบริเวณข้อพับแขน (basilar vein) ในแขนข้างที่ถนัด เพื่อวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส วัดระดับความรู้สึกปวด วัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน และวัดช่วงการเคลื่อนไหวของการเหยียดข้อศอก



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดลอง

การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกรู้สึกเจ็บปวด (face pain rating scale) และมุมของการเหยียดข้อศอก ของกลุ่มการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

2. วิเคราะห์การกระจายของข้อมูล ในแต่ละช่วงเวลา ด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov Goodness of fit เพื่อทดสอบการกระจายข้อมูล และคุณลักษณะการโค้งงอของข้อมูลว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ (normal distribution)

3. เมื่อวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล พบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และ เส้นรอบวงต้นแขน มีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ ($P > .05$) จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (two way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ 2 วิธี กับช่วงเวลาของการรักษาที่มีต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และเส้นรอบวงต้นแขน ถ้าพบว่าวิธีการรักษา ช่วงเวลาของการรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบต่อดังนี้

3.1 ทดสอบหาความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และ เส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้สถิติการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance; ANOVA)

3.2 ทดสอบหาความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และเส้นรอบวงต้นแขน ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกคัมเบล หลังการยกคัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one way ANOVA with repeated measure)

3.3 เปรียบเทียบความแตกต่างในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยสถิติ Paired t-test

4. เมื่อวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล พบว่า ระดับความรู้สึกรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก ไม่มีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ ($P < .05$) ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

4.1 ทดสอบหาความแตกต่างของระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอกระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

4.2 ทดสอบหาความแตกต่างของระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอกในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกดัมเบล หลังการยกดัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง โดยใช้สถิติ Friedman test

4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Rank test

5. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย

แผนกกายภาพบำบัด โรงพยาบาลรามาริบดี

ระยะเวลาในการทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำการวิจัยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2550 ถึง กันยายน 2550

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบผลการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อการป้องกัน และรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายชนิดที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก
2. ผลของการวิจัยจะเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้สำหรับการป้องกัน และรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

แหล่งทุนสนับสนุน

รับทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครหญิงที่มีสุขภาพดี ไม่มีอาการปวดกล้ามเนื้อ จำนวน 20 คน ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 10 คน คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น 2 ครั้งต่อวัน ภายหลังจาก ยกดัมเบลที่ความหนัก 80% ของ 1 RM ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง ระหว่างเซตให้พัก 1 นาที ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นขา ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก โดยทำการวัดในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลัง ยกดัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้อมูลมาทดสอบการกระจายของแต่ละตัวแปรด้วย สถิติ Kolmogorov Smirnov Goodness of fit พบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส และเส้นรอบวง ต้นแขน มีการกระจายแบบโค้งปกติ($P > .05$) จึงใช้สถิติพารามตริก ส่วนระดับความรู้สึกปวด และ มุมของการเหยียดข้อศอก ไม่มีการกระจายแบบโค้งปกติ($P < .05$) จึงเลือกใช้สถิตินอนพารามตริก ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลการวิจัย ในรูปแบบของตาราง ภาพ ประกอบความเรียง โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส

ตอนที่ 3 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อเส้นรอบวงต้นแขน

ตอนที่ 4 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อระดับความรู้สึกเจ็บปวด

ตอนที่ 5 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อมุมของการเหยียดข้อศอก

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมและกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ซึ่งประกอบด้วย อายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง โดยได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

ลักษณะทางกายภาพ	กลุ่มควบคุม		กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
อายุ (ปี)	30.4	3.13	29.9	3.45
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	54.4	7.21	55.8	5.41
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	157.2	3.52	155.3	3.86

จากตารางที่ 2 แสดงลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครหญิงในกลุ่มควบคุมมีอายุ น้ำหนักตัว และส่วนสูงเฉลี่ย ตามลำดับดังนี้คือ 30.4 ± 3.13 ปี, 54.4 ± 7.21 กิโลกรัม และ 157.2 ± 3.52 เซนติเมตร สำหรับกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีอายุ น้ำหนักตัวและส่วนสูงเฉลี่ย ตามลำดับดังนี้คือ 29.9 ± 3.45 ปี 55.8 ± 5.41 กิโลกรัม และ 155.3 ± 3.86 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างวิธีการ 2 วิธี และระหว่างช่วงเวลา 5 ช่วงเวลา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบ วััดซ้ำ (two way ANOVA with repeated measure)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก					
- วิธีการ(group)	2738694.01	1	2738694.01	6.534	.02*
- สมาชิก(error)	7544244.9	18	419124.72		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	12697154.56	4	3174288.64	12.257	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* ช่วงเวลา	5245658.24	4	1311414.56	5.064	.001*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	18646876.4	72			
รวม	46872628.11	99			

* $P < .05$ ($F_{1,18} = 4.41$); ($F_{4,72} = 2.53$)

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวััดซ้ำ พบว่า ภายหลังจากหยุดยกดัมเบล ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนยกดัมเบลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (time effect; $P = .000$) ส่วนวิธีการรักษามีผลต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (group main effect; $P = .02$) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ กับระยะเวลาที่รักษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (group x time interaction; $P = .001$)

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา

ช่วงเวลา	กลุ่ม	ค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (ยูนิตต่อลิตร)				P-value ^a
		กลุ่มควบคุม		กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น		
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
ก่อนยกดัมเบล		79.6	15.09	76.9	13.92	.682
หลังการยกดัมเบลทันที		93.1	13.14	88.4	14.49	.457
หลังการยกดัมเบล 24 ชม.		249.6	128.54	125.7	44.41	.01*
หลังการยกดัมเบล 48 ชม.		509.6	283.16	206.5	100.61	.005*
หลังการยกดัมเบล 72 ชม.		1643.9	1642.47	423.4	320.63	.033*
	P-value^b	.000*		.000*		

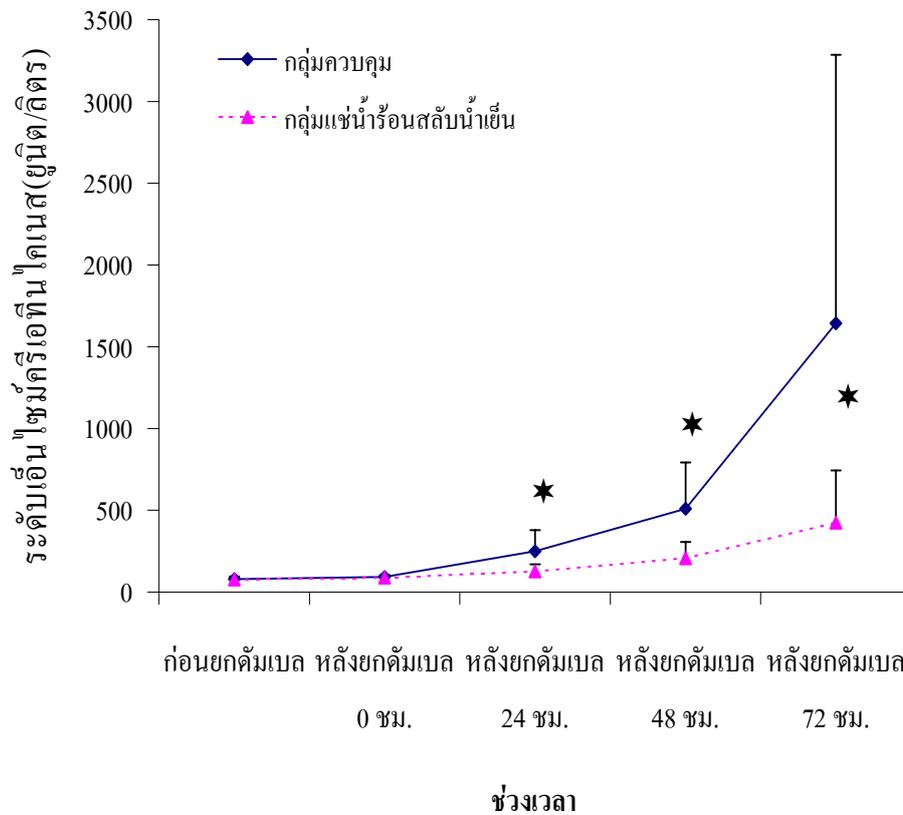
^a = วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance)

^b = วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one way ANOVA with repeated measure)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < .05$

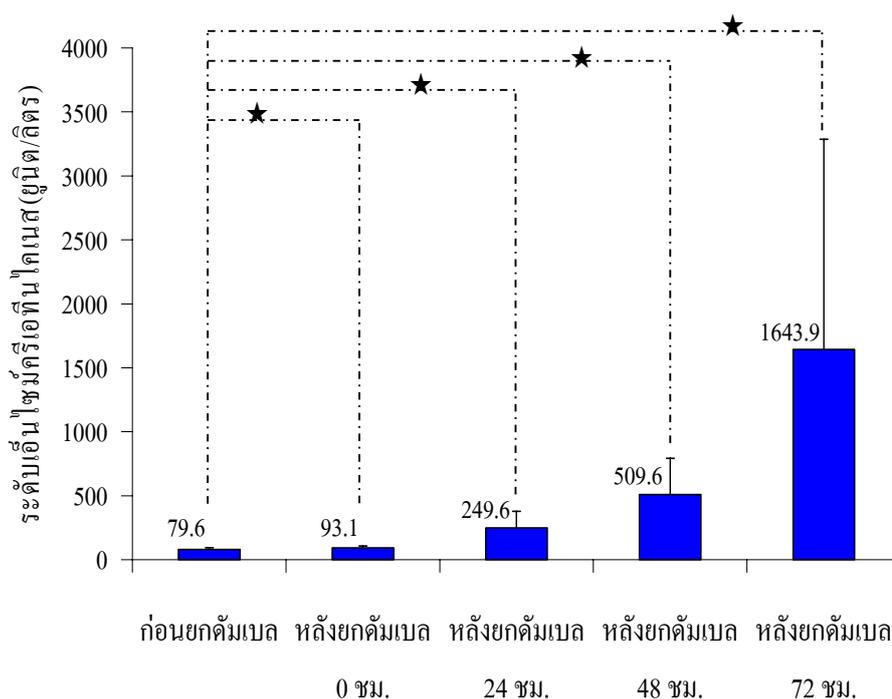
จากตารางที่ 4 และภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนยกดัมเบล และหลังหยุดยกดัมเบลทันทีของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกับกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อเวลาผ่านไป 24, 48, 72 ชั่วโมง ภายหลังจากหยุดยกดัมเบลระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสจะถูกหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น แต่ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่หลั่งออกมานั้นมีความแตกต่างกันกล่าวคือ ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นสามารถควบคุมระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสไม่ให้เพิ่มขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำกิจกรรมตามปกติ (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มควบคุมมีระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือดที่สูงกว่ากลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังจากหยุดออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในแต่ละช่วงเวลามีค่าเพิ่มขึ้นกว่าช่วงก่อนหน้า



★ ระดับเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

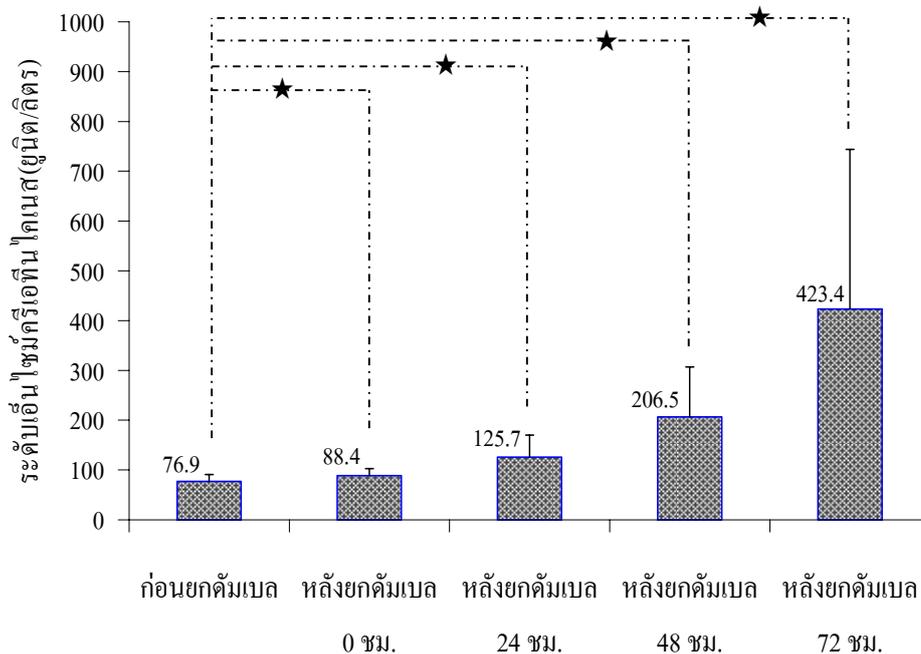
ภาพที่ 3 ระดับเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Paired t-test)

ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Paired t-test

ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม พบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่ตรวจพบภายหลังหยุดชักคัมเบลในทุกช่วงเวลามีค่ามากกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงก่อนชักคัมเบล กล่าวคือ ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 หลังจากหยุดชักคัมเบลมีค่ามากกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงก่อนชักคัมเบล นอกจากนี้ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลามีค่ามากกว่าช่วงเวลาก่อนหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 5)



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Paired t-test)

ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Paired t-test

ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น พบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่ตรวจพบภายหลังจากหยุดยกดัมเบลในทุกช่วงเวลามีค่ามากกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงก่อนยกดัมเบล กล่าวคือ หลังจากให้การรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงเวลาที่ 0, 24, 48, 72 หลังจากหยุดยกดัมเบลมีค่ามากกว่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงก่อนยกดัมเบล นอกจากนี้ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลามีค่ามากกว่าช่วงเวลาก่อนหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ ๖)

ตอนที่ 3 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อเส้นรอบวงต้นแขน

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างวิธีการ 2 วิธี และระหว่างช่วงเวลา 5 ช่วงเวลา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (two way ANOVA with repeated measure)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก					
- วิธีการ(group)	15.76	1	15.76	0.498	.489
- สมาชิก(error)	569.43	18	31.64		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	11.34	4	2.83	17.096	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* ช่วงเวลา	3.87	4	0.97	5.84	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	11.94	72			
รวม	612.34	99			

* $P < .05$ ($F_{1,18} = 4.41$); ($F_{4,72} = 2.53$)

จากตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ พบว่า ขนาดเส้นรอบวงต้นแขนที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (time effect; $P = .000$) ส่วนวิธีการรักษาไม่มีผลต่อเส้นรอบวงต้นแขน (group main effect; $P = .49$) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการรักษา กับช่วงเวลารักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (group x time interaction; $P = .000$)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นรอบวงต้นแขน ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา

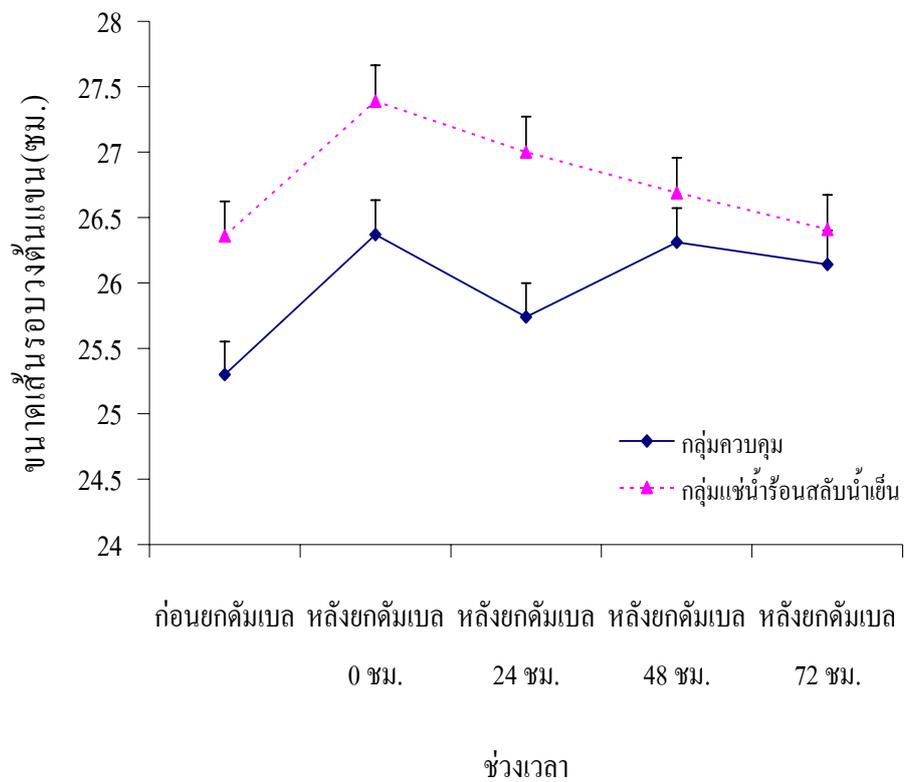
ช่วงเวลา	กลุ่ม	ค่าเส้นรอบวงต้นแขน (เซนติเมตร)				P-value ^a
		กลุ่มควบคุม		กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น		
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
ก่อนยกคัมเบล		25.3	2.29	26.36	2.81	.38
หลังการยกคัมเบลทันที		26.37	2.27	27.39	2.75	.38
หลังการยกคัมเบล 24 ชม.		25.74	2.26	27	2.87	.29
หลังการยกคัมเบล 48 ชม.		26.31	2.1	26.69	2.87	.74
หลังการยกคัมเบล 72 ชม.		26.14	2.17	26.41	2.83	.81
P-value^b		.000*		.000*		

^a = วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance)

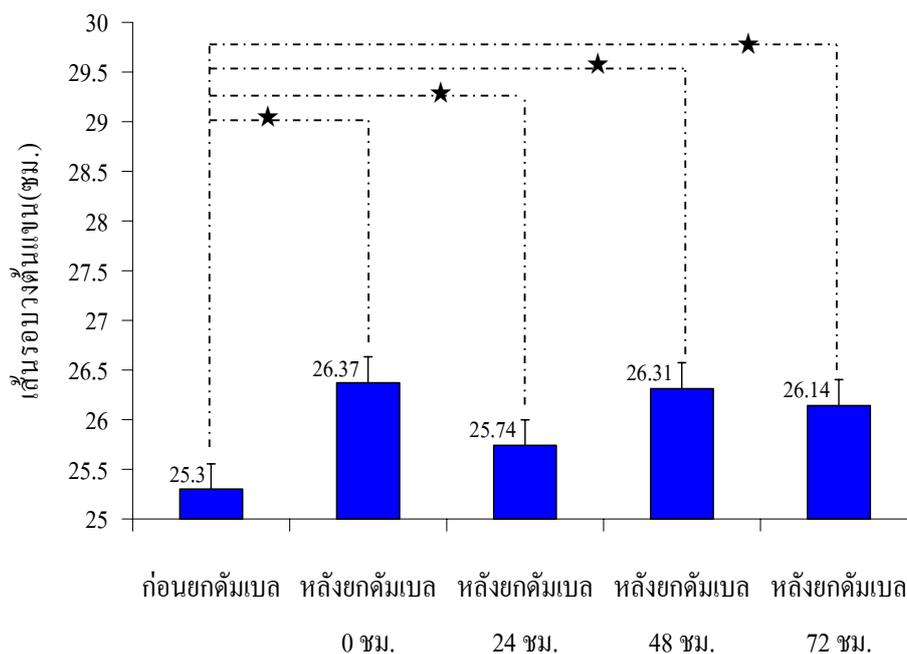
^b = วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one way ANOVA with repeated measure)

*= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < .05$

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงต้นแขน ก่อนยกคัมเบล และหลังหยุดยกคัมเบลในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกับกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงต้นแขนในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกคัมเบล หลังหยุดยกคัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า ภายหลังจากหยุดยกคัมเบลทันที เส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดเพิ่มขึ้น ภายหลังจากหยุดยกคัมเบลไปแล้ว ในวันที่ 3(72 ชั่วโมง) เส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มควบคุมยังมีขนาดที่มากกว่าเส้นรอบวงต้นแขนที่วัดได้ในช่วงก่อนยกคัมเบล ในขณะที่การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทำให้เส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นลดลงเรื่อยๆ โดยที่เส้นรอบวงต้นแขนที่วัดได้ ภายหลังจากหยุดยกคัมเบลในวันที่ 3(72 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกับที่วัดได้ก่อนยกคัมเบล



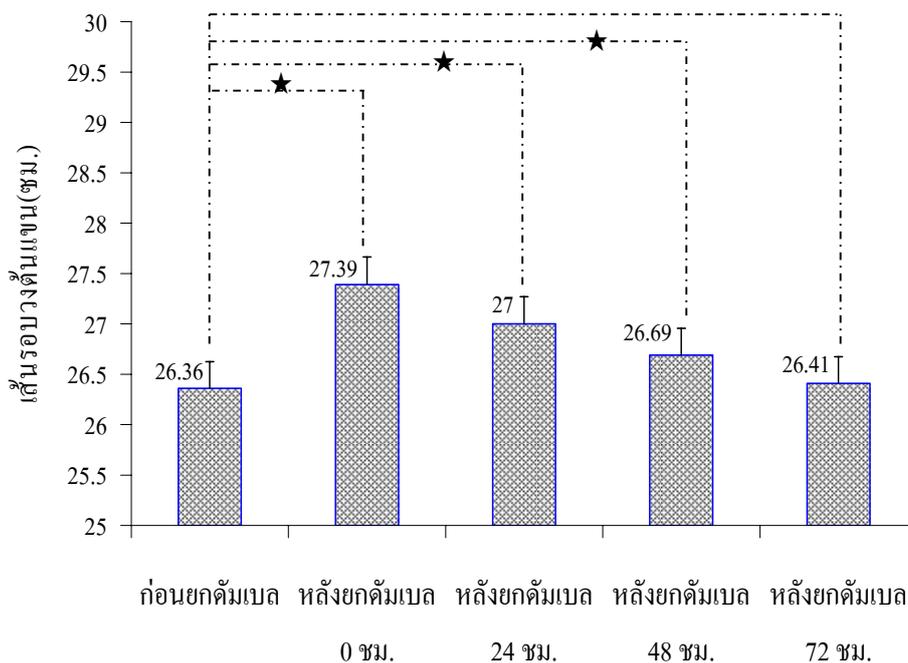
ภาพที่ 6 เส้นรอบวงต้นแขนที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Paired t-test)

ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Paired t test

ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงต้นแขน ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม พบว่า เส้นรอบวงต้นแขนขณะเหยียดข้อศอกในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 หลังจากหยุดยักคัมเบลมีค่ามากกว่าเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงก่อนยักคัมเบลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภายหลังจากหยุดยักคัมเบลในวันที่ 2, 3(48, 72 ชั่วโมง) เส้นรอบวงต้นแขนลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ยังมีขนาดมากกว่าช่วงก่อนยักคัมเบล



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Paired t-test)

ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Paired t test

ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น พบว่า หลังหยุดยกดัมเบลทันที (ชั่วโมงที่ 0) เส้นรอบวงต้นแขนมีขนาดเพิ่มขึ้นกว่าช่วงก่อนยกดัมเบล เมื่อได้รับการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น เส้นรอบวงต้นแขนมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ โดยเส้นรอบวงต้นแขนในชั่วโมงที่ 24, 48, 72 ชั่วโมงมีค่าน้อยกว่าเส้นรอบวงต้นแขนในชั่วโมงที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้เส้นรอบวงต้นแขนที่วัดได้ในวันที่ 3 (72 ชั่วโมง) ของการรักษามีขนาดไม่แตกต่างกับเส้นรอบวงต้นแขนที่วัดได้ในช่วงก่อนยกดัมเบล

ตอนที่ 4 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อระดับความรู้สึกเจ็บปวด

ตารางที่ 7 แสดงค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความรู้สึกปวด ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา

ช่วงเวลา	ค่าระดับความรู้สึกเจ็บปวด (คะแนน)						P-value ^a	
	กลุ่ม	กลุ่มควบคุม			กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น			
		\bar{X}	SD	Median	\bar{X}	SD		Median
ก่อนยกดัมเบล		0	0	0	0	0	1	
หลังการยกดัมเบลทันที		0.6	0.52	1	0.7	0.48	.648	
หลังการยกดัมเบล 24 ชม.		2.1	0.57	2	1.8	0.42	.195	
หลังการยกดัมเบล 48 ชม.		3	0.67	3	1.6	0.7	.001*	
หลังการยกดัมเบล 72 ชม.		1.2	0.63	1	0.4	0.52	.01*	
	P-value^b	.000*			.000*			

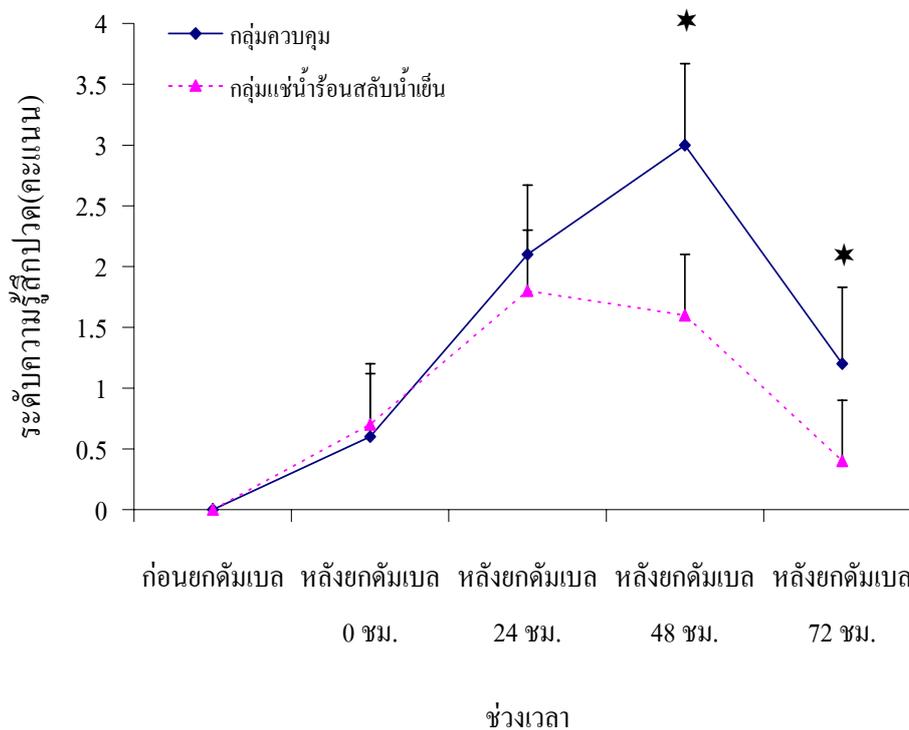
^a = Mann-Whitney U test

^b = Friedman test

*= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < .05$

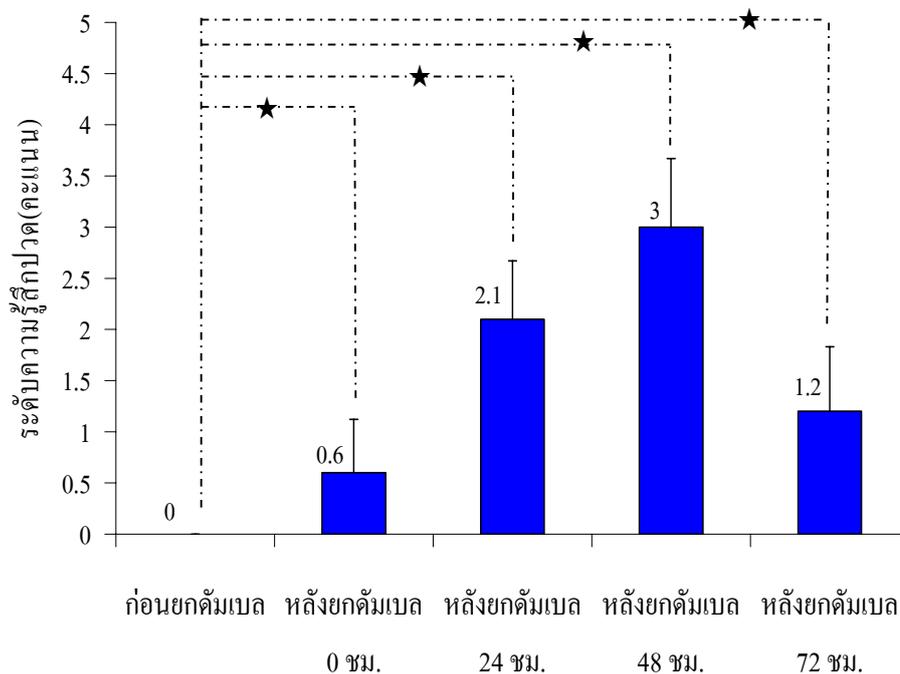
จากตารางที่ 7 และภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าก่อนยกดัมเบลทั้ง 2 กลุ่มไม่มีอาการปวดขณะเหยียดข้อศอก(ไม่มีอาการปวด= 0 คะแนน) ภายหลังจากยกดัมเบลทั้ง 2 กลุ่มมีความรู้สึกปวดขณะเหยียดข้อศอกมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนยกดัมเบล โดยที่ระดับความรู้สึกปวดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันในช่วงเวลาที่ 0, 24 หลังจากยกดัมเบล แต่ในช่วงเวลาที่ 48 และ 72 หลังจากยกดัมเบล พบว่า กลุ่มควบคุมมีระดับความรู้สึกปวดมากกว่ากลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับความรู้สึกปวด ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกดัมเบล หลังยกดัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมงพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีอาการปวดกล้ามเนื้อสูงสุดในวันที่ 1 หลังจากยกดัมเบล จากนั้นกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นจะมีอาการปวดกล้ามเนื้อลดลงเรื่อยๆ ในวันที่ 2 และ 3 หลังจากยกดัมเบล ส่วนกลุ่มควบคุมมีอาการปวดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นโดยมีอาการปวดกล้ามเนื้อสูงสุดในวันที่ 2 (48 ชั่วโมง) และอาการปวดกล้ามเนื้อเริ่มลดลงในวันที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการยกดัมเบล



* ระดับความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Mann-Whitney U test)

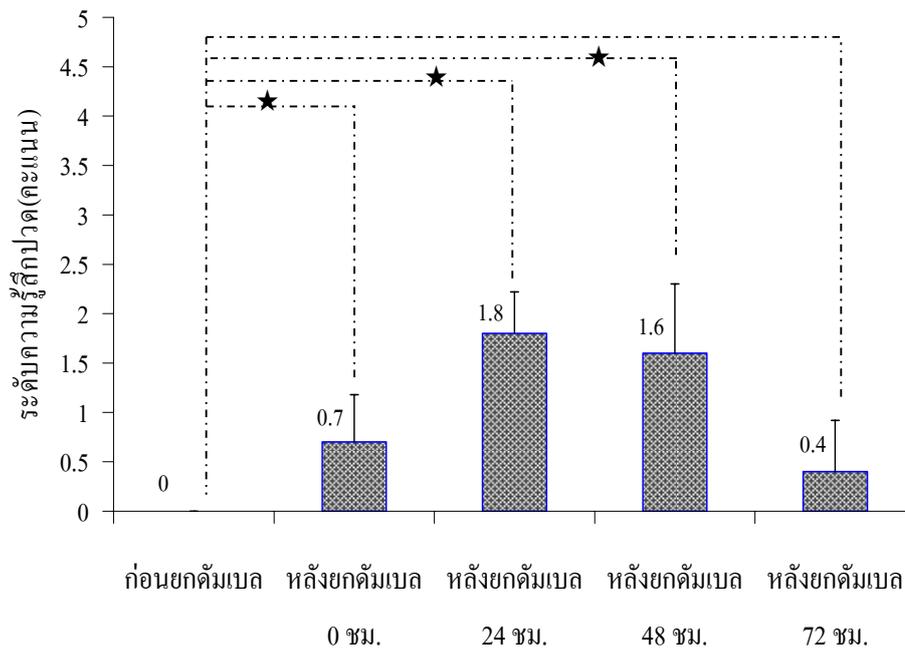
ภาพที่ 9 ระดับความรู้สึกปวดที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilcoxon Signed Rank test)

ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความรู้สึกรปวด ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test

ภาพที่ 10 แสดงระดับความรู้สึกรปวดขณะเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มควบคุมมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากขึ้นเรื่อยๆ ในช่วง 2 วันแรก (ในช่วง 24 และ 48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดยกคัมเบล โดยระดับความรู้สึกรปวดขณะเหยียดข้อศอกในช่วง 24, 48, 72 ชั่วโมง หลังจากหยุดยกคัมเบลมีคะแนนมากกว่าช่วงก่อนยกคัมเบล และหลังหยุดยกคัมเบลในช่วง 0 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาการปวดกล้ามเนื้อขณะเหยียดข้อศอกในวันที่ 3 (ในช่วง 72 ชั่วโมง) เริ่มลดลงเมื่อเทียบกับอาการปวดกล้ามเนื้อในวันแรก (24 ชั่วโมง) หรือวันที่ 2 (48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดยกคัมเบล (ตารางผนวกที่ ข14)



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilcoxon Signed Rank test)

ภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่ม
 แขน้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test

ภาพที่ 11 แสดงระดับความรู้สึกปวด ขณะเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแขนน้ำร้อนสลับน้ำเย็น พบว่า ทันทีที่หยุดขุดคัมเบลกลุ่มตัวอย่างเริ่มรู้สึกปวดกล้ามเนื้อขณะเหยียดข้อศอก ซึ่งระดับความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อขณะเหยียดข้อศอกในชั่วโมงที่ 24 และ 48 หลังจากหยุดขุดคัมเบล มีคะแนนมากกว่าช่วงก่อนขุดคัมเบล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังจากให้การรักษาด้วยการแขนน้ำร้อนสลับน้ำเย็นไปได้ 3 วัน (72 ชั่วโมง) อาการปวดจึงลดลงใกล้เคียงกับช่วงก่อนขุดคัมเบล

ตอนที่ 5 ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อมุมของการเหยียดข้อศอก

ตารางที่ 8 แสดงค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมุมของการเหยียดข้อศอก ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาของการรักษา

ช่วงเวลา	กลุ่ม	มุมของการเหยียดข้อศอก (องศา)					P-value ^a	
		กลุ่มควบคุม			กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น			
		\bar{X}	SD	Median	\bar{X}	SD		Median
ก่อนยกคัมเบล		0	0	0	0	0	0	1
หลังการยกคัมเบลทันที		1.4	2.27	0	1.5	2.12	0	.789
หลังการยกคัมเบล 24 ชม.		11.8	5.75	13	10.1	4.91	9.5	.447
หลังการยกคัมเบล 48 ชม.		21.6	8.71	22	9	9.01	9	.014*
หลังการยกคัมเบล 72 ชม.		3.3	4.47	0	1	2.1	0	.224
	P-value^b		.000*			.000*		

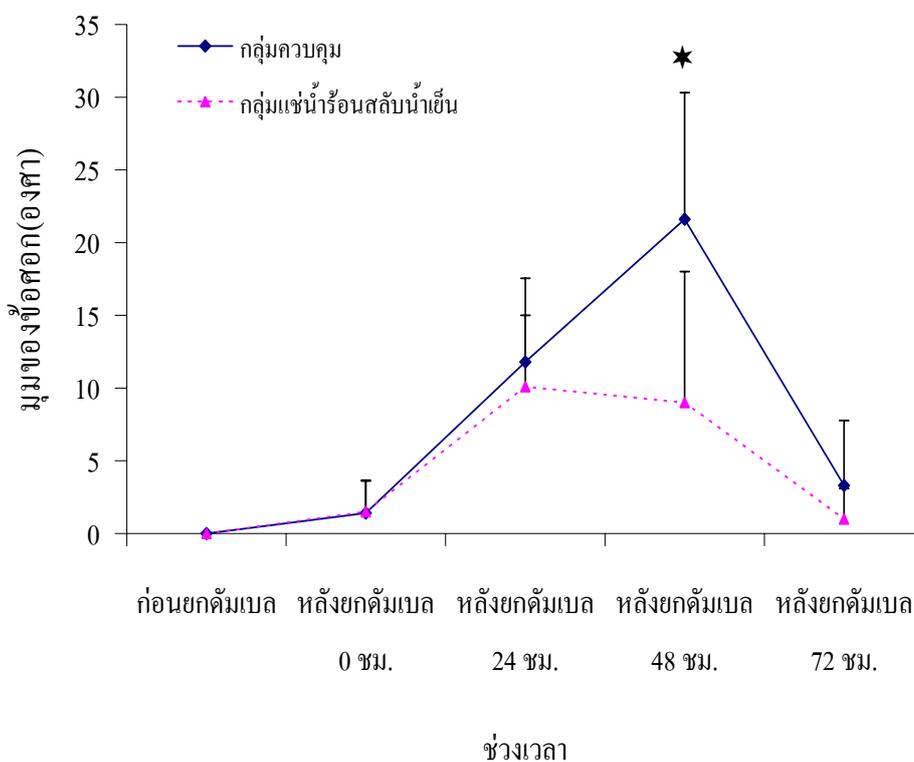
^a = Mann-Whitney U test ^b = Friedman test

*= มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < .05$

จากตารางที่ 8 และภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่าก่อนยกคัมเบลทั้ง 2 กลุ่มสามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มมุมการเคลื่อนไหว(มุมของการเหยียดข้อศอกได้เต็มที่ = 0 องศา) ภายหลังจากยกคัมเบลในวันที่ 1 และ 2 (24 และ 48 ชั่วโมง) กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มไม่สามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มที่ อย่างไรก็ตามมุมของการเหยียดข้อศอกของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ภายหลังจากยกคัมเบลในวันที่ 2 (48 ชั่วโมง) กลุ่มควบคุมเหยียดข้อศอกได้ไม่เต็มที่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น โดยจะเห็นว่ากลุ่มควบคุมมีมุมของการงอข้อศอกมากกว่ากลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่า การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นสามารถช่วยลดอาการเหยียดข้อศอกได้ไม่เต็มที่ได้ดีกว่าการทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ (กลุ่มควบคุม)

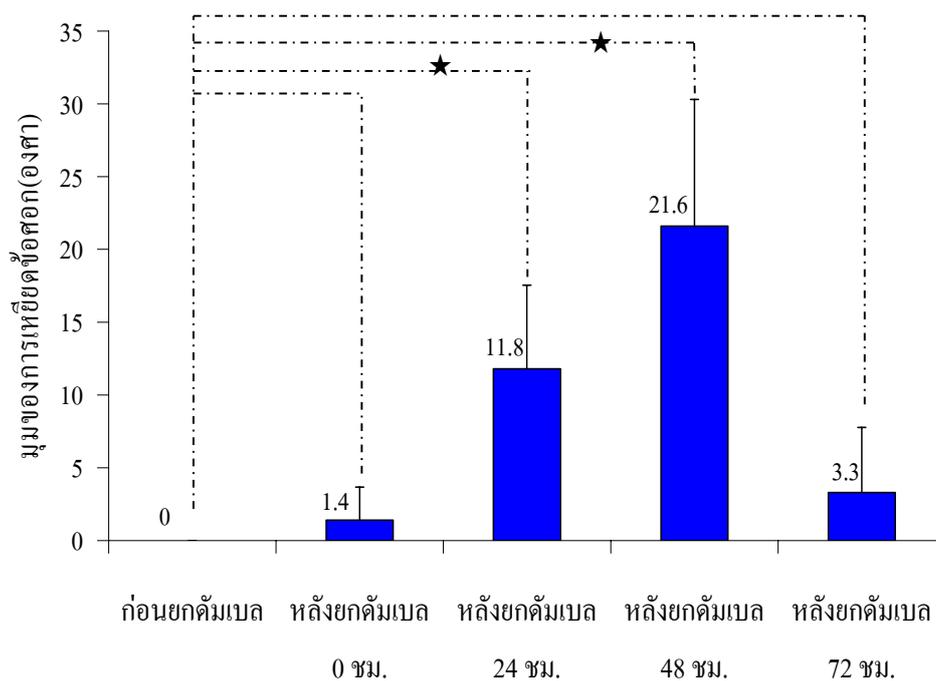
เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของมุมการเคลื่อนไหว ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกคัมเบล และหลังยกคัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนี้คือ ภายหลังจากยกคัมเบลไปแล้ว 24 และ 48 ชั่วโมง กลุ่ม

ตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ไม่สามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มที่ โดยจะเห็นได้จากมีมุมของการงอข้อศอกเกิดขึ้น และมีค่ามากที่สุดในวันที่ 2 ของการหยุดยกดัมเบล อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มสามารถเหยียดข้อศอกได้ดีขึ้นในชั่วโมงที่ 72 (วันที่ 3) หลังจากหยุดยกดัมเบล



★ มุมของการเหยียดข้อศอกของกลุ่มควบคุม และกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Mann-Whitney U test)

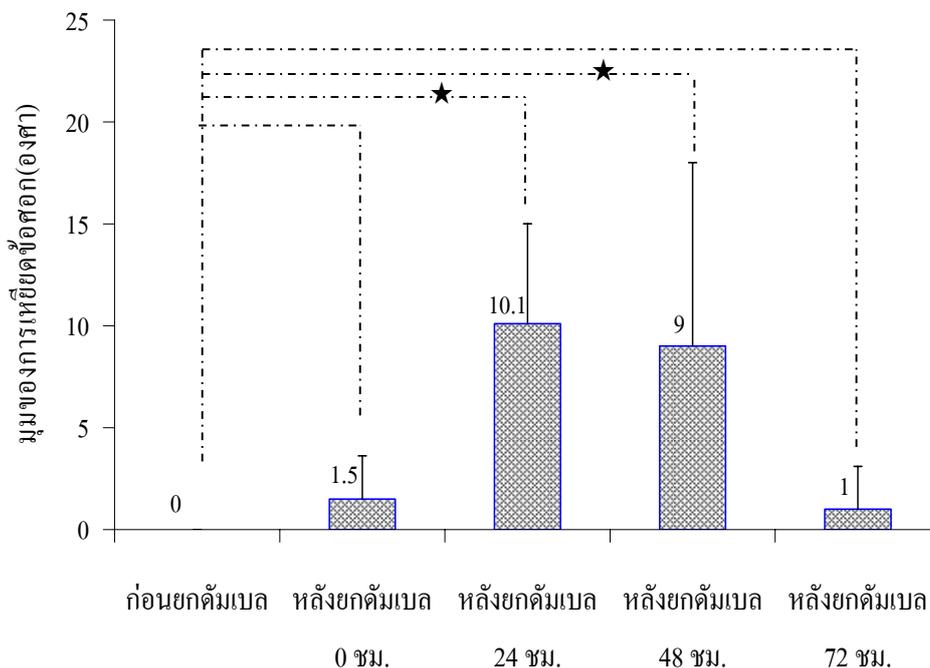
ภาพที่ 12 มุมของการเหยียดข้อศอกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilcoxon Signed Rank test)

ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างมุมของการเหี่ยยคข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test

ภาพที่ 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมุมของการเหี่ยยคข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุม พบว่า ใน 2 วันแรก (24 และ 48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดขกคัมเบล กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเหี่ยยคข้อศอกได้เต็มที่ โดยพบว่า มีการงอข้อศอกเกิดขึ้น โดยมุมของการงอข้อศอกมีค่ามากกว่าช่วงก่อนขกคัมเบลและหลังหยุดขกคัมเบลในชั่วโมงที่ 0 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ในวันที่ 3 (72 ชั่วโมง) หลังจากหยุดขกคัมเบล กลุ่มตัวอย่างสามารถเหี่ยยคข้อศอกได้มากขึ้น โดยมุมของการเหี่ยยคข้อศอก ในวันที่ 3 ไม่แตกต่างกับมุมของการเหี่ยยคข้อศอกที่วัดได้ก่อนขกคัมเบล



★ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilcoxon Signed Rank test)

ภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างมุมของการเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank test

ภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมุมของการเหยียดข้อศอก ในช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น พบว่า กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มที่ในวันที่ 1 และ 2 (24, 48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดขุดคัมเบลเมื่อเทียบกับก่อนขุดคัมเบล โดยพบว่า ในวันที่ 1 และ 2 (24, 48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดขุดคัมเบลมีค่ามุมของการงอข้อศอกมากกว่าในช่วงก่อนขุดคัมเบล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังจากแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นไปได้ 3 วัน กลุ่มตัวอย่างจึงสามารถเหยียดข้อศอกได้ไม่แตกต่างกับก่อนขุดคัมเบล

วิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นปัจจัยที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังหยุดออกกำลังกาย (DOMS) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อก้ามเนื้อหดตัวแบบยืดยาวออก ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครเพศหญิงจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 25-35 ปี ให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายด้วยการยกดัมเบลโดยใช้แขนข้างไม่ถนัดยกดัมเบลที่ความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง และให้พักระหว่างเซต 1 นาที เมื่อทำครบแล้วจึงให้หยุดยกดัมเบล จากนั้นให้กลุ่มควบคุมจำนวน 10 คน ทำการงอและเหยียดข้อศอกโดยไม่ถือดัมเบลจำนวน 10 ครั้ง แล้วจึงให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ ส่วนกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น จำนวน 10 คน จะต้องแช่แขนข้างที่ยกดัมเบลในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่อัตราส่วน 3:1 เป็นระยะเวลา 24 นาที ทำ 2 ครั้งต่อวัน เป็นจำนวนทั้งสิ้น 6 ครั้ง เมื่อสิ้นสุดการยกดัมเบลในทันที(0 ชั่วโมง) และที่ 24, 48, 72 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้นำเลือดส่งตรวจหาระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส วัดเส้นรอบวงต้นแขน วัดระดับความรู้สึกปวด และวัดมุมของการเหยียดข้อศอก

จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และวิจารณ์ผลการทดลองดังต่อไปนี้ คือ

1. ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส
2. เส้นรอบวงต้นแขน
3. ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก

ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส

จากการวิจัยนี้การยกคัมเบลในท่าอ-เหยียดข้อศอกที่ระดับความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง สามารถทำให้ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในกระแสเลือดของผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายมีค่าสูงขึ้นในทันทีที่หยุดยกคัมเบล แต่อย่างไรก็ตามเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปคือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงของการหยุดยกคัมเบล กล้ามเนื้อยังมีการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสออกมาสู่กระแสเลือดมากขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 3) จากงานวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า การออกกำลังกายแบบยืดยาวออกด้วยการยกคัมเบลโดยใช้แขนข้างไม่ถนัดยกคัมเบลที่ความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง สามารถทำให้เกิดความเสียหาย หรือการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ และส่งผลให้เกิดการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสออกมาสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Armstrong (1984) และ Kuipers (1994) ที่ได้กล่าวว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับ ความรุนแรงของการออกกำลังกาย ชนิดของการออกกำลังกาย ความหนัก และระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย รวมทั้งสมรรถภาพทางกายของแต่ละคน ซึ่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสนี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเสียหาย และการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวข้อต่อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง รวมไปถึงสมรรถภาพทางกายที่ลดลง

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นซ้ำ 2 ครั้งต่อวัน ในทันทีที่หยุดยกคัมเบล และให้การรักษาต่อเนื่องเป็นเวลา 2 วัน กับกลุ่มควบคุมที่ให้ออและเหยียดข้อศอกเป็นจำนวน 10 ครั้ง และให้ทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อาจเป็นผลมาจากมีการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะที่ยกคัมเบลจึงทำให้มีการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสจากกล้ามเนื้อออกสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น การที่ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่แช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็นบ่งบอกได้ว่ามีการฉีกขาดของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะที่ยกคัมเบล ดังนั้นการให้ความร้อนสลับกับความเย็นหลังจากหยุดยกคัมเบลจึงไม่ช่วยป้องกันการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ Nosaka *et al.* (2004) ยังพบว่า การให้ความร้อน หรือความเย็นแก่กล้ามเนื้อก่อนที่จะออกกำลังกายก็ไม่สามารถป้องกันการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ โดย Nosaka และคณะ ได้ให้ความร้อนลึกด้วยคลื่นไมโครเวฟแก่กล้ามเนื้อกลุ่มงอข้อศอกจนอุณหภูมิของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 3°C และให้ความเย็นด้วยการใช้กระเป๋าน้ำแข็งประคบกล้ามเนื้อกลุ่มงอข้อศอกจนอุณหภูมิของกล้ามเนื้อลดลง 5°C จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายด้วยเครื่องบริหารกล้ามเนื้อในท่าอและเหยียดข้อศอก (arm-curl machine) ภายหลังจากหยุดออกกำลังกาย Nosaka และคณะ ได้พบว่ามีการเพิ่มของระดับเอ็นไซม์

ครีเอทีน ไคเนสในกระแสเลือดมากในวันที่ 3 และ 4 หลังจากหยุดออกกำลังกาย ซึ่งแสดงว่ามีการบาดเจ็บของเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดขึ้น

ถึงแม้ว่าการให้ความร้อนสลับความเย็นไม่สามารถป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ แต่การให้ความร้อนสลับความเย็นสามารถช่วยรักษาอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ ดังจะเห็นได้จากระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสในกระแสเลือดของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่ตรวจพบได้ในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 หลังจากหยุดยกดัมเบลมีค่าน้อยกว่าของกลุ่มควบคุมมาก แสดงว่าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อมีผลต่อการรักษาอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ในงานวิจัยของ Naber *et al.* (1996) พบว่า อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อที่ 41 °C มีความสำคัญต่อการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนสมากกว่าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อที่ 36 °C ในขณะที่ Isabell *et al.* (1992) และ Howatson *et al.* (2005) ได้รายงานว่าการให้ความเย็นโดยการนวดด้วยน้ำแข็งนั้นไม่สามารถลดการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีน-ไคเนสออกสู่กระแสเลือดได้ จากงานวิจัยดังกล่าวร่วมกับผลการวิจัยในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิมิผลต่อประสิทธิภาพของการรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ กล่าวคือการรักษาอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อที่ได้ผลดีควรเป็นการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น เนื่องจากการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นส่งผลทำให้เกิดการขยายตัว และการหดตัวของหลอดเลือดซึ่งช่วยเพิ่มการขับของเสียออกนอกเซลล์ในขณะเดียวกันยังช่วยลดขบวนการอักเสบ และกระตุ้นให้เนื้อเยื่อที่ฉีกขาดได้รับการซ่อมแซม

เส้นรอบวงต้นแขน

เส้นรอบวงแขนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีขนาดมากขึ้นภายหลังหยุดยกดัมเบลทันที โดยภายหลังหยุดยกดัมเบลไปแล้ว 72 ชั่วโมง ขนาดต้นแขนในกลุ่มควบคุมไม่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนยกดัมเบล การที่ขนาดต้นแขนเพิ่มขึ้นทันทีหลังหยุดออกกำลังกายนั้นเกิดจากมีการบวมของเนื้อเยื่อ เนื่องจากมีการรั่วไหลของโปรตีน และ ไอออนต่างๆออกนอกเซลล์กล้ามเนื้อที่มีการฉีกขาด ทำให้เกิดการคั่งของแคลเซียม ไอออน และเพิ่มสารน้ำภายนอกเซลล์ จึงทำให้มัดกล้ามเนื้อเกิดการบวมขึ้น แต่ถ้าสารน้ำหรือของเหลวถูกดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดก็จะทำให้ขนาดกล้ามเนื้อกลับคืนสู่ปกติได้ (Stauber *et al.*, 1990)

การทำกิจกรรมประจำวันไม่ช่วยลดอาการบวมของกล้ามเนื้อ โดยเห็นได้จากขนาดต้นแขนของกลุ่มควบคุมไม่ลดลงในวันที่ 3 หลังจากหยุดออกกำลังกายในขณะที่การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นนั้นสามารถช่วยลดอาการบวมของกล้ามเนื้อได้โดยพบว่า อาการบวมของกล้ามเนื้อเริ่มลดลงเรื่อยๆ หลังจากได้รับการรักษาไปแล้ว 1-2 วัน ซึ่งอาการบวมจะหายไปในวันที่ 3 ของการรักษา(ภาพที่ 6)

อาการบวมที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากการมีการดูดซึมของเหลวที่รั่วออกมาอยู่นอกเซลล์กล้ามเนื้อให้กลับเข้าสู่กระแสเลือดเร็วขึ้น เนื่องจากการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทำให้มีการขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือดส่งผลให้ของเหลวในช่องว่างระหว่างเนื้อเยื่อสามารถซึมเข้าสู่หลอดเลือดในขณะที่หลอดเลือดขยายตัว จากนั้นการบีบตัวของหลอดเลือดเป็นการเพิ่มแรงดันภายในเส้นเลือดช่วยดันเลือดให้ไหลกลับสู่หัวใจ (Vaile *et al.*, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fiscus (2005) พบว่า ความร้อนสลับความเย็นช่วยเพิ่ม และลดอัตราการไหลเวียนเลือดภายในหลอดเลือดตลอดเวลา 20 นาทีของการรักษา ทำให้ช่วยเคลื่อนย้ายของเหลวนอกเซลล์ไปยังหลอดเลือดดำเพิ่มขึ้น จากผลดังกล่าวจึงช่วยลดอาการบวมได้

ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก

ภายหลังจากหยุดยกดัมเบลกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากหยุดยกดัมเบลโดยในกลุ่มควบคุมมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากขึ้นเรื่อยๆ จะมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากที่สุดในวันที่ 2 (48 ชั่วโมง) และในวันที่ 3 (72 ชั่วโมง) อาการปวดกล้ามเนื้อเริ่มลดลง แต่กลุ่มตัวอย่างยังมีอาการปวดกล้ามเนื้ออยู่ ในขณะที่กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นจะมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากที่สุดในวันที่ 1 (24 ชั่วโมง) จากนั้นอาการปวดกล้ามเนื้อจะลดลงในวันที่ 2, 3 (48, 72 ชั่วโมง) ซึ่งอาการปวดกล้ามเนื้อในวันที่ 3 (72 ชั่วโมง) นั้นมีระดับความปวดกล้ามเนื้อใกล้เคียงกับก่อนยกดัมเบล (ภาพที่ 9) จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การยกดัมเบลแบบยืดยาวออก ที่ความหนัก 80% ของ 1RM ชั่วๆและนาน สามารถทำให้เกิดการบาดเจ็บของใยกล้ามเนื้อ Armstrong (1984) ได้กล่าวว่า อาการปวดกล้ามเนื้อนั้นจะเกิดขึ้นภายหลังจากออกกำลังกาย เมื่อเวลาผ่านไป 8-10 ชั่วโมง อาการปวดมากที่สุดอยู่ระหว่าง 24-48 ชั่วโมง และอาการปวดกล้ามเนื้อยังคงอยู่ 5-7 วันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกายของแต่ละคน โดยทั่วไปอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากออกกำลังกายจะเกิดขึ้นในขณะที่มีการเคลื่อนไหว หรือการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการเพิ่มความดันภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Miles and Clarkson, 1994) นอกจากนี้ Smith (1991) ได้กล่าวว่า ภายหลังจากเกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อร่างกายจะมีการหลั่งแบลคคีย์ไคนิน ฟลอสตาแกลนดิน ซีโรโทนิน และโปแตสเซียม ออกมาทำให้หลอดเลือดบริเวณเนื้อเยื่อมีการขยายตัว และเกิดการบวมของเนื้อเยื่อเนื่องจากการเพิ่มการซึมผ่านของสารน้ำออกนอกเซลล์แล้วไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกปวดชนิดที่ 3 และ 4 ทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ (Stauber *et al.*, 1990)

ทันทีที่หยุดออกกำลังกายกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มไม่สามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มที่โดยกลุ่มควบคุมเหยียดข้อศอกได้ไม่สุดในวันที่ 1, 2, 3 (24, 48, 72 ชั่วโมง) ในขณะที่กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำ

เย็นเหยียดข้อศอกได้ไม่สุดในวันที่ 1 จากนั้นอาการเหยียดข้อศอกไม่สุดลดลงเรื่อยๆ โดยในชั่วโมงที่ 72 กลุ่มตัวอย่างสามารถเหยียดข้อศอกได้ใกล้เคียงปกติ(ภาพที่12) การเหยียดข้อศอกไม่สุดนั้นเป็นผลมาจากการบวมของมัดกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อทำให้โปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อซึมออกมาอยู่ภายนอกเซลล์ นอกจากนี้ยังมีการรั่วไหลของแคลเซียมไอออนออกจากซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม ทำให้แอกตินจับกับไมโอซินเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อจึงเกิดการหดตัวเกร็งค้างซึ่งทำให้เคลื่อนไหวลำบาก (Kuipers, 1994; Clarkson and Newham, 1995)

การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นซ้ำทันทีหลังจากหยุดยกดัมเบลไม่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการฉีกขาดในขณะที่ยกดัมเบลจึงส่งผลให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ และบวม จึงทำให้เหยียดแขนได้ไม่เต็มที่ในเวลาต่อมา แต่เมื่อให้การรักษาต่อเนื่อง 2 วัน อาการปวดกล้ามเนื้อของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นลดลง และกลุ่มตัวอย่างสามารถเหยียดข้อศอกได้ดีขึ้นในวันที่ 2 และ 3 หลังจากหยุดออกกำลังกาย ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuligowski *et al.* (1998) ที่พบว่าการรักษาด้วยความร้อนสลับความเย็นวันละครั้งสามารถลดอาการปวดกล้ามเนื้อลงได้ในวันที่ 3 ของการรักษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ให้การรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ซึ่งส่งผลทำให้มีการขยายตัว และการบีบตัวของหลอดเลือดสลับกันเพิ่มการไหลเวียนเลือดมาที่กล้ามเนื้อทำให้มีการพาสารอาหาร และออกซิเจนมาส่งให้กับเซลล์กล้ามเนื้อในขณะเดียวกันก็ช่วยเคลื่อนย้ายของเสียออกนอกเซลล์ (Cameron, 1999; Cochrane, 2004) ความร้อนยับยั้งการทำงานของเส้นใยประสาทชนิด Ia afferent และ II afferent fiber จาก muscle spindle ที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และไปกระตุ้นเส้นประสาท Ib afferent fiber จากกอลจิทนคอน (golgi tendon organ) ทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเซลล์ประสาท (α motor neuron) ดังนั้นจึงทำให้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อลดลง (Kiner and Colby, 1996 และ กันยา, 2543) นอกจากนี้ความร้อนยังทำให้คอลลาเจนไฟเบอร์ ซึ่งพบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้แก่เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ และเอ็นกล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นเปลี่ยนไปจากเดิมคือ ทำให้ความหนืดของเอ็นลดลง และความตึงตัวลดลงซึ่งจะมีผลทำให้เนื้อเยื่อมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเย็นช่วยยับยั้งการหลั่งสารที่จะทำให้เกิดอาการอักเสบ และลดความเร็วของการนำกระแสประสาทรับความรู้สึกปวด ดังนั้นทั้งความร้อน และความเย็นจึงส่งผลให้ลดอาการอักเสบ อาการบวม และอาการปวดในระยะเฉียบพลัน (กันยา, 2543; Belanger, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vaile *et al.* (2007) ที่พบว่า การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายสามารถลดอาการปวดของกล้ามเนื้อขาได้ รวมทั้งงานวิจัยของ Mayer *et al.* (2006) ก็แสดงให้เห็นว่า การให้ความร้อนต่อเนื่องระดับต่ำแก่กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างภายหลังการหยุดออกกำลังกาย สามารถช่วยบรรเทา

อาการปวดกล้ามเนื้อ ผ่อนคลายกล้ามเนื้อส่งผลให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่างราบเรียบ ข้อต่อจึงเคลื่อนไหวดีขึ้น

ความเย็นที่ใช้ในการรักษาโดยทั่วไปมีอุณหภูมิประมาณ 12-15 องศาเซลเซียส (Myrer *et al.*, 1994; Fiscus *et al.*, 2005 and Vaile *et al.*, 2007) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำผสมน้ำแข็งโดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 13 องศาเซลเซียส ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สามารถทนความเย็นที่อุณหภูมินี้ได้ มีเพียง 20% ของกลุ่มตัวอย่างที่รู้สึกว่าอุณหภูมิของน้ำค่อนข้างเย็นเกินไป และมีการขยับแขนเป็นบางครั้ง ซึ่งผู้วิจัยต้องควบคุมให้กลุ่มตัวอย่างแช่แขนในอ่างน้ำที่ระดับเดิม อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ผลในการรักษา อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ใช้ในการรักษาจึงควรจะอยู่ระหว่าง 12-15 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรให้ร่างกายแช่อยู่ในน้ำเย็นนานเกินกว่า 1 นาที เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอาจจะทนไม่ได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ขนาดเส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และมุมของการเหยียดข้อศอก ภายหลังหยุดออกกำลังกายชนิดที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบยืดยาวออก กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นอาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 25-35 ปี ถูกสุ่มเลือกเข้ากลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นจำนวนกลุ่มละ 10 คน จากนั้นจึงให้ทำการออกกำลังกายด้วยการใช้แขนข้างไม่ถนัดยกดัมเบลที่ระดับความหนัก 80 %ของ 1RM ภายหลังจากการยกดัมเบลให้กลุ่มควบคุมองและเหยียดข้อศอกโดยไม่ถือดัมเบล จำนวน 10 ครั้ง แล้วให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ ส่วนกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ได้รับการรักษาโดยการให้แขนข้างที่ยกดัมเบลแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นเป็นเวลา 20 นาที ทำ 2 ครั้งต่อวัน เป็น 6 ครั้งคือ เมื่อสิ้นสุดการยกดัมเบลทันที ในวันที่ 1 และ 2 (24 และ 48 ชั่วโมง) หลังจากหยุดยกดัมเบล ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส เส้นรอบวงต้นแขน ระดับความรู้สึกปวด และมุมการเคลื่อนไหวในช่วงก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ตามลำดับ

ภายหลังสิ้นสุดการยกดัมเบลในชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 พบว่า กล้ามเนื้อมีการหลั่งเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสออกมาสู่กระแสเลือดมากขึ้นและต่อเนื่องในชั่วโมงที่ 24, 48, 72 โดยในกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีการหลั่งเอ็นไซม์น้อยกว่ากลุ่มควบคุมมาก แสดงให้เห็นว่าการแช่น้ำร้อนสลับความเย็นนั้นสามารถควบคุมการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้

การยกดัมเบลทำให้เส้นรอบวงต้นแขนเพิ่มขึ้นแต่กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีเส้นรอบวงต้นแขนลดลงในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ตามลำดับ โดยในชั่วโมงที่ 72 ขนาดต้นแขนเข้าสู่ภาวะปกติ ส่วนเส้นรอบวงต้นแขนของกลุ่มควบคุมไม่สามารถเข้าสู่ภาวะปกติได้ภายใน 72 ชั่วโมงหลังจากหยุดยกดัมเบล

ภายหลังหยุดยกดัมเบลทั้ง 2 กลุ่มจะมีอาการปวดกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในกลุ่มควบคุมมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น โดยในกลุ่มควบคุมมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากที่สุดในวันที่ 2 (ชั่วโมงที่ 48) และอาการปวดลดลงในวันที่ 3 (ชั่วโมงที่ 72) ส่วน

กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นจะมีอาการปวดกล้ามเนื้อมากที่สุดในวันที่ 1 (ชั่วโมงที่ 24) และอาการปวดกล้ามเนื้อลดลงในวันที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่าการแช่น้ำร้อนสลับความเย็นนั้นสามารถช่วยลดความรู้สึkpวดกล้ามเนื้อได้ดี

กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มไม่สามารถเหยียดข้อศอกได้เต็มที่หลังจากหยุดยกดัมเบลในวันที่ 1 และ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนยกดัมเบล อย่างไรก็ตามการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นสามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างเหยียดข้อศอกได้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ

จากการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นนั้นไม่สามารถป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) แต่ช่วยรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ได้ โดยลดการอักเสบของกล้ามเนื้อ ไคเนสจากเซลล์กล้ามเนื้อ ลดความถี่ของอาการปวดกล้ามเนื้อ และช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อทำให้สามารถเหยียดข้อศอกได้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสที่บันทึกได้ภายหลังหยุดยกดัมเบลมีความแปรปรวนมาก ดังนั้นถ้าต้องการศึกษาเกี่ยวกับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสควรจะใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
2. การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีที่หยุดออกกำลังกายไม่สามารถป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ได้ และจากรายงานของ Nosaka *et al.* (2004) พบว่า การให้ความร้อน และความเย็นแก่กล้ามเนื้อก่อนทำการออกกำลังกายก็ไม่สามารถป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีการใหม่ๆ ที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และป้องกันไม่ให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กันยา ปาละวิวัฒน์. 2543. การรักษาด้วยเครื่องไฟฟ้าทางกายภาพบำบัด. สำนักพิมพ์เดอะบุคส์, กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ชรรคมลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ชนวิทย์ เตชะทรัพย์อมร. 2540. การรักษาด้วยความร้อน เย็น แสง เสียง. ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- นพวรรณ จารุรักษ์. 2004. CK-MB activity และ CK-MB mass ในการวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย. **Chula Med J.** 8 (8): 554-560.
- พิชิต ภูติจันทร์. 2531. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ราตรี สูดทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม. 2545. ประสาทสรีรวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อภิรักษ์ เทียนทอง. 2549. การฝึกด้วยน้ำหนักเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Albert, M. 1995. **Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopedics.** 2nded. Churchill Livingstone, New York.
- Armstrong, R.B. 1984. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscle soreness: a brief review. **Med. Sci. Sports Exerc.** 16(6): 529-538.
- Belanger, A.Y. 2002. **Cryotherapy: Evidence-Base Guide to Therapeutic Physical Agent.** Lippincott William Willkin, Philadelphia.

- Cameron, M.H. 1999. **Physical Agents in Rehabilitation: From research to practice.**
W.B. Saunders company, Philadelphia, Pennsylvania.
- Chesterton, L.S., N.E. Foster and L. Rose. 2002. Skin temperature response to cryotherapy.
Arch. Phys. Med. Rehabil. 83: 543-549.
- Clarkson, P.M., K. Nosaka and B. Braun. 1992. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24: 512-520.
- _____ and D.J. Newham. 1995. Association between muscle soreness, damage and fatigue. pp.457-469. In S.C. Gandvia., R.M. Enoka., A.J. McComas., D.G. Stuart and C.K. Thomas. **Fatigue: Neural and Muscular Mechanism.** Plenum press, New York.
- Cleak, M.J. and R.G. Eston. 1992. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. **Br. J. Sports Med.** 26: 267-272.
- Cochrane, R. 2004. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review.
Phys. Ther. Sport. 5: 26-32.
- Denegar, C.R. and D.H. Perrin. 1992. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold and a combination treatment on pain, decrease rang of motion and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. **J. Athl. Train.** 27(3): 201-220.
- De Vries H.A. 1966. Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. **Am. J. Phys. Med.** 45: 119-134.
- Eston, R. and D.Peters. 1999. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise induced muscle injury. **J. Sports Sci.** 17: 231-238.

- Faulkner, J.A., S.V. Brooks and J.A. Opiteck. 1993. Injury to skeletal muscle fibers during contraction: condition of occurrence and prevention. **Phys Ther.** 73: 911-921.
- Fiscus, K.A., T.W. Kaminski and M.E. Powers. 2005. Changes in lower blood flow during warm, cold and contrast water therapy. **Arch Rhys Med Rehabil.** 86: 1404-1410.
- Howatson, G. and K.A. Van Someren. 2003. Ice massage effects on exercise induced muscle damage. **J. Sports Med. Phys. Fit.** 43: 500-505.
- _____, G. Gaze and K .A. Van Someren. 2005. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. **Scand. J. Med. Sci. Sports.** 15: 416-422.
- Hyatt, J.K. and P.M. Clarkson. 1998. Creatine kinase and clearance using MM variants following repeated bouts of eccentric exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** 30: 1059-1065.
- Isabell, W.K., E. Durrant., W. Myrer and S. Anderson. 1992. The effects of ice massage, ice massage with exercise and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. **J. Athl. Train.** 27: 208-217.
- Keck, J.F., J.E. Gerkenmeyer., B.A. Joyce and J.G. Schade. 1996. Reliability and validity of the faces and word descriptor scales to measures procedural pain. **J. Pediatr. Nurs.** 11: 368-374.
- Kiner, C. and L.A. Colby. 1996. **Therapeutic Exercise: Foundations and techniques.** 3rd e.d. F. A. Davis Company, Philadelphia.
- Knight, K.L. 1995. **Cryotherapy in Sport Injury Management.** Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Kuipers, H. 1994. Exercise-induced muscle damage. **Int. J. Sports Med.** 15: 132-135.

- Kuligowski, L.A., S.M. Lephart., F.P. Giannantonio and R.O. Blanc. 1998. Effect of whirlpool therapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. **J. Athl. train.** 33: 222-228.
- Lehmann, J.F. and B.J. Delateur. 1990. **Therapeutic Heat and Cold.** 4th e.d. William and Wilkins, Baltimore.
- Myrer, J.W., D.O. Draper and E. Durrant. 1994. Contrast therapy and intramuscular temperature in the human leg. **J. Athl. Train.** 29(4): 318-322.
- Mayer, J.M., V. Mooney and L.N. Matheson. 2006. Continuous low-level heat wrap therapy for the prevention and early phase treatment of delayed onset muscle soreness of low back: A randomized controlled trial. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 87: 1310-1317.
- Miles, M.P. and P.M. Clarkson. 1994. Exercise-induced muscle pain, soreness and cramps. **J. Sport Med. Phys. Fit.** 34: 203-216.
- Moeller, J.L., J. Monroe and D.B. Mckeay. 1997. Cryotherapy-induced common peroneal nerve palsy. **Clin. J. Sports Med.** 7: 212-216.
- Morgan, D. and D. Allen. 1999. Early events in stretch-induced muscle damage. **J. Appl. Physiol.** 87: 2007-2015.
- Naber, D., P. Sand., B. Heigl and H. Sekimoto. 1996. Effect of incubation temperature on the creatine kinase release from an in vitro rat skeletal muscle preparation. **Journal of Thermal Biology.** 21(2): 109-113.
- Nosaka, K., K. Sakamoto and M. Newton. 2004. Influence of pre-exercise muscle temperature on response to eccentric exercise. **J. Athl. train.** 39(2): 132-137.

- Smith, L.L. 1991. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23: 542-551
- Stauber, W.T., P.M. Clarkson., V.K. Fritz and W.J. Evans. 1990. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. **J. Appl. Physiol.** 69: 868-874.
- Swenson, C., L. Sward and J. Karlsson. 1996. Cryotherapy in sports medicine. **Scand. J. Med. Sci. Sports** 6: 193-200.
- Vaile, J., S. Halson, N. Gill and B. Dawson. 2007. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. **Eur J Appl Physiol.** 102(4): 447-455.
- Wilcock, I.M., J.B. Cronin and W.A. Heng. 2006. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery?. **Sports Med.** 36 (9): 747-765.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมในคน



คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล
ถนนพระราม 6 กทม. 10400
โทร. (662) 354-7275, 201-1296 โทรสาร (662) 354-7233
Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University
Rama VI Road, Bangkok 10400, Thailand
Tel. (662) 354-7275, 201-1296 Fax (662) 354-7233

เอกสารรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามธิบดี
มหาวิทยาลัยมหิดล

เลขที่ ๒๕๕๐/๒๑๘

ชื่อโครงการ ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกัน
และรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

เลขที่โครงการ/รหัส ID ๐๕ - ๕๐ - ๑๓ ๖

ชื่อหัวหน้าโครงการ นางสาวนวิรัชต์ อุตราชต์กิจ

ที่ทำงาน ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามธิบดี
มหาวิทยาลัยมหิดล

ขอรับรองว่าโครงการดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับแนวปฏิบัติ
เฮลซิงกิ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามธิบดี

ลงนาม
กรรมการและเลขานุการจริยธรรมการวิจัยในคน (รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงดวงฤดี วัฒนศิริชัยกุล)

ลงนาม
ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (ศาสตราจารย์ นายแพทย์บุญส่ง องค์พิพัฒน์กุล)

วันที่รับรอง ๑๘ มิถุนายน ๒๕๕๐

ภาคผนวก ข

- เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย
- หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ

เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

(Patient/Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการ ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

The effect of immediated hot-cold water immersion after exercise on prevention and treatment of delayed onset muscle soreness

ชื่อผู้วิจัย นางสาว นวรัชต์ อุตราชต์กิจ

สถานที่วิจัย หน่วยกายภาพบำบัด ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลรามารชิบดี

บุคคลและวิธีการติดต่อเมื่อมีเหตุฉุกเฉินหรือความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

นางสาวนวรัชต์ อุตราชต์กิจ

โทร. 02-201-1104

ความเป็นมาของโครงการ

การออกกำลังกายเป็นสิ่งจำเป็นและเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย ในการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ระบบต่างๆ ของร่างกายมีการทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผลให้ร่างกายสมบูรณ์ แข็งแรง อดทน สามารถประกอบกิจกรรมประจำวันได้อย่างกระฉับกระฉ่ง กิจกรรมการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพควรใช้เวลาอย่างน้อย 20 นาที และไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง กีฬาที่ได้รับความนิยม ได้แก่ เดินเร็ว จักรยาน การเดินแอโรบิค การยกน้ำหนัก และอาจเล่นกีฬาเพื่อนันทนาการ เช่น ฟุตบอล วอลเลย์บอล เทนนิส แบดมินตัน เป็นต้น กิจกรรมการออกกำลังกายดังกล่าวถ้าคนที่ไม่เคยออกกำลังกาย และเล่นกีฬาในท่าทางที่ไม่ถูกต้องติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานมากเกินไป หรือออกแรงมากเกินไป ก็จะทำให้เกิดอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อที่ออกแรง และทำให้มีการจำกัดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่างๆ ด้วยอาการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ หรือเรียกลักษณะอาการดังกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า “อาการปวดกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายที่มากเกินไป หรือออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 8-24 ชั่วโมง (delayed onset muscle soreness; DOMS)” อาการปวดของกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายจะมีลักษณะอาการปวดหน่วงๆ มีจุดกดเจ็บที่กล้ามเนื้อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวลำบาก และอาการปวดกล้ามเนื้อจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายที่ลดลง ทำให้รบกวนการทำกิจวัตรประจำวันต่างๆชั่วคราว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในผลการรักษาด้วยความร้อนสลับเย็น ในการช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด ช่วยเพิ่มการจับของเสียของเสียออกนอกเซลล์ให้เร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้อาการปวดกล้ามเนื้อลดลง ช่วยลดความเสียหายของใยกล้ามเนื้อ และเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระดับความรู้สึกปวด และช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อภายหลังจากการออกกำลังกาย

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการตรวจประเมินในเรื่องของระดับความรู้สึกปวด ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อศอก และได้รับการเจาะเลือดเพื่อหาค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อน-หลังการออกกำลังกายทันที 24 48 และ 72 ชั่วโมง
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการออกกำลังกายด้วยการยกคัมเบลในท่าอ-เหยียดข้อศอกที่มีความหนัก 80% ของ 1RM ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง ระหว่างเซตพัก 1 นาที ภายหลังจากออกกำลังกายจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเคลื่อนไหวแขนข้างที่ออกกำลังกายโดยไม่มีน้ำหนัก 10 ครั้ง หรือให้การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น 2 รอบต่อวัน และให้ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ
3. ในระหว่างเข้าร่วมการวิจัยจะต้องงดการออกกำลังกายทุกประเภท กิจกรรมที่มีความหนัก การรับประทานยาแก้ปวด/ยาคลายกล้ามเนื้อ การนวดหรือการยืดกล้ามเนื้อ

ประโยชน์และผลข้างเคียงที่จะเกิดแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

❖ ประโยชน์

นำผลที่ได้ไปประยุกต์ในการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อที่มีต่อการออกกำลังกายหนัก และช่วยฟื้นฟูสภาพร่างกายภายหลังจากการออกกำลังกาย

❖ ผลข้างเคียง

1. ในการให้การออกกำลังกายด้วยการยกน้ำหนักของกล้ามเนื้ออกกลุ่มงข้อศอกที่ระดับความหนัก 80% ของ 1 RM ทำเซตละ 10 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต ระหว่างเซตพัก 1 นาที หลังจากการออกกำลังกายอาจมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ในช่วง 24-72 ชั่วโมงแรก ซึ่งเมื่อหยุดออกกำลังกายแล้ว อาการจะค่อยๆ เบาลงจนกระทั่งหายไปใน 5-7 วัน
2. ในช่วงก่อน และหลังการออกกำลังกายทันที 24 48 และ 72 ชั่วโมง ทำการเจาะเลือดบริเวณข้อพับแขนที่บาซิลลา (basilar vein) ในแขนข้างที่ไม่ได้ยกคัมเบล เพื่อหาค่าระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส(CK)

รวมทั้งหมด 5 ครั้ง ซึ่งวิธีการเจาะจะใช้พยาบาลวิชาชีพ ทำการเจาะเลือดด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งปลอดภัยต่อการติดเชื้อ แต่อย่างไรก็ตามอาจมีความเจ็บปวดจากการเจาะเลือดบ้างในระยะเวลาอันสั้น

3. ในการให้โปรแกรมการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นจะมีส่วนน้อยที่จะเกิดความรู้สึกแสบผิวหนัง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวหนังแต่จะไม่รุนแรง และไม่ก่อให้เกิดแผลพุพองจากความร้อน เพราะจะมีการควบคุมอุณหภูมิ และทดสอบการรับรู้ความรู้สึกร้อน-เย็นก่อนทุกครั้ง และถ้ามีอาการระคายเคืองสามารถใช้โลชั่นและน้ำมันบำรุงผิวทาเพื่อลดอาการระคายเคือง และเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง

การเก็บข้อมูลเป็นความลับ

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล การรายงานผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลโดยรวม แต่ข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้าตรวจสอบได้ เช่น คณะกรรมการจริยธรรม หรือผู้ให้ทุนวิจัย เป็นต้น

หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ
(Informed Consent Form)

ชื่อโครงการ ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกัน
และรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ

ชื่อผู้วิจัย นางสาวนวิรัชต์ อุตราชต์กิจ

*ชื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

อายุ เลขที่เวชระเบียน

คำยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว ได้ทราบรายละเอียด
ของโครงการวิจัยตลอดจนประโยชน์ และข้อเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้วอย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งใด
ปิดบังซ่อนเร้นและยินยอมให้ทำการวิจัยในโครงการที่มีชื่อข้างต้น และข้าพเจ้ารู้ว่าถ้ามีปัญหาหรือข้อสงสัย
เกิดขึ้นข้าพเจ้าสามารถสอบถามผู้วิจัยได้ และข้าพเจ้าสามารถไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่มี
ผลกระทบต่อการศึกษาที่ข้าพเจ้าพึงได้รับ นอกจากนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับและ
จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง
กระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ลงชื่อ.....(ผู้เข้าร่วมการวิจัย)

.....(พยาน)

..... (พยาน)

วันที่

คำอธิบายของแพทย์หรือผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการ ตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมทั้งข้อเสี่ยงที่อาจจะ
เกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ นางสาวนวิรัชต์ อุตราชต์กิจ(ผู้วิจัย)

วันที่.....

หมายเหตุ: กรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ให้ผู้วิจัยอ่านข้อความในหนังสือยินยอมฯ นี้ให้แก่
ผู้เข้าร่วมการวิจัยฟังจนเข้าใจดีแล้ว และให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงนามหรือพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือรับทราบในการให้
ความยินยอมดังกล่าวข้างต้นไว้ด้วย

- ผู้เข้าร่วมการวิจัย หมายถึง ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัย

ภาคผนวก ค

- วิธีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า(Biceps brachii muscle)
- การยกดัมเบลในท่างอ และเหยียดข้อศอก(Arm curl)

ภาคผนวก ค

1. วิธีทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps brachii muscle) โดยใช้ความสามารถสูงสุดในการยกดัมเบล ในท่าอ-เหยียดข้อศอก

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

อุปกรณ์ ดัมเบล(Dumbell)

วิธีการทดสอบ

1. อธิบายวิธีการยกให้กับผู้เข้ารับการทดสอบ
2. จัดน้ำหนักให้ผู้เข้ารับการทดสอบยก จากสูตรกำหนดความหนักในการยกดัมเบลในท่า Arm curl (อภิสิทธิ์ชัย; 2549)

$$\begin{aligned} \text{ความหนักในการทดสอบ} &= \text{น้ำหนักตัว (ปอนด์หรือกก.)} * \text{ค่าคงที่} \\ \text{การทดสอบ Arm curl (หญิง)} &= \text{น้ำหนักตัว (ปอนด์หรือกก.)} * 0.25 \end{aligned}$$

3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยกน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ (7-10 ครั้ง) และบันทึกจำนวนครั้งที่สามารถยกได้และนำข้อมูลมาคำนวณหา 1 RM ตามสูตรในสมการของ Bracki; 1993 (อ้างอิงใน อภิสิทธิ์ชัย, 2549)

$$1 \text{ RM} = \text{น้ำหนักที่ทำได้ (ปอนด์หรือกก.)} / [1.0278 - (\text{จำนวนครั้งที่ยกได้} * 0.0278)]$$

4. บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ) มีหน่วยเป็นปอนด์ หรือกิโลกรัม ต่อน้ำหนักตัว

ตัวอย่าง น.ส. ก ยกน้ำหนักในท่า Arm curl ที่ความหนัก 15 ปอนด์ น.ส. ก ยกได้ 6 ครั้ง หา 1RM
ของ น.ส. ก เท่ากับเท่าไร

จากสมการ

$$1 \text{ RM} = \text{น้ำหนักที่ทำได้ (ปอนด์หรือกก.)} / [1.0278 - (\text{จำนวนครั้งที่ยกได้} * 0.0278)]$$

แทนค่าในสมการ

$$1 \text{ RM} = 15 \text{ lb} / [1.0278 - (6 * 0.0278)]$$

$$1 \text{ RM} = 15 \text{ lb} / [1.0278 - (0.1668)]$$

$$1 \text{ RM} = 15 \text{ lb} / (0.861)$$

$$1 \text{ RM} = 17.42 \text{ หรือ } 17 \text{ ปอนด์}$$

เพราะฉะนั้น น.ส. ก สามารถยกน้ำหนักสูงสุดในท่า Arm curl เท่ากับ 17 ปอนด์

ความหนักที่ 80 % ของ 1 RM = 13.6 หรือประมาณ 14 ปอนด์

ตารางแสดง การบันทึกผลการหาน้ำหนักที่ใช้ในการปฏิบัติ

ลำดับ ที่	ค่าคงที่	น้ำหนักตัว (kg/lb)	ความหนักใน การทดสอบ	น้ำหนักที่ ทดสอบ(kg/lb)	จำนวนครั้งที่ยก ได้มากที่สุด(ครั้ง)	1 RM	80% of 1 RM
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

2. การยกดัมเบลในท่าอ-เหยียดข้อศอก (Arm curl)

ความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกาย

โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการยกดัมเบล ของกล้ามเนื้อกลุ่มงข้อศอก(Elbow flexor) โดยใช้ความหนักที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM ที่กล้ามเนื้อกลุ่มงข้อศอก (Elbow flexors) จะสามารถยกได้ เพื่อใช้ในการออกกำลังกายของแต่ละคน

การกำหนดรายละเอียดของการยกดัมเบล

ความหนักที่ใช้	80 % ของ 1 RM
จำนวนครั้งที่ปฏิบัติต่อรอบ	10 ครั้ง
จำนวนรอบที่ปฏิบัติ	4 รอบ
เวลาพักระหว่างรอบ	1 นาที



ภาพผนวกที่ ๑1 แสดงการยกดัมเบลในท่าอ และเหยียดข้อศอก

ภาคผนวก ง

โปรแกรมการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

ภาคผนวก ง

โปรแกรมการรักษาด้วยการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

วัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันและรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

- อุปกรณ์**
1. ถังใส่น้ำร้อน และน้ำเย็น 2 ถัง
 2. ผ้าขนหนูสำหรับซับน้ำ
 3. ที่วัดอุณหภูมิ (thermometer) 2 อัน

วิธีการ

1. ตรวจสอบร่างกายและอธิบายความรู้สึกที่เกิดขึ้น ข้อควรระวังระหว่างการรักษา ตลอดจนถึงขั้นตอนในการรักษา การตรวจสอบการรับรู้ความรู้สึกของผู้เข้าร่วมการทดลอง เพื่อยืนยันก่อนการรักษา

2. เตรียมถังน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 38 องศาเซลเซียส และถังน้ำเย็นใส่น้ำแข็งผสมน้ำควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 13 องศาเซลเซียส

3. ภายหลังจากออกกำลังกายด้วยการยกดัมเบล นำแขนข้างที่ออกกำลังกายแช่น้ำร้อนสลับกับน้ำเย็น โดยให้ระดับน้ำอยู่ใต้รักแร้ ดังนี้คือ แช่น้ำร้อน 3 นาที ยกแขนส่วนที่แช่น้ำขึ้นพร้อมทั้งเช็ดให้แห้ง และแช่น้ำเย็น 1 นาที ทำการยกส่วนที่แช่น้ำเย็นขึ้นพร้อมทั้งเช็ดให้แห้ง ทำซ้ำสลับกัน 6 ครั้ง เป็นเวลา 24 นาที

4. ให้ทำการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นซ้ำ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเที่ยง(12.00 น.) และช่วงเย็น (15.00น.)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงการแช่น้ำร้อน- น้ำเย็น

ภาคผนวก จ

การประเมินอาการแสดง DOMS

- การประเมินความรู้สึกปวด (Face pain scale)
- การวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน (Circumference)
- การวัดมุมการเคลื่อนไหวข้อศอก (Elbow joint)

ภาคผนวก จ

การประเมินอาการแสดง DOMS

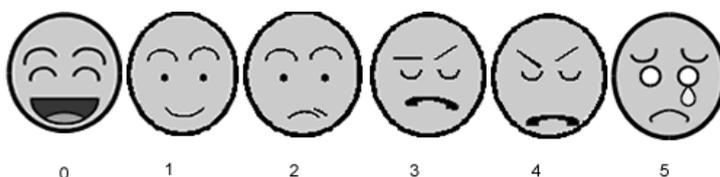
1. การประเมินความรู้สึกร้าว

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินระดับความรู้สึกร้าวที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการเหยียดข้อศอก

เครื่องมือ แถบแสดงความรู้สึกร้าวด้วยการแสดงสีหน้า (faces pain rating scale) ของ Wong, 1995 (อ้างอิงใน Keck, 1996) โดยค่า $r = 0.81$

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเคลื่อนไหวข้อศอกจากท่างอข้อศอก ไปเหยียดศอกจนกระทั่งรู้สึกร้าว
2. นำแถบกระดาษที่มีรูปสีหน้าแสดงความรู้สึกร้าวใน 6 ตำแหน่ง ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประเมินระดับความรู้สึกร้าว ซึ่งได้แก่



0

1

2

3

4

5

- | | |
|---|--|
| 0 | ไม่มีอาการปวดเลย (Very happy, No pain) |
| 1 | รู้สึกร้าวเพียงเล็กน้อย (Hurts just a little bit) |
| 2 | รู้สึกร้าวพอทน (Hurts a little more) |
| 3 | รู้สึกร้าวค่อนข้างมาก (Hurts even more) |
| 4 | รู้สึกร้าวมาก (Hurts a whole lot) |
| 5 | ปวดมากจนทนไม่ได้ (Hurts as much as you can imagine don't have to be crying to feel this much pain) |

3. ทำการประเมินก่อนการออกกำลังกาย, หลังการออกกำลังกายทันที, หลังให้การรักษา 24 ชั่วโมง, หลังการักษา 48 ชั่วโมง, หลังการรักษา 72 ชั่วโมง

2. การวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน (Elbow circumference)

วัตถุประสงค์ เพื่อวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขนก่อนและหลังการยกคัมเบล

อุปกรณ์ สายวัด

วิธีการวัดมุมการเคลื่อนไหว

1. ทำเริ่มต้น : ผู้เข้าร่วมการทดสอบปล่อยแขนวางข้างลำตัว
2. ผู้ทำการวัด :
 - นั่งอยู่ด้านข้างของผู้เข้าร่วมการทดลอง
 - วัดความยาวแขนท่อนบนระหว่างกึ่งกลางปุ่มกระดูก acromial กับ lateral epicondyle ของกระดูก humerus
 - ใช้ปากกาทำเครื่องหมายอ้างอิงบนต้นแขน
 - วัดรอบต้นแขนที่กึ่งกลางต้นแขนโดยใช้สายวัด
3. ทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยมาใช้ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร



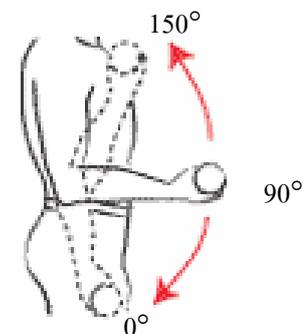
ภาพผนวกที่ ๑1 แสดงการวัดขนาดเส้นรอบวงต้นแขน

3. การวัดมุมการเคลื่อนไหวข้อศอก (Elbow joint)

วัตถุประสงค์ เพื่อหามุมการเคลื่อนไหวของข้อศอกในทิศทาง การเหยียดข้อศอก (elbow extensor) ในขณะที่ผู้เข้าร่วมการศึกษาทำการเคลื่อนไหวข้อศอกเอง (active exercise)

อุปกรณ์ Goniometer

วิธีการวัดมุมการเคลื่อนไหว



1. ทำเริ่มต้น : ผู้เข้าร่วมการทดสอบนอนหงาย แขนวางข้างลำตัว
2. ผู้ทำการวัด : นั่งอยู่ด้านข้างของผู้เข้าร่วมการทดลอง
ผู้ทำการวัดใช้ Goniometer วัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อศอกโดยวางจุดอ้างอิงในตำแหน่งดังนี้
Axis: อยู่ในตำแหน่งของ lateral epicondyle ของกระดูก humerus
Stationary arm: ขนานไปกับแนวกระดูก humerus หรือขนานกับขอบเตียง
Movable arm: ขนานไปกับกระดูก radius และเคลื่อนที่ตาม radial styloid process
3. ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเหยียดข้อศอกเท่าที่ทำได้
4. ทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยมาใช้ มีหน่วยเป็นองศา



ภาพผนวกที่ ๑2 แสดงการวัดมุมของการเหยียดข้อศอก

หมายเหตุ :

- มุมของการเหยียดข้อศอก = 0 หมายถึง เหยียดข้อศอกได้เต็มที่
- มุมของการเหยียดข้อศอก > 0 หมายถึง มีการงอข้อศอกเกิดขึ้น

ภาคผนวก จ
แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-นามสกุล..... อายุปี

มือข้างที่ท่านถนัดใช้ในการเขียนหนังสือ มือขวา มือซ้าย

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อท่านได้

.....

..... เบอร์โทรศัพท์.....

ข้อมูลส่วนที่ 2. ข้อมูลด้านสุขภาพ

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี มี คือ.....

2. ท่านเคยมีภาวะความผิดปกติของมือ, แขนหรือไม่ เช่น เคยได้รับการผ่าตัด มีภาวะกระดูกหัก กระดูกเคลื่อน หรือไม่

ไม่มี มี บริเวณใด.....

3. ท่านมีภาวะบวมที่มือ, แขน หรือไม่

ไม่มี มี

4. ท่านมีอาการปวดของกล้ามเนื้อหรือข้อต่อบริเวณมือ, แขน หรือไม่

ไม่มี มี

5. ท่านเล่นกีฬาเป็นประจำหรือไม่

ไม่ได้เล่นเลย

ประจำทุกวัน นานครั้ง และเวลาที่เล่นครั้งสุดท้ายเมื่อไร.....

ประเภทกีฬาที่เล่น.....

6. ท่านเคยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหัวใจ หรือไม่

เคย ระบุ.....

ไม่เคย

แบบฟอร์มการตรวจร่างกาย

ชื่อ-นามสกุล..... อายุปี

สัญญาณชีพก่อนการออกกำลังกาย (Vital sign)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก..... ครั้ง/นาที อัตราการหายใจ ครั้ง/นาที

ความดันโลหิต มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิกาย..... องศาเซลเซียส

วัดขนาดเส้นรอบวงแขน(ซม.)

การรับรู้ความรู้สึกที่ร้อน-เย็น ปกติ ไม่ปกติ

ประเภทการรักษา ความร้อนสลับเย็น ควบคุม

ตัวอย่างตารางบันทึกผล

กลุ่ม		พารามิเตอร์	ก่อนการออกกำลังกาย	หลังการออกกำลังกาย	หลังการรักษา 24 ชั่วโมง	หลังการรักษา 48 ชั่วโมง	หลังการรักษา 72 ชั่วโมง
ควบคุม	ร้อนสลับเย็น						
		CK					
		ROM					
		Circumference					
		Pain scale					
		CK					
		ROM					
		Circumference					
		Pain scale					
		CK					
		ROM					
		Circumference					
		Pain scale					

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล ด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov
Goodness of fit test ในกลุ่มควบคุม และในกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

ข้อมูล	กลุ่มควบคุม (10คน)			กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น(10คน)		
	\bar{X}	SD	P	\bar{X}	SD	P
ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส						
- ก่อนยกคัมเบล	79.6	15.09	.2	76.9	13.9	.2
- หลังการยกคัมเบลทันที	93.1	13.14	.2	88.4	14.48	.2
- หลังการยกคัมเบลที่24 ชั่วโมง	249.6	128.54	.2	125.7	44.4	.2
- หลังการยกคัมเบลที่48 ชั่วโมง	509.6	283.16	.18	206.5	100.61	.08
- หลังการยกคัมเบลที่72 ชั่วโมง	1643.9	1642.47	.04*	423.4	320.63	.2
เส้นรอบวงต้นแขน						
- ก่อนยกคัมเบล	25.32	2.29	.2	26.36	2.81	.2
- หลังการยกคัมเบลทันที	26.37	2.27	.2	27.39	2.75	.2
- หลังการยกคัมเบลที่24 ชั่วโมง	25.74	2.26	.2	27	2.87	.2
- หลังการยกคัมเบลที่48 ชั่วโมง	26.31	2.1	.2	26.69	2.87	.2
- หลังการยกคัมเบลที่72 ชั่วโมง	26.14	2.17	.04*	26.41	2.83	.2
ระดับความรู้สึกปวด						
- ก่อนยกคัมเบล	0	0		0	0	
- หลังการยกคัมเบลทันที	.6	0.52	.00*	0.7	0.48	.00*
- หลังการยกคัมเบลที่24 ชั่วโมง	2.1	0.57	.00*	1.8	0.42	.00*
- หลังการยกคัมเบลที่48 ชั่วโมง	3	0.67	.01*	1.6	0.67	.01*
- หลังการยกคัมเบลที่72 ชั่วโมง	1.2	0.63	.00*	0.4	0.52	.00*
มุมของการเหยียดข้อศอก						
- ก่อนยกคัมเบล	0	0		0	0	
- หลังการยกคัมเบลทันที	1.4	2.7	.00*	1.5	2.12	.00*
- หลังการยกคัมเบลที่24 ชั่วโมง	11.8	5.75	.2	10.1	4.91	.2
- หลังการยกคัมเบลที่48 ชั่วโมง	21.6	8.71	.08	9	9.01	.06
- หลังการยกคัมเบลที่72 ชั่วโมง	3.3	4.47	.00*	1	2.11	.00*

ตารางผนวกที่ ข2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนยกคัมเบล หลังหยุดยกคัมเบลชั่ว โมงที่ 0, 24, 48, 72 ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
<u>ก่อนยกคัมเบล</u>					
ระหว่างกลุ่ม	36.45	1	36.45	.173	.682
ภายในกลุ่ม	3791.3	18	210.63		
รวม	3827.75	19			
<u>หลังการยกคัมเบลทันที</u>					
ระหว่างกลุ่ม	110.45	1	110.45	.578	.457
ภายในกลุ่ม	3441.3	18	191.18		
รวม	3551.75	19			
<u>หลังการยกคัมเบล 24 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	76756.05	1	76756.05	8.3	.01*
ภายในกลุ่ม	166460.5	18	9247.81		
รวม	243216.6	19			
<u>หลังการยกคัมเบล 48 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	459348.1	1	459348.05	10.173	.005*
ภายในกลุ่ม	812740.9	18	45152.27		
รวม	1272089	19			
<u>หลังการยกคัมเบล 72 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	7448101	1	7448101.25	5.319	.033*
ภายในกลุ่ม	25204687	18	1400260.41		
รวม	32652789	19			

*P < .05 ($F_{1,18} = 4.41$)

ตารางผนวกที่ ข3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุมคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก	7213279.12	9	801475.46		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	17124541.72	4	4281135.43	8.591	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	17940097.9	36	49833605		
รวม	42277918.72	49			

*P<.05 ($F_{4,36} = 2.69$)

ตารางผนวกที่ ข4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็นคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก	330965.78	9	36773.98		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	818271.08	4	204567.77	10.42	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	706778.52	36	19632.74		
รวม	1856015.38	49			

*P<.05 ($F_{4,36} = 2.69$)

ตารางผนวกที่ ๗5 การเปรียบเทียบระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงเวลาต่างๆ คือ
ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบล ชั่วโมง ที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม
ด้วยสถิติ Paired t test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยกดัมเบล	ยกดัมเบล ทันที	ยกดัมเบล 24 ชม.	ยกดัมเบล 48 ชม.	ยกดัมเบล 72 ชม.
ค่าเฉลี่ย		79.6	93.1	249.6	509.6	1643.9
ก่อนหยุด ยกดัมเบล	79.6	-	-10.51*	-4.25*	-4.85*	-3.02*
หลังหยุด ยกดัมเบลทันที	93.1		-	-3.9*	-4.68*	-2.99*
หลังหยุด ยกดัมเบล24ชม.	249.6			-	-4.72*	-2.87*
หลังหยุด ยกดัมเบล48 ชม.	509.6				-	-2.53*
หลังหยุด ยกดัมเบล72 ชม.	1643. 9					-

* $P < .05$ ($t_{9, (0.025)} = 2.26$)

ตารางผนวกที่ ๖6 การเปรียบเทียบระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในช่วงเวลาต่างๆ คือ
ก่อนหยุดยด หลังหยุดยด ยดัมเบลชั่ว โมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มแช่น้ำร้อน
สลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Paired t test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยดัมเบล	ยดัมเบล ทันที	ยดัมเบล 24 ชม.	ยดัมเบล 48 ชม.	ยดัมเบล 72 ชม.
ค่าเฉลี่ย		76.9	88.4	125.7	206.5	423.4
ก่อนหยุด	76.9	-	-11.11*	-3.73*	-4.12*	-3.45*
หยุด	88.4		-	-2.82*	-3.75*	-3.34*
หยุด	125.7			-	-2.47*	-2.93*
หยุด	206.5				-	-2.95*
หยุด	423.4					-

* $P < .05$ ($t_{9, (0.025)} = 2.26$)

ตารางผนวกที่ ๗7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่วโม่งที่ 0, 24, 48, 72 ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
<u>ก่อนยกดัมเบล</u>					
ระหว่างกลุ่ม	5.41	1	5.41	.82	.377
ภายในกลุ่ม	118.7	18	6.59		
รวม	124.11	19			
<u>หลังการยกดัมเบลทันที</u>					
ระหว่างกลุ่ม	5.20	1	5.20	.819	.377
ภายในกลุ่ม	114.33	18	6.35		
รวม	119.53	19			
<u>หลังการยกดัมเบล 24 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	7.94	1	7.94	1.19	.29
ภายในกลุ่ม	120.04	18	6.67		
รวม	127.98	19			
<u>หลังการยกดัมเบล 48 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	.72	1	.722	.114	.739
ภายในกลุ่ม	113.88	18	6.33		
รวม	114.60	19			
<u>หลังการยกดัมเบล 72 ชม.</u>					
ระหว่างกลุ่ม	.37	1	.37	.057	.813
ภายในกลุ่ม	114.41	18	6.36		
รวม	114.78	19			

*P < .05 ($F_{1,18} = 4.41$)

ตารางผนวกที่ ข8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มควบคุมคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก	212.22	9	23.58		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	7.8	4	1.95	7.27	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	9.65	36	.27		
รวม	229.67	49			

*P<.05 ($F_{4,36} = 2.69$)

ตารางผนวกที่ ข9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One way ANOVA with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของเส้นรอบวงต้นแขน ระหว่างช่วงเวลาต่างๆ ของกลุ่มเข้าน้ำร้อนสลับน้ำเย็นคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบล ชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ระหว่างสมาชิก	357.21	9	39.69		
ภายในสมาชิก					
- ช่วงเวลา(time)	7.41	4	1.85	29.19	.000*
- ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ* การวัด(error)	2.29	36	.06		
รวม	366.91	49			

*P<.05 ($F_{4,36} = 2.69$)

ตารางผนวกที่ 10 การเปรียบเทียบเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล
 หลังหยุดยกดัมเบลชั่วโมง ที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ
 Paired t test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล
ค่าเฉลี่ย		25.32	26.37	25.74	26.31	26.14
ก่อนหยุด	25.32	-	-8.79*	-7.32*	-4.67*	-2.5*
ยกดัมเบล						
หลังหยุด	26.37		-	-7.04*	0.31	0.65
ยกดัมเบลทันที						
หลังหยุด	25.74			-	-3.11*	-1.2
ยกดัมเบล24ชม.						
หลังหยุด	26.31				-	0.76
ยกดัมเบล48 ชม.						
หลังหยุด	26.14					-
ยกดัมเบล72 ชม.						

* $P < .05$ ($t_{9, (0.025)} = 2.26$)

ตารางผนวกที่ ข11 การเปรียบเทียบเส้นรอบวงต้นแขนในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Paired t test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุดยกดัมเบล	หลังหยุดยกดัมเบลทันที	หลังหยุดยกดัมเบล 24 ชม.	หลังหยุดยกดัมเบล 48 ชม.	หลังหยุดยกดัมเบล 72 ชม.
		ค่าเฉลี่ย	26.36	27.39	27	26.69
ก่อนหยุดยกดัมเบล	26.36	-	-8.38*	-5.68*	-3.23*	-1.10
หลังหยุดยกดัมเบลทันที	27.39		-	3.65*	4.44*	7.45*
หลังหยุดยกดัมเบล 24 ชม.	27			-	2.84*	4.93*
หลังหยุดยกดัมเบล 48 ชม.	26.69				-	3.38*
หลังหยุดยกดัมเบล 72 ชม.	26.41					-

* $P < .05$ ($t_{9, (0.025)} = 2.26$)

ตารางผนวกที่ ข12 แสดงการเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test

กลุ่มควบคุม กับ กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	ระดับความรู้สึกปวด	
	Z	P
ก่อนยกดัมเบล	.0	1
หลังการยกดัมเบลทันที	-.46	.65
หลังการยกดัมเบลที่ 24 ชม.	-1.3	.2
หลังการยกดัมเบลที่ 48 ชม.	-3.24	.00*
หลังการยกดัมเบลที่ 72 ชม.	-2.57	.01*

* $P < .05$ ($Z_{0.95} = 1.65$)

ตารางผนวกที่ ข13 แสดงการเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อน สลัดน้ำเย็น ด้วยสถิติ Friedman test

กลุ่ม	Chi-Square	df	P
กลุ่มควบคุม (10 คน)	37.46	4	.00*
กลุ่มแช่น้ำร้อนสลัดน้ำเย็น (10 คน)	34.23	4	.00*

* $P < .05$ ($\chi^2_{0.05} = 9.49$)

ตารางผนวกที่ ข14 การเปรียบเทียบระดับความรู้สึกปวด ในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่วโมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุดยกดัมเบล	หลังหยุดยกดัมเบลทันที	หลังหยุดยกดัมเบล 24 ชม.	หลังหยุดยกดัมเบล 48 ชม.	หลังหยุดยกดัมเบล 72 ชม.
		ค่าเฉลี่ย	0	0.6	2.1	3
ก่อนหยุดยกดัมเบล	0	-	-2.45*	2.91*	-2.87*	-2.76*
หลังหยุดยกดัมเบลทันที	0.6		-	-2.88*	-2.86*	-2.12*
หลังหยุดยกดัมเบล 24 ชม.	2.1			-	-3.0*	-2.71*
หลังหยุดยกดัมเบล 48 ชม.	3				-	-2.88*
หลังหยุดยกดัมเบล 72 ชม.	1.2					-

* $P < .05$ ($Z_{0.975} = 1.96$)

ตารางผนวกที่ ข15 การเปรียบเทียบระดับความรู้สึกลปวด ในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่ว โมงที่ 0, 24, 48, 72 ของกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล
ค่าเฉลี่ย		0	0.7	1.8	1.6	0.4
ก่อนหยุด	0	-	-2.65*	-2.97*	-2.86*	-2.0
หลังหยุด	0.7		-	-2.81*	-2.46*	-1.73
หลังหยุด	1.8			-	-0.82	-2.89*
หลังหยุด	1.6				-	-2.97*
หลังหยุด	0.4					-

*P<.05 ($Z_{0.975} = 1.96$)

ตารางผนวกที่ ข16 ตารางแสดงการเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอก ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Mann-Whitney U test

กลุ่มควบคุม กับ กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น	มุมการเคลื่อนไหวขณะเหยียดข้อศอก	
	Z	P
ก่อนยกดัมเบล	.0	1
หลังการยกดัมเบลทันที	-.27	.79
หลังการยกดัมเบลที่ 24 ชม.	-.76	.45
หลังการยกดัมเบลที่ 48 ชม.	-2.46	.01*
หลังการยกดัมเบลที่ 72 ชม.	-1.22	.22

*P<.05 ($Z_{0.95} = 1.65$)

ตารางผนวกที่ ข17 แสดงการเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอก ในแต่ละช่วงเวลาคือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลชั่ว โมงที่0, 24, 48, 72 ของกลุ่มควบคุม และ กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Friedman test

กลุ่ม	Chi-Square	df	P
กลุ่มควบคุม (10 คน)	34.64	4	.00*
กลุ่มแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น (10 คน)	31.67	4	.00*

* $P < .05$ ($\chi^2_{0.05} = 9.49$)

ตารางผนวกที่ ข18 การเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอกในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ของกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ย	ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล
		0	1.4	11.8	21.6	3.3
ก่อนหยุด	0	-	-1.63	-2.67*	-2.81*	-1.84
หลังหยุด	1.4		-	-2.67*	-2.81*	-1.36
หลังหยุด	11.8			-	-2.82*	-2.56*
หลังหยุด	21.6				-	-2.81*
หลังหยุด	3.3					-

* $P < .05$ ($Z_{0.975} = 1.96$)

ตารางผนวกที่ ๑๙ การเปรียบเทียบมุมของการเหยียดข้อศอกในช่วงเวลาต่างๆ คือ ก่อนยกดัมเบล หลังหยุดยกดัมเบลที่ 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ของกลุ่มเข่าน้ำร้อนสลับน้ำเย็น ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks test

ช่วงเวลา		ก่อนหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด	หลังหยุด
		ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล	ยกดัมเบล
ค่าเฉลี่ย		0	1.5	10.1	9	1
ก่อนหยุด	0	-	-1.84	-2.67*	-2.67*	-1.41
หลังหยุด	1.5		-	-2.67*	-2.67*	-1.34
หลังหยุด	10.1			-	-0.72	-2.67*
หลังหยุด	9				-	-2.67*
หลังหยุด	1					-

* $P < .05$ ($Z_{0.975} = 1.96$)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวนวิรัชต์ อุตราชต์กิจ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	6 ตุลาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขากายภาพบำบัด จากมหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักกายภาพบำบัด
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลรามามาชิบดี
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2550
การนำเสนอผลงานทางวิชาการ	Joint Congress: 2007 SEA Games & ASEAN Para Games Scientific Congress and 5 th Bangkok ASPASP International Congress on Sport Psychology ระหว่างวันที่ 1-4 ธันวาคม 2550

